

A photograph of an industrial robot arm in a factory setting, performing a welding task. Bright orange sparks are flying from the point of contact between the electrode and the metal workpiece. The robot is blue and white, and the background is a dimly lit industrial environment.

K3

BENGKEL LENGAN ROBOT PENGELASAN



Ketut Ima Ismara | Qomariyatus Sholihah
Nugroho Budi U. | Yogi Adidarma P.
Eko Prianto | Amr. Mukhlisin.

**K3 BENGKEL LENGAN
ROBOT PENGELASAN**

UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 28 TAHUN 2014
TENTANG
HAK CIPTA
Lingkup Hak Cipta

Pasal 1 Ayat 1 :

1. Hak Cipta adalah hak eksklusif pencipta yang timbul secara otomatis berdasarkan prinsip deklaratif setelah suatu ciptaan diwujudkan dalam bentuk nyata tanpa mengurangi pembatasan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Ketentuan Pidana:

Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

Pasal 114

Setiap Orang yang mengelola tempat perdagangan dalam segala bentuknya yang dengan sengaja dan mengetahui membiarkan penjualan dan/atau pengandaan barang hasil pelanggaran Hak Cipta dan/atau Hak Terkait di tempat perdagangan yang dikelolanya sebagaimana dimaksud dalam Pasal 10, dipidana dengan pidana denda paling banyak Rp100.000.000,00 (seratus juta rupiah).

Ketut Ima Ismara
Qomariyatus Sholihah
Nugroho Budi U.
Yogi Adidarma P.
Eko Prianto
Amr. Mukhlisin

K3 BENGKEL LENGAN ROBOT PENGELASAN

Diterbitkan Oleh



K3 Bengkel Lengan Robot Pengelasan

Penulis : Ketut Ima Ismara
Qomariyatus Sholihah
Nugroho Budi U.
Yogi Adidarma P.
Eko Prianto
Amr. Mukhlisin
Penyelaras Aksara : Nurrahmawati
Penata Letak : Riza Ardyanto
Perancang Sampul : Ridwan Nur M

Penerbit:

CV Bintang Semesta Media

Anggota IKAPI Nomor 147/DIY/2021
Jl. Karang Sari, Gang Nakula, RT 005, RW 031,
Sendangtirto, Berbah, Sleman, Yogyakarta 57773
Telp: 4358369. Hp: 085865342317
Facebook: Penerbit Bintang Madani
Instagram: @bintangpustaka
Website: www.bintangpustaka.com
Email: bintangsemestamedia@gmail.com
redaksibintangpustaka@gmail.com

Cetakan Pertama, Juni 2023
Bintang Semesta Media Yogyakarta
xvi + 326 hal : 15.5 x 23 cm
ISBN : 978-623-190-194-1
ISBN Digital : 978-623-190-195-8

Dicetak Oleh:
Percetakan Bintang 085865342319

Hak cipta dilindungi undang-undang
All right reserved
Isi di luar tanggung jawab percetakan

Prakata

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga K3 Bengkel Lengan Robot Pengelasan berbasis ZEROSICKS ini telah dapat diselesaikan. Buku panduan ini adalah suatu penyempurnaan dari buku keselamatan kerja bengkel, yang dikembangkan dan berfokus pada penerapan K3L di bengkel las lengan robot. Penulisan buku pedoman K3L ini difokuskan kepada penerapan ergonomi pada bengkel las robot, penerapan keselamatan dan analisis risiko kerja, material *handling layout* bengkel, *time motion* pada bengkel, penerapan 5S pada bengkel dan *emergency response planning* pada bengkel las lengan robot. Hasil analisis awal pada bengkel diolah berdasarkan tabel Zerosick, untuk melihat tingkatan-tingkatan risiko kerja, cara penanganan, dan pengendalian risiko. Buku pedoman ini juga berisikan bagaimana meningkatkan produksi bengkel dengan memperhatikan ergonomi bengkel dan *time motion study* pada bengkel. Sehingga dapat meminimalisir gerakan berlebihan, biaya berlebihan, dan kesejahteraan pekerja di dalam bengkel las lengan robot. Hal ini tentunya akan berpengaruh besar kepada peningkatan produktivitas bengkel.

Kami menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam buku ini, untuk itu kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan buku ini sangat diharapkan. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi pengelola bengkel las robot lengan khususnya dan bagi semua pihak dari segala lapisan yang membutuhkan.

Yogyakarta, Januari 2023

Penulis

Daftar Isi

Prakata	v
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel	x
Daftar Gambar	xi

Bab 1

Ergonomik Bengkel Las Lengan Robot	1
A. Konsep Dasar	1
B. Konsep Keseimbangan dalam Ergonomi.....	4
C. Desain Sikap Kerja.....	13
D. Lingkungan Kerja Fisik.....	32
E. Kebisingan di Tempat Kerja.....	44
F. Kualitas Udara di Ruang Kerja.....	55
G. Beban Kerja.....	65
H. Poster Ergonomi	76

Bab 2

<i>Workplace Safety Bengkel Las Lengan Robot</i>	79
A. <i>Hazard</i>	79
B. <i>Environment</i>	97
C. <i>Risk</i>	99
D. <i>Observation</i>	107
E. <i>Solution</i>	108
F. <i>Implementation</i>	109

G. <i>Culture, Climate, Control</i>	131
H. <i>Knowledge and Knowhow</i>	134
I. <i>Standardize</i>	134
J. <i>Zerosicks Secara Keseluruhan di Bengkel Las Lengan Robot</i>	136
K. <i>Standar K3 Bengkel Las Lengan Robot</i>	142
L. <i>Poster</i>	147

Bab 3

Material Handling Layout	155
A. <i>Layout Handling</i>	155
B. <i>Material Handling</i>	158
C. <i>Norma Standar Ruang Bengkel</i>	163
D. <i>Flowchart</i>	194

Bab 4

Time and Motion Study	197
A. <i>Prosedur Kerja di Bengkel Las Lengan Robot</i>	197
B. <i>Time Study</i>	200
C. <i>Motion Study</i>	209
D. <i>Penerapan</i>	213

Bab 5

Penerapan 5S 5R	223
A. <i>Ringkas/ Seiri</i>	225
B. <i>Rapi/ Seiton</i>	226
C. <i>Resik/ Seiso</i>	226
D. <i>Rawat/ Seiketsu</i>	227
E. <i>Rajin / Shitzuke</i>	227
F. <i>Poster</i>	236

Bab 6

<i>Emergency Response Planning</i>	239
A. Kebakaran.....	239
B. Kotak P3K.....	243
C. Hydrant.....	246
D. Fire Sprinkler.....	250
E. Terbakar Las.....	252
F. Tersengat Aliran Listrik.....	254
G. Emergency Exit.....	257
H. Titik Kumpul Bencana.....	259

Bab 7

Peralatan Bengkel Las Lengan Robot	263
A. Daftar Peralatan Ruang Material Bengkel Las Lengan Robot	263
B. Daftar Peralatan Ruang Pengelasan Bengkel Las Lengan Robot	266
C. Daftar Peralatan Ruang Pengecatan Bengkel Las Lengan Robot	267
D. Daftar Peralatan Ruang Pengeringan Bengkel Las Lengan Robot	269
E. Daftar Peralatan Ruang <i>Quality Control</i> Bengkel Las Lengan Robot	270
F. Daftar Peralatan Ruang Kontrol Bengkel Las Lengan Robot	271
G. Alat Pelindung Diri (APD).....	273

Bab 8

Pengembangan Media Pengenalan Bengkel Las Lengan Robot Berteknologi <i>Virtual Reality</i>	275
---	------------



Bab 9

Latihan Duga Bahaya Laboratorium/Bengkel Las

Lengan Robot..... 303

Penutup..... 313

Glosarium..... 315

Daftar Pustaka 320

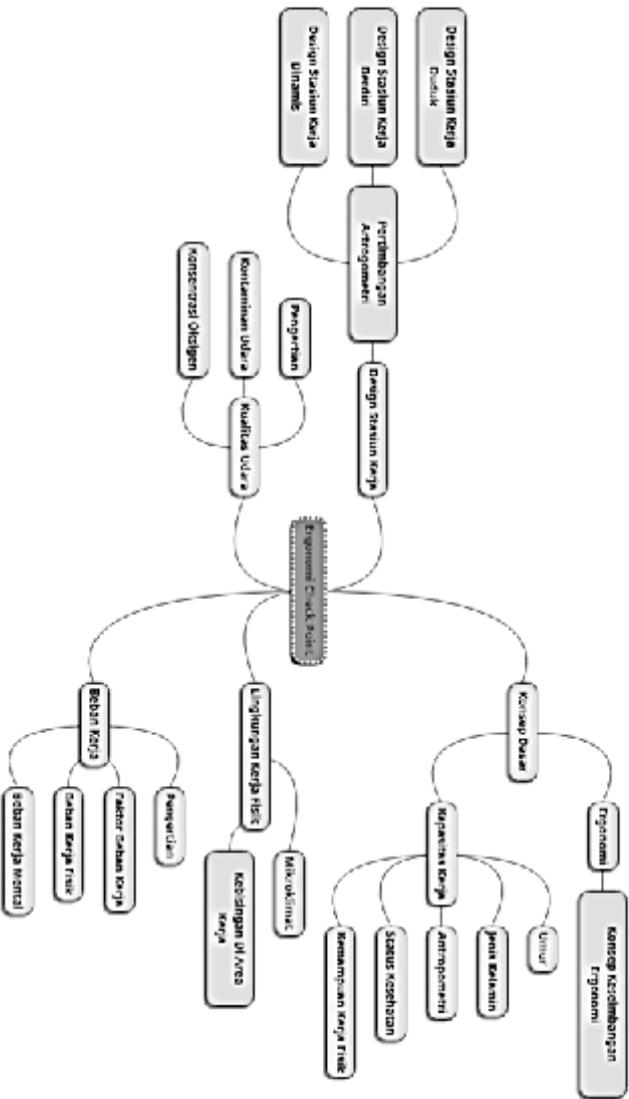
Tentang Penulis..... 324



Daftar Tabel

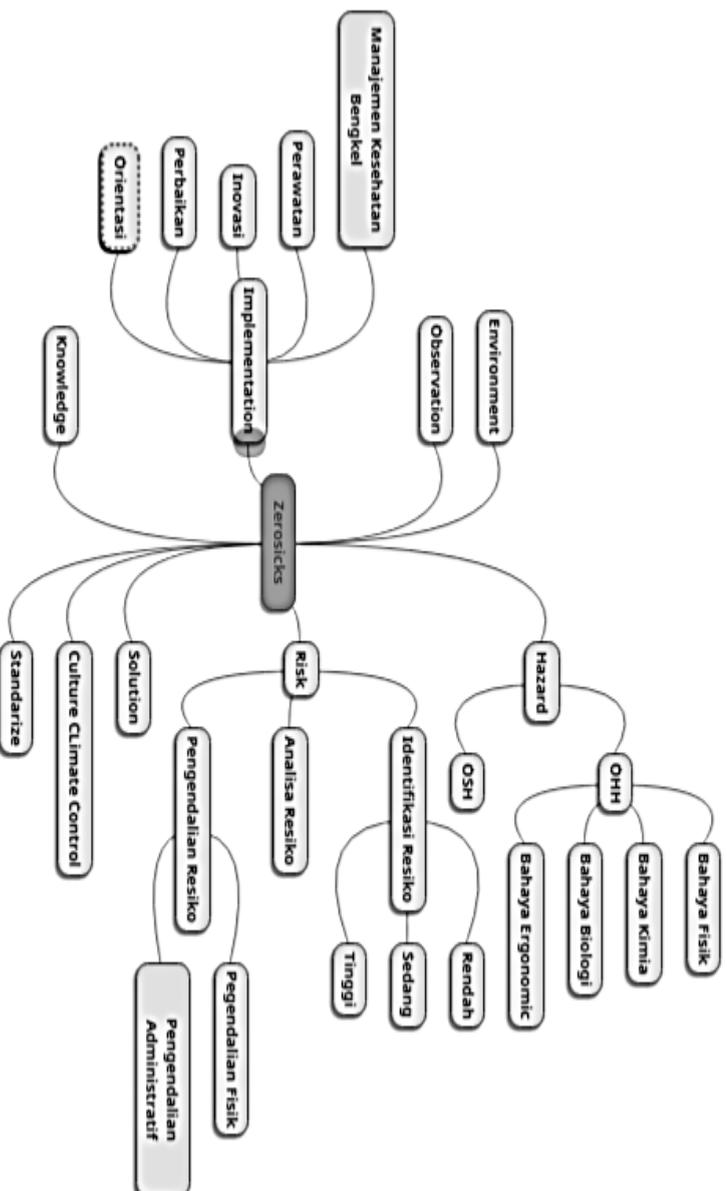
Tabel 1. Interaksi Kerja.....	14
Tabel 2. Analisis Astropometri Pekerja.....	17
Tabel 3. Sikap Kerja Dinamis.....	31
Tabel 4. Kualitas Udara.....	62
Tabel 5. Nilai Ambang Batas Iklim Lingkungan Kerja Industri.....	87
Tabel 6. Simbol Peringatan.....	95
Tabel 7. Simbol Peringatan.....	97
Tabel 8. Tabel Risiko Bahaya Kerja.....	102
Tabel 9. Penggolongan Tingkatan Risiko.....	105
Tabel 10. Pembagian Pandangan Tugas.....	114
Tabel 11. Potensi Bahaya.....	141
Tabel 12. Spesifikasi Komponen Bangunan.....	164
Tabel 13. Material Struktur Kolom.....	165
Tabel 14. Form Alur Kerja.....	204
Tabel 15. <i>Form Study Time</i>	206
Tabel 16. Analisis Produksi.....	215
Tabel 17. <i>Man Machine Chart Process</i>	217

1. Mind Mapping Ergonomi Check Point Laboratorium

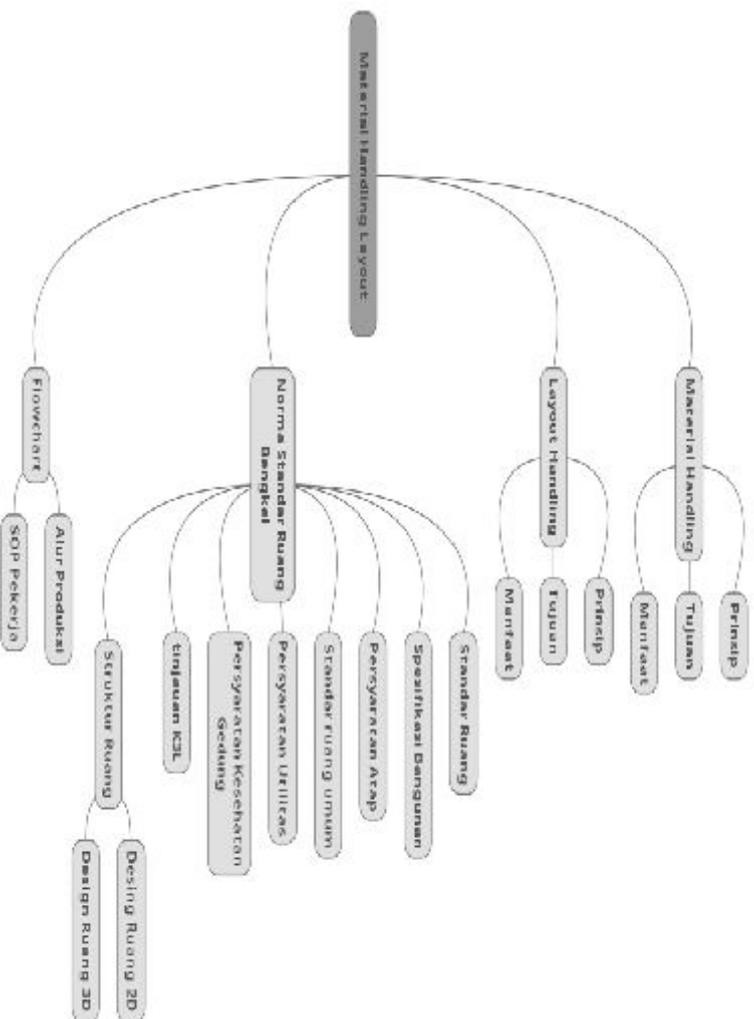


Daftar Gambar

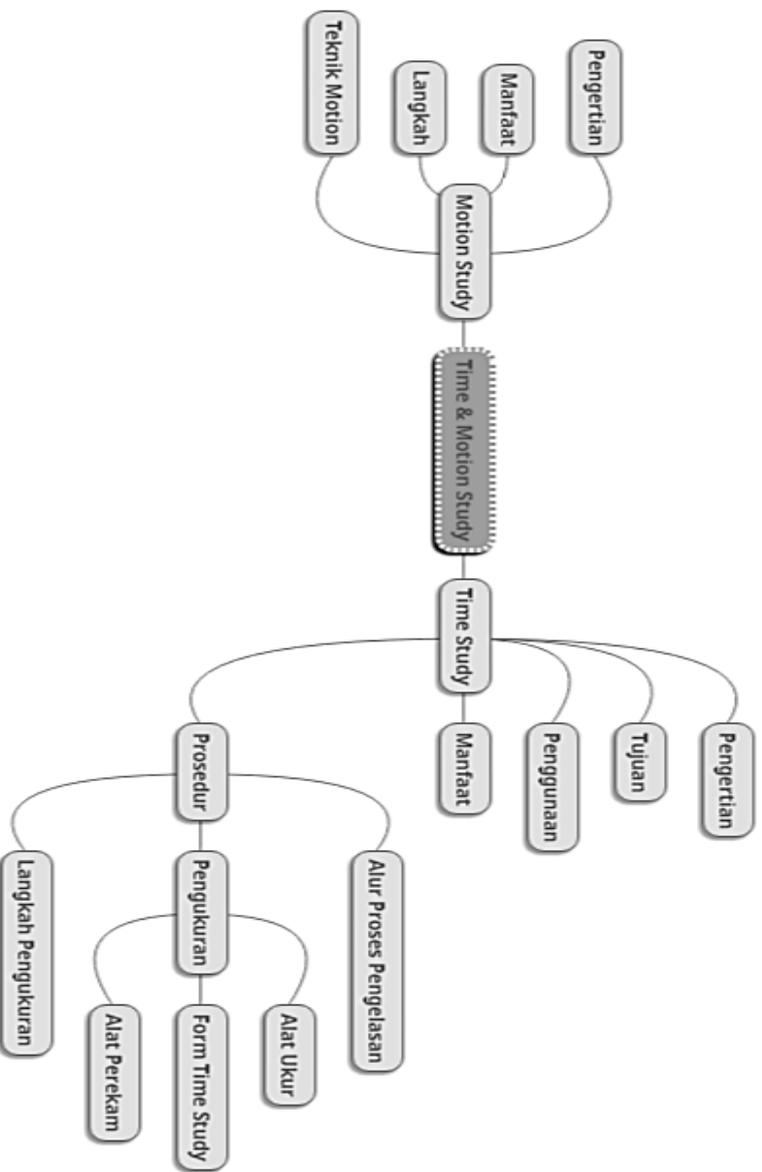
2. Mind Mapping K3L Berbasis Zerosicks Laboratorium



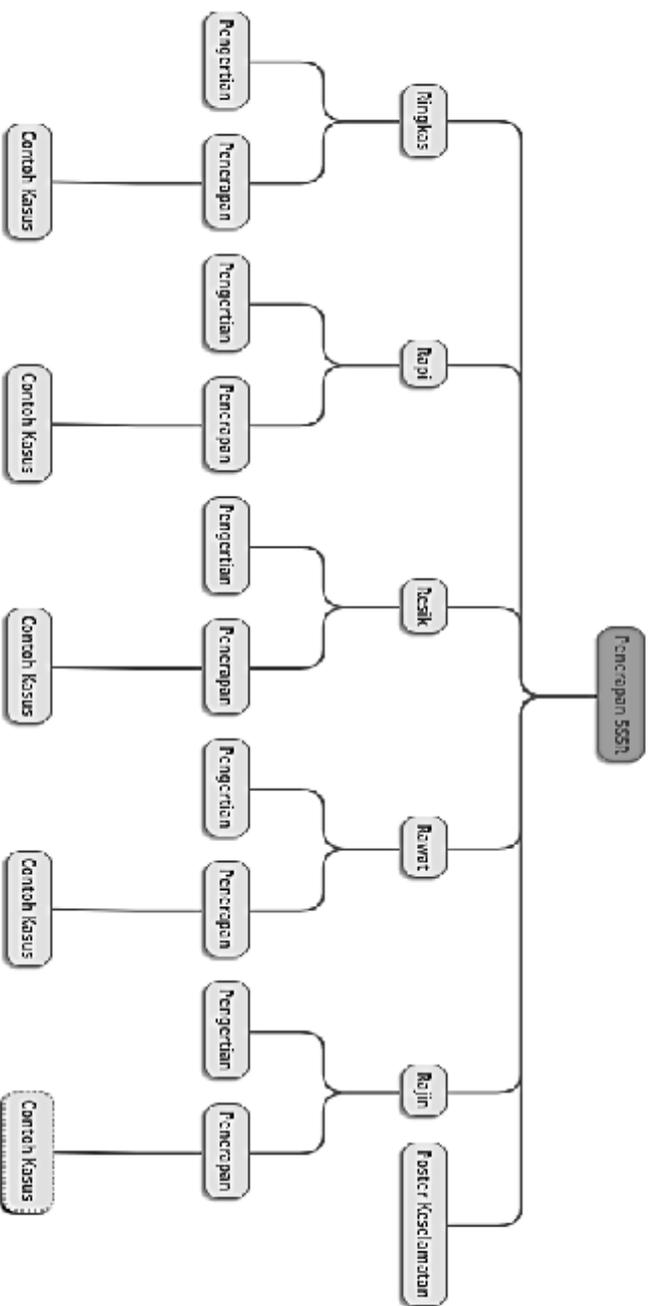
3. Mind Mapping Material and Layout Handling Laboratorium



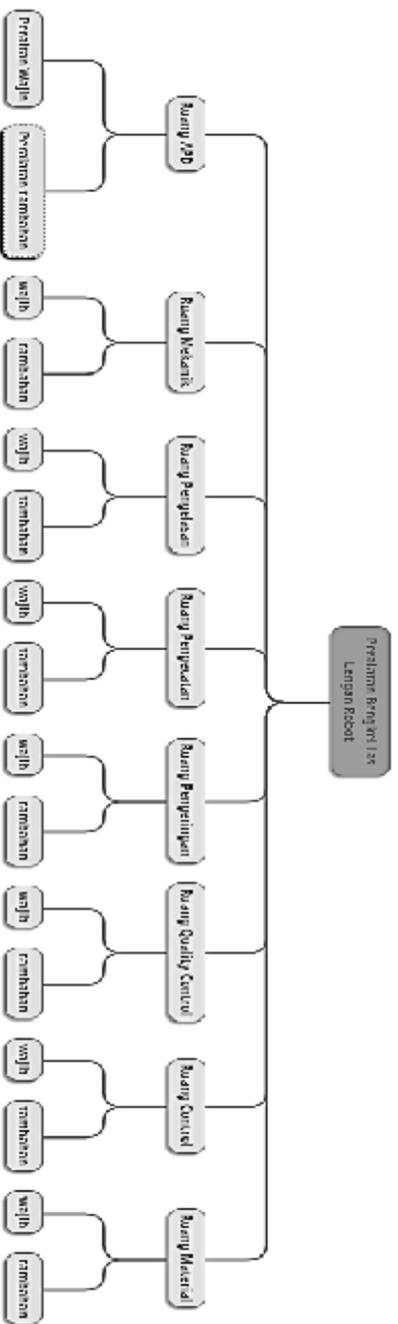
4. Mind Mapping Time and Motion Study Laboratory



5. Mind Mapping Penerapan 5S/5R Laboratorium



6. Mind Mapping Peralatan dan Kebutuhan Las Lengan Robot Laboratorium





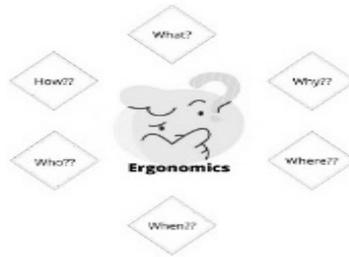
Bab 1

Ergonomik Bengkel Las Lengan Robot

A. Konsep Dasar

Istilah ergonomi sendiri berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dua kata, yaitu "*ergon*" dan "*nomos*". "*Ergon*" terjemahannya adalah kerja dan "*nomos*" adalah aturan atau hukum. Secara umum ergonomi keselamatan kesehatan kerja dan lingkungan adalah suatu cabang ilmu yang memanfaatkan segala informasi-informasi yang mengenai sifat dan kemampuan, serta keterbatasan manusia, dalam rangka membuat sistem kerja yang ENASE (Efektif, Nyaman, Aman, Sehat, dan Efisien) dalam sebuah pekerjaan. Ergonomi dan K3LH adalah hal yang tidak dapat dipisahkan dalam sebuah pekerjaan, karena keduanya memiliki kesinambungan dan memiliki tujuan yang sama, yaitu meningkatkan kualitas kehidupan kerja.

Konsep umum dari cara berpikir rasional di kehidupan sehari-hari, dapat digunakan untuk mempermudah dalam memahami makna dari ergonomi. Istilah 5W + 1H akan mempermudah dalam berpikir secara sistematis untuk memahami dan menerapkan ergonomi guna memberikan manfaat bagi peningkatan kualitas hidup.

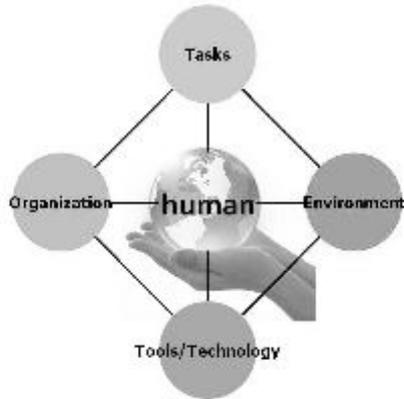


Gambar 1. Ergonomi

Ergonomic & K3LH

- ✓ Why is ergonomics ? K3LH tanpa ergonomi akan menimbulkan ketidaknyamanan dalam bekerja, penyakit & kecelakaan serta biaya yang tinggi.
- ✓ Where is ergonomics applied ? ergonomics dapat diterapkan disetiap bidang pekerjaan
- ✓ When is ergonomics applied ? diterapkan kapan saja dalam putaran 24 jam sehari semalam, sehingga baik pada saat bekerja, istirahat maupun dalam berinteraksi sosial kita dapat melakukan dengan sehat, aman dan nyaman
- ✓ Who must apply ergonomics ? setiap komponen di lingkungan kerja dalam upaya menciptakan kenyamanan, kesehatan, keselamatan dan produktivitas kerja yang setinggi-tingginya
- ✓ How is ergonomics applied ? Kenali, Pahami, Terapkan dan Konsisten

Gambar 2. Pemahaman Ergonomi



Gambar 3. Harmonisasi Ergonomi

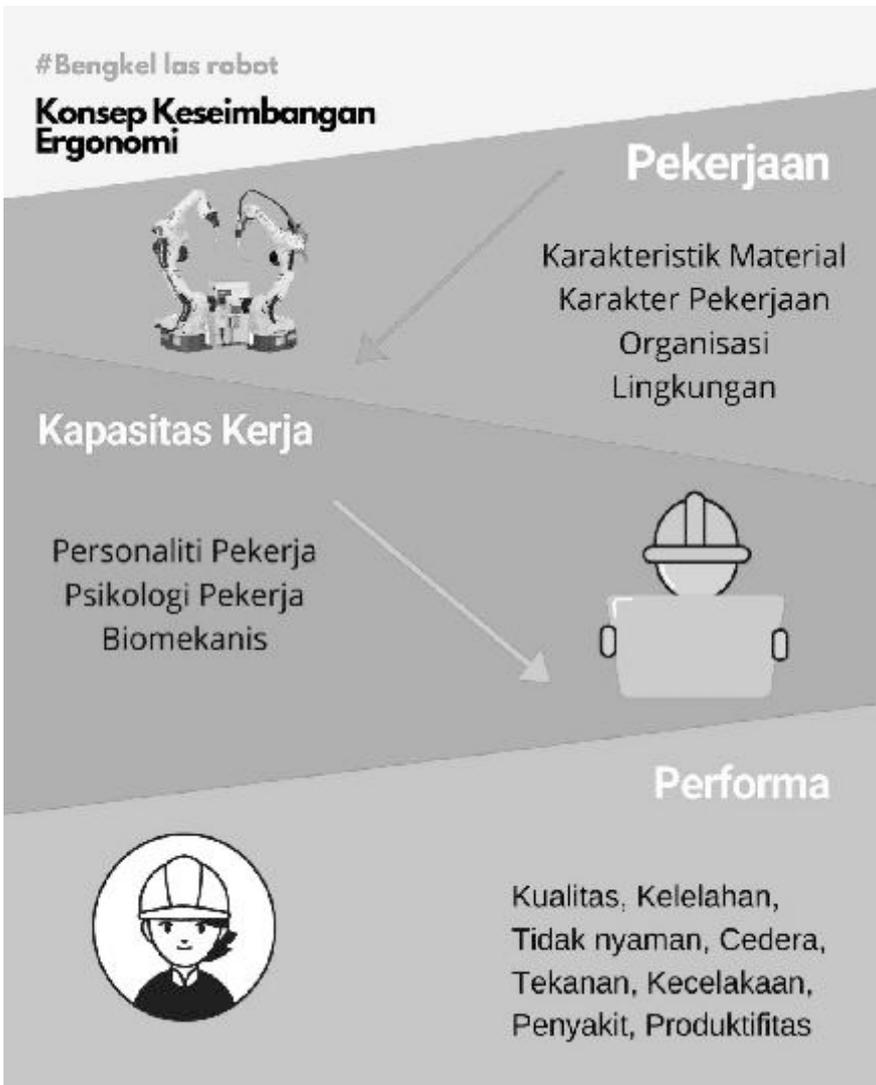
Ergonomi adalah penerapan ilmu biologi dan ilmu teknologi yang mempelajari interaksi antara manusia dengan elemen-elemen lain dalam suatu sistem, baik alat, profesi dan alam dalam perancangan untuk mengoptimalkan sistem agar sesuai kebutuhan, dengan menekan kelemahan dari suatu proses pekerjaan dan tetap mengoptimalkan hasil yang didapat. Dengan demikian, ergonomi dapat diterapkan pada aspek apa saja, di mana saja, dan kapan saja. Sebagai ilustrasi, bahwa sehari semalam kita mempunyai waktu 24 jam dengan distribusi secara umum adalah 8 jam di tempat kerja, 2 jam di perjalanan, 2 jam di tempat rekreasi, olah raga dan lingkungan sosial, serta selebihnya (12 jam) di rumah. Sehingga penerapan ergonomi tidak boleh hanya berfokus pada 8 jam di tempat kerja dan melupakan 16 jam lainnya. Siklus ke-24 jam tersebut harus menjadi perhatian dalam kajian ergonomi untuk mencapai kualitas hidup yang lebih baik.

Pencapaian kualitas hidup manusia secara optimal, baik di tempat kerja, di lingkungan sosial maupun di lingkungan keluarga, menjadi tujuan utama dari penerapan ergonomi. Adapun tujuan dari ergonomi, yaitu

1. meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja secara fisik dan mental, serta mengupayakan promosi dan kepuasan kerja;
2. meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna dan meningkatkan jaminan sosial, baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif;
3. menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek, yaitu aspek teknis, ekonomis, antropologis, dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan, sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

C. Konsep Keseimbangan dalam Ergonomi

4 ●●● Setiap sistem kerja mengandung beberapa atau seluruh komponen kerja yang saling berinteraksi antara satu dan lainnya. Menurut Corlett and Clark (1995), ergonomi – baik sebagai ilmu maupun teknologi – selalu menitikberatkan pada *interface* dan interaksi antara operator dengan komponen-komponen kerja, serta menitikberatkan pada pengaruh dari interaksi pada performansi sistem kerja. Pada bengkel las lengan robot, secara bagan hubungan atau interaksi, kita dapat mengilustrasikan konsep keseimbangan dalam ergonomi sebagai berikut.



Gambar 4. Pemahaman Ergonomi

Kemampuan seseorang sangat ditentukan oleh : pertama, *personal capacity* (karakteristik pribadi) yang meliputi faktor usia, jenis kelamin, antropometri, pendidikan, pengalaman, status sosial, agama dan kepercayaan, status kesehatan, dan kesegaran tubuh. Faktor kedua, dipengaruhi oleh *physiological capacity* (kemampuan fisiologis) meliputi kemampuan dan daya tahan cardio-vaskuler,

syaraf otot, dan pancaindra. Faktor ketiga adalah *psychological capacity* (kemampuan psikologis) berhubungan dengan kemampuan mental, waktu reaksi, kemampuan adaptasi, dan stabilitas emosi. Faktor terakhir adalah *biomechanical capacity* (kemampuan biomekanika) berkaitan dengan kemampuan dan daya tahan sendi dan persendian, tendon, dan jalinan tulang.

Keempat faktor kemampuan seseorang dalam bekerja di atas, berkaitan erat dengan tuntutan tugas yang ada pada bengkel las lengan robot. Ada tiga jenis tuntutan yang ada di bengkel las lengan robot, di antaranya *task and material characteristic*, *organization characteristic*, dan *enviromental characteristic*. Performa yang baik dalam setiap pekerjaan akan tercapai setelah seseorang mampu menyeimbangkan kemampuan dan tuntutan tugas. Dengan demikian, apabila rasio tuntutan tugas lebih besar daripada kemampuan seseorang atau kapasitas kerjanya, akan terjadi penampilan akhir berupa ketidaknyamanan, *overstress*, kelelahan, kecelakaan, cedera, rasa sakit, penyakit, dan tidak produktif. Sebaliknya, bila tuntutan tugas lebih rendah daripada kemampuan seseorang atau kapasitas kerjanya, akan terjadi penampilan akhir berupa "*understress*", kebosanan, kejemuhan, kelesuan, sakit, dan tidak produktif. Perlu adanya keseimbangan dinamis antara tuntutan tugas dengan kemampuan yang dimiliki agar penampilan menjadi optimal sehingga tercapai kondisi dan lingkungan yang sehat, aman, nyaman, dan produktif.

6
●
●

1. Pekerjaan

Bengkel Las Lengan Robot memiliki lebih dari satu stasiun kerja dengan karakteristik pekerjaan masing-masing. Material untuk produk yang digunakan di stasiun kerja las lengan robot adalah material-material besi. Dalam memaksimalkan pekerjaan di stasiun las lengan robot akan sangat dipengaruhi oleh banyak faktor. Untuk mengenal jenis-jenis pekerjaan yang ada di dalam bengkel las lengan robot, berikut uraian dari setiap stasiun kerja

bengkel las lengan robot.

a. Stasiun Penyimpanan Material

Stasiun penyimpanan material memiliki beberapa jenis pekerjaan, di antaranya mengangkat dan menyusun material ke dalam rak penyimpanan, memindahkan material berdasarkan kategori kegunaan.

b. Stasiun Kerja Mekanik

Jenis pekerjaan pada stasiun kerja mekanik adalah teknis pemotongan material dari material metal menjadi material siap las; teknis pembentukan material metal menjadi material siap las.

c. Stasiun Kerja Pengelasan

Jenis pekerjaan pada stasiun kerja pengelasan adalah operator robot welding dan teknisi robot welding.

d. Stasiun Kerja Pengecatan

Jenis pekerjaan pada stasiun kerja pengecatan adalah operator robot cat dan teknisi robot cat.

e. Stasiun Pengeringan

Jenis pekerjaan pada stasiun pengeringan adalah teknisi mesin pengering.

f. Stasiun *Quality Control*

Jenis pekerjaan pada stasiun *quality control* adalah memeriksa kualitas hasil pengelasan dan pengecatan.

g. Stasiun Penyimpanan Produk

Jenis pekerjaan pada stasiun penyimpanan produk adalah pengelompokkan hasil produk pengelasan berdasarkan permintaan.

2. Kapasitas Kerja

Tujuan ergonomi dapat dicapai seperti yang telah dikemukakan dengan mengatur keserasian antara pekerja dan pekerjaannya,

sehingga pekerja dapat bekerja sesuai dengan kemampuan, kebolehan, dan keterbatasannya. Secara umum, kemampuan, kebolehan, dan keterbatasan manusia ditentukan oleh berbagai faktor, yaitu umur, jenis kelamin, ras, antropometri, status kesehatan, gizi, kesegaran jasmani, pendidikan, keterampilan, budaya, tingkah laku, kebiasaan, dan kemampuan beradaptasi (Manuaba, 1998). Kapasitas kerja yang dibutuhkan di dalam bengkel las lengan robot adalah sebagai berikut.

a. Umur

Umur seseorang berbanding langsung dengan kapasitas fisik sampai batas tertentu dan mencapai puncaknya pada umur 25 th. Pada umur 50–60 th kekuatan otot menurun sebesar 25%, kemampuan sensoris-motoris menurun sebanyak 60%. Selanjutnya, kemampuan kerja fisik seseorang yang berumur > 60 th tinggal mencapai 50% dari umur orang yang berumur 25 th. Bertambahnya umur akan diikuti penurunan; VO₂ max, ketajaman penglihatan, pendengaran, kecepatan membedakan sesuatu, membuat keputusan, dan kemampuan mengingat jangka pendek. Pengaruh umur harus selalu dijadikan pertimbangan dalam memberikan pekerjaan pada seseorang. Pada bengkel las lengan robot umur pekerja yang mampu memaksimalkan pekerjaan ada pada rentang 20–49 tahun.

b. Jenis Kelamin

Secara umum, wanita hanya mempunyai kekuatan fisik 2/3 dari kemampuan fisik atau kekuatan otot laki-laki, tetapi dalam hal tertentu wanita lebih teliti dari laki-laki. Wanita mempunyai VO₂ max 15–30% lebih rendah dari laki-laki di dalam pekerjaan fisik. Kondisi tersebut menyebabkan persentase lemak tubuh wanita lebih tinggi dan kadar Hb darah lebih rendah daripada laki-laki. Wanita

juga mempunyai maksimum tenaga aerobik sebesar 2,4 L/ menit, sedangkan pada laki-laki sedikit lebih tinggi yaitu 3,0 L/ menit. Dari perbandingan tersebut, maka di dalam bengkel las lengan robot, pekerjaan fisik lebih mengutamakan laki-laki. Selain itu, material dan peralatan yang berbobot berat menjadi faktor utama mengapa laki-laki lebih diutamakan di dalam bengkel las lengan robot. Namun untuk beberapa bagian seperti ruang kontrol dan manajemen, wanita lebih memiliki ketelitian yang tinggi, sehingga pada beberapa bagian tersebut tidak menutup kemungkinan suatu bengkel akan memprioritaskan wanita.

c. Antropometri

Data antropometri sangat penting dalam menentukan alat dan cara mengoperasikannya. Kesesuaian hubungan antara antropometri pekerja dengan alat yang digunakan sangat berpengaruh pada sikap kerja, tingkat kelelahan, kemampuan kerja dan produktivitas kerja. Antropometri akan menentukan dalam seleksi penerimaan tenaga kerja, misalnya orang gemuk tidak cocok untuk pekerjaan di tempat suhu tinggi, pekerjaan yang memerlukan kelincahan, dan lain sebagainya. Data antropometri dapat digunakan untuk mendesain pakaian, tempat kerja, lingkungan kerja, mesin, alat dan sarana kerja, serta produk-produk untuk konsumen.

d. Status Kesehatan

Status kesehatan dan nutrisi atau keadaan gizi berhubungan erat satu sama lainnya dan berpengaruh pada produktivitas dan efisiensi kerja. Dalam melakukan pekerjaan tubuh memerlukan energi, apabila mengalami kekurangan baik secara kuantitatif maupun kualitatif, kapasitas kerja akan terganggu. Keseimbangan diperlukan antara *intake* energi dan *output* yang harus dikeluarkan. Nutrisi yang

adekuat saja tidak cukup, tetapi diperlukan adanya tubuh yang sehat agar nutrisi dapat dicerna dan didistribusikan oleh organ tubuh. Menurut Suma'mur (1982) dan Grandjean (1993), selain jumlah kalori yang tepat, penyebaran persediaan kalori selama bekerja adalah sangat penting. Sebagai contoh pada pemberian *snack* atau makanan ringan dan teh manis setiap 1,5–2 jam setelah kerja, terbukti dapat meningkatkan produktivitas kerja dibandingkan dengan hanya diberikan sekali makan siang pada saat jam istirahat.

e. Kemampuan Kerja Fisik

Kemampuan kerja fisik adalah suatu kemampuan fungsional seseorang untuk mampu melakukan pekerjaan tertentu yang memerlukan aktivitas otot pada periode waktu tertentu. Lamanya waktu aktivitas dapat bervariasi antara beberapa detik (untuk pekerjaan yang memerlukan kekuatan) sampai beberapa jam (untuk pekerjaan yang memerlukan ketahanan). Menurut Hairy (1989) dan Genaidy (1996), komponen kemampuan kerja fisik dan kesegaran jasmani seseorang ditentukan oleh kekuatan otot, ketahanan otot, dan ketahanan kardiovaskuler.

1) Kekuatan Otot

Kekuatan otot adalah tenaga maksimum yang digunakan oleh suatu grup otot di bawah kondisi yang ditetapkan. Kekuatan otot biasanya ditentukan setelah beberapa putaran kerja (10). Terdapat dua macam kekuatan otot, yaitu kekuatan otot statis dan dinamis. Kekuatan otot statis tidak termasuk beberapa gerakan selama pengerahan tenaga fisik. Kekuatan otot statis juga dikenal sebagai kontraksi volunter maksimum atau kekuatan isometik, yaitu tenaga maksimum yang digunakan untuk suatu grup otot setelah percobaan

tunggal (*single trial*). Adapun kekuatan otot dinamis memerlukan pengerahan selama proses gerakan. Kekuatan otot dinamis adalah beban maksimum yang dapat ditangani oleh seseorang tepat waktu atau beberapa kali tanpa istirahat di antara repetisi (contoh: 10 repetisi) untuk pekerjaan yang diinginkan (Genaidy, 1996). Menurut Suharno (1993) dan Nala (2001), kekuatan otot merupakan kemampuan otot-otot skeletal atau otot rangka untuk melakukan kontraksi atau tegangan maksimal dalam menerima beban, menahan, atau memindahkan beban sewaktu melakukan aktivitas atau pekerjaan. Pada umumnya komponen kekuatan otot ini dapat diukur dengan menggunakan alat seperti dinamometer. Dengan demikian jelas bahwa kekuatan otot sangat menentukan *performance* seseorang dalam setiap aktivitas pekerjaan yang dilakukan.

2) Ketahanan Otot

Ketahanan otot adalah kemampuan spesifik grup otot untuk terus dapat melakukan pekerjaan sampai seseorang tidak mampu lagi untuk mempertahankan pekerjaannya. Ketahanan otot dapat diukur dalam waktu bertahan (maksimum lamanya waktu selama seseorang mampu mempertahankan suatu beban kerja secara terus menerus). Daya tahan otot pada prinsipnya dapat dilatih dan dikembangkan sejak usia dini sampai usia 20 tahun. Daya tahan otot mencapai kemampuan maksimum pada usia 25–30 tahun (Konz, 1996).

3) Ketahanan Kardiovaskuler

Ketahanan kardiovaskuler adalah suatu pengukuran kemampuan sistem kardiovaskuler dengan melakukan pekerjaan secara terus menerus sampai terjadi kelelahan.



Ketahanan kardiovaskuler dapat ditentukan dengan beban maksimum dan sub-maksimum. Untuk beban maksimum, ketahanan kardiovaskuler diketahui sebagai konsumsi O₂ Max (VO₂ max) atau tenaga aerobik maksimum. VO₂ max adalah jumlah maksimum oksigen yang seseorang dapatkan selama kerja fisik sambil menghirup udara (Astrand & Roahl, 1977). Menurut Nala (2001), ketahanan kardiovaskuler adalah suatu kemampuan tubuh untuk bekerja dalam waktu lama tanpa kelelahan setelah menyelesaikan pekerjaan tersebut. Ketahanan kardiovaskuler umumnya diartikan sebagai ketahanan terhadap kelelahan dan kemampuan pemulihan setelah mengalami kelelahan. Ketahanan kardiovaskuler yang tinggi dapat mempertahankan performansi atau penampilan dalam jangka waktu yang relatif lama secara terus menerus.

12



3. Performa

Performa seorang pekerja dipengaruhi oleh beberapa faktor. Setelah mengetahui kapasitas kerja seseorang berdasarkan faktor dari dalam diri, maka faktor berikut ini adalah yang berasal dari luar diri pekerja dan sangat berpengaruh pada performa seorang pekerja. Faktor tersebut di antaranya:

- a. kualitas;
- b. kelelahan;
- c. tidak nyaman;
- d. cedera;
- e. tekanan;
- f. kecelakaan;
- g. penyakit;
- h. asupan gizi;
- i. sosial ekonomi.

B. Desain Sikap Kerja

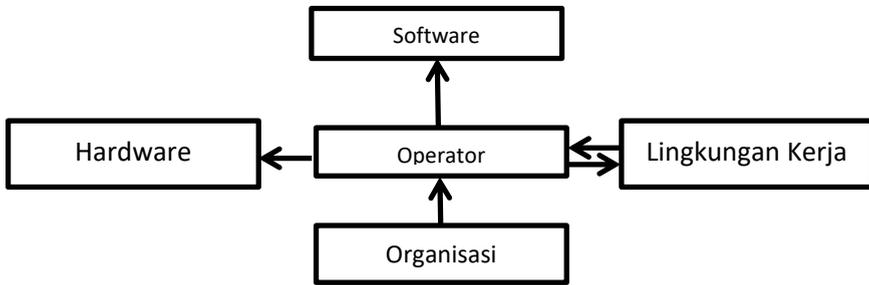
Secara umum baik dalam memodifikasi atau meredesain stasiun kerja yang sudah ada maupun mendesain stasiun kerja baru, para perancang sering dibatasi oleh faktor finansial maupun teknologi, seperti keleluasaan modifikasi, ketersediaan ruangan, lingkungan, ukuran frekuensi alat yang digunakan, kesinambungan pekerjaan, dan populasi yang menjadi target. Dengan demikian, desain dan re-desain harus selalu menyesuaikan antara kebutuhan biologis operator dengan kebutuhan stasiun kerja fisik, baik ukuran maupun fungsi alat dalam stasiun kerja. Kesesuaian tersebut perlu mempertimbangkan antropometri dan lokasi elemen mesin terhadap posisi kerja, jangkauan, pandangan, ruang gerak dan *interface* antara tubuh operator dengan mesin. Di samping itu, teknik dalam mendesain stasiun kerja harus dimulai dengan identifikasi variabilitas populasi pemakai yang didasarkan pada faktor-faktor seperti etnik, jenis kelamin, dan umur.

Menurut Das and Sengupta (1993), pendekatan secara sistemik untuk menentukan dimensi stasiun kerja dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. mengidentifikasi variabilitas populasi pemakai yang didasarkan pada etnik, jenis kelamin dan umur;
2. mendapatkan data antropometri yang relevan dengan populasi pemakai;
3. dalam pengukuran antropometri perlu mempertimbangkan pakaian, sepatu dan posisi normal;
4. menentukan kisaran ketinggian dari pekerjaan utama, seperti penyediaan kursi dan meja kerja yang dapat distel, sehingga operator dimungkinkan bekerja dengan sikap duduk maupun berdiri secara bergantian;
5. tata letak dari *hand tools*, alat kendali harus dalam kisaran jangkauan optimum;
6. menempatkan *display* yang tepat sehingga operator dapat melihat objek dengan pandangan yang tepat dan nyaman;

7. *review* terhadap desain stasiun kerja secara berkala. Setiap sistem kerja mengandung beberapa atau seluruh komponen kerja, masing-masing saling berinteraksi antara satu dengan yang lain.

Menurut Corlett and Clark (1995), ergonomi baik sebagai ilmu maupun teknologi selalu menitikberatkan pada *interface* dan interaksi antara operator dengan komponen-komponen kerja, serta menitikberatkan pada pengaruh dari interaksi pada performansi sistem kerja. Bagan hubungan atau interaksi antara operator dengan komponen kerja dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 5. Interaksi Kerja

Tabel 1. Interaksi Kerja.

Komponen	<i>Area Design</i>	Pertimbangan
<i>Hardware</i>	Desain dan tata letak komponen	Proses, peralatan, akses
Operator	Karakteristik fisik kecakapan	Karakteristik tubuh, kekuatan, kapasitas kerja, postur tubuh, kelelahan, dan ketahanan.

Komponen	<i>Area Design</i>	Pertimbangan
Software	Penerima informasi dan proses	Pancaindra (penglihatan, pendengaran, dll), perhatian, daya ingat, dll.
	Karakteristik individu dan sosial	Umur, jenis kelamin, latar belakang budaya, suku, keterampilan, <i>training</i> , motivasi, kepuasan kerja dan interes, kejenuhan, perilaku dll.
	Performansi bebas kesalahan	Standar operasi, buku penuntun, Simbol, dll.
Lingkungan	Performansi yang aman dan selamat	Iklim kerja, kebisingan, penerangan, vibrasi mekanik, ventilasi, dll.
Manajemen Bengkel	Organisasi personalia/ produksi	Waktu kerja- istirahat, rotasi kerja, kerja bergilir, interes, kepuasan, tanggung jawab, interaksi sosial,

1. Pertimbangan Atropometri di Bengkel Las

Setiap desain produk dari sebuah bengkel/laboratorium, baik produk yang sederhana maupun produk yang sangat kompleks, harus berpedoman kepada antropometri pemakainya. Menurut Sanders & McCormick (1987); Pheasant (1988) dan Pulat (1992), antropometri adalah pengukuran dimensi tubuh atau karakteristik fisik tubuh lainnya yang relevan dengan desain tentang sesuatu yang dipakai orang. Selanjutnya, Annis & McConville (1996) membagi aplikasi ergonomi dalam kaitannya dengan antropometri menjadi dua devisi utama.

- a. Pertama, ergonomi berhadapan dengan tenaga kerja, mesin beserta sarana pendukung lainnya, dan lingkungan kerja. Tujuan ergonomi dari devisi ini adalah untuk menciptakan kemungkinan situasi terbaik pada pekerjaan sehingga kesehatan fisik dan mental tenaga kerja dapat terus dipelihara, serta efisiensi produktivitas dan kualitas produk dapat dihasilkan dengan optimal.
- b. Kedua, ergonomi berhadapan dengan karakteristik produk yang berhubungan dengan konsumen atau pemakai. Dalam menentukan ukuran stasiun kerja (jika produk yang diproduksi berukuran besar, dibutuhkan ukuran ruang kerja yang sesuai dengan produk), alat kerja dan produk pendukung lainnya, data antropometri tenaga kerja memegang peranan penting.
- c. Menurut Sutarman (1972), dengan mengetahui ukuran antropometri tenaga kerja, maka dapat dibuat suatu desain alat-alat kerja yang sepadan bagi tenaga kerja atau operator yang akan menggunakan, yang bertujuan untuk meningkatkan nilai kenyamanan, kesehatan, keselamatan, dan estetika kerja. Lebih lanjut, MacLeod (1995) menjelaskan bahwa faktor manusia harus selalu diperhitungkan dalam setiap desain produk dan stasiun kerja. Setiap pekerja mempunyai bentuk dan ukuran tubuh yang berbeda-beda seperti tinggi-pendek, tua-muda, kurus gemuk, normal-cacat, dan lain sebagainya. Tetapi kita sering hanya mengatur atau mendesain stasiun kerja dengan satu ukuran untuk semua orang. Sehingga hanya orang dengan ukuran tubuh tertentu yang sesuai atau tepat untuk menggunakannya. Maka dari itu, sangat diperlukan sebuah desain yang fleksibel dan mampu digunakan oleh seorang pekerja dengan kondisi apapun.



Perhatikan gambar berikut! Kemudian mulai analisislah antropometri pada desain ruang kerja yang ada pada gambar berikut.



Gambar 6. Contoh Desain Ruang Kerja Las (Sumber: republikaco.id)

Tabel 2. Analisis Astropometri Pekerja.

Nilai Kenyaman	Pada proses pengelasan tersebut, kenyamanan dalam bekerja tergolong dalam penilaian yang rendah. Posisi stasiun kerja jongkok, akan sangat berpengaruh pada ketahanan fisik pekerja. Semakin lanjut usia maka performa kerja akan semakin menurun. Posisi bekerja seperti pada gambar di atas sangat tidak dianjurkan untuk diterapkan di dalam ruang kerja.
-----------------------	--

<p>Nilai Keselamatan dan Kesehatan</p>	<p>Nilai keselamatan sangat rendah. Tanpa penggunaan Alat Pelindung Diri yang tepat, maka risiko penyakit dan kecelakaan kerja akan sangat meningkat.</p>
<p>Estetika Kerja</p>	<p>Desain kerangka kerja yang diperlihatkan dalam gambar adalah kerangka kerja yang sama sekali tidak menunjukkan nilai keindahan.</p>

Tenaga kerja, pekerja, atau operator yang tidak memiliki kenyamanan dalam bekerja akan sangat memengaruhi produktivitas ruang kerja. Posisi kerja yang tidak sesuai dengan nilai kenyamanan dan keselamatan menyebabkan risiko yang akan memberikan kerugian.

2. Desain Sikap Kerja Duduk di Depan Komputer

18
●
●
●



Gambar 7. Sikap Kerja Duduk di Depan Komputer (Sumber: p2ptm.kemkes.go.id).

Posisi tubuh dalam bekerja sangat ditentukan oleh jenis pekerjaan yang dilakukan. Masing-masing posisi kerja mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap tubuh. Grandjean (1993) berpendapat bahwa bekerja dengan posisi duduk mempunyai keuntungan antara lain pembebanan pada kaki, pemakaian energi, dan keperluan untuk sirkulasi darah dapat dikurangi.

Namun demikian, kerja dengan sikap duduk terlalu lama dapat menyebabkan otot perut melemah dan tulang belakang akan melengkung sehingga cepat lelah. Di sisi lain, Clark (1996) menyatakan bahwa desain stasiun kerja dengan posisi duduk mempunyai derajat stabilitas tubuh yang tinggi, mengurangi kelelahan dan keluhan subjektif bila bekerja lebih dari 2 jam. Di samping itu, tenaga kerja juga dapat mengendalikan kaki untuk melakukan gerakan. Contoh desain stasiun kerja untuk sikap kerja duduk dapat diilustrasikan seperti gambar 6.

Sikap kerja duduk dalam bengkel las lengan robot paling sering dilakukan pada bagian ruang kontrol bengkel, yakni para pekerja banyak melakukan sikap duduk di depan personal komputer dalam memantau bengkel las lengan robot. Pemanfaatan kerja menggunakan komputer yang kurang tepat atau dapat dikatakan kurang ergonomis dapat menyebabkan berbagai keluhan pada pekerja. Keluhan tersebut muncul karena ketidaksesuaian antara



Gambar 8. Desain Sikap Duduk (Sumber: *ergonomic work*)

kapasitas kerja dan beban kerja. Posisi kerja di depan komputer yang tidak mengindahkan ergonomis dapat meningkatkan beban kerja dan keluhan muskuloskeletal, kelelahan tubuh, kelelahan mata, dan menurunnya produktivitas (Adrianto, B. A. DKK., 2017:17).

Salah satu ancaman paling umum dari penggunaan komputer yang kurang tepat adalah bahaya radiasi. Radiasi adalah pancaran energi melalui suatu materi atau ruang dalam bentuk pana, partikel, atau gelombang elektromagnetik/cahaya dari sumber radiasi. Ada beberapa sumber radiasi yang kita kenal di sekitar kehidupan kita selain komputer, yaitu seperti televisi, lampu penerangan, alat pemanas makanan, dan lain-lain. Selain benda tersebut, ada sumber-sumber radiasi yang bersifat unsur alamiah dan berada di udara, di dalam air, atau di dalam lapisan bumi.

Radiasi memberikan pengaruh atau efek terhadap manusia. Efek radiasi bagi manusia dibedakan menjadi dua, yaitu efek genetik dan efek somatik. Efek genetik adalah efek yang dirasakan oleh keturunan dari individu yang terkena paparan radiasi. Efek somatik adalah efek radiasi yang dirasakan oleh individu

yang terpapar radiasi. Gejala yang dirasakan oleh efek somatik ini bervariasi, ada yang segera tetapi ada juga yang tertunda. Gejala yang bisa langsung terlihat dalam waktu singkat seperti epilasi, eritema, luka bakar, dan penurunan jumlah sel darah. Gejala dari efek yang tertunda akan dirasakan dalam waktu yang lama antara bulanan dan tahunan seperti katarak dan kanker. Radiasi inframerah dapat menyebabkan katarak, contoh tungku pembakaran. Laser berkekuatan besar dapat merusak mata dan kulit contohnya komunikasi dan pembedahan. Medan elektromagnetik tingkat rendah dapat menyebabkan kanker, contohnya pengelasan (Redjeki, S., 2016:38).

a. *Human Computer Interaction (HCI)*

Human Computer Interaction (HCI) didefinisikan sebagai disiplin ilmu yang berhubungan dengan perancangan, evaluasi, dan implementasi sistem komputer interaktif untuk digunakan oleh manusia dan studi tentang fenomena di sekitarnya. *Human Computer Interaction* pada prinsipnya membuat agar sistem dapat berdialog dengan penggunanya seramah mungkin.

Istilah HCI mulai muncul pertengahan tahun 1980-an sebagai bidang studi yang baru. Istilah ini mencerminkan suatu bidang yang mempunyai fokus yang lebih luas, tidak hanya sekedar perancangan antarmuka secara fisik. Cakupannya meliputi rancangan antarmuka dan semua aspek yang berhubungan dengan interaksi antara manusia dan komputer. HCI ini kemudian berkembang sebagai disiplin ilmu tersendiri yang merupakan bidang ilmu interdisipliner, yang membahas hubungan timbal balik antara manusia komputer beserta efek-efek yang terjadi di antaranya.

Tujuan dari HCI adalah untuk menghasilkan sistem yang bermanfaat dan aman, yang artinya sistem tersebut dapat berfungsi dengan baik. Sistem tersebut untuk

mengembangkan dan meningkatkan keamanan, utilitas, ketergunaan, efektivitas, dan efisiensi. Sistem yang dimaksud konteksnya tidak hanya pada perangkat keras dan lunak, tetapi juga mencakup lingkungan secara keseluruhan, baik itu lingkungan organisasi masyarakat kerja atau lingkungan keluarga. Sementara itu, utilitas mengacu pada fungsionalitas di mana sistem tersebut dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi kerjanya. Ketergunaan di sini dimaksudkan agar sistem yang dibuat tersebut mudah digunakan dan dipelajari, baik secara individu ataupun kelompok.

Ada beberapa tantangan yang harus dihadapi dalam HCI, yaitu bagaimana perubahan teknologi yang terjadi dan cara menangani perubahan tersebut. Tantangan lainnya adalah memastikan desain memiliki HCI yang baik dan kontrol atas fungsionalitas potensial dari teknologi baru. Untuk membuat sistem komputer yang *usability*-nya, baik diperlukan pemahaman atas faktor-faktor yang menentukan bagaimana manusia mengoperasikan dan menggunakan komputer secara efektif, dengan memperhatikan faktor-faktor seperti psikologi, ergonomis, sosial, dan organisasi. Fokus perhatian HCI tidak hanya pada keindahan tampilannya saja atau hanya tertuju pada tampilan antarmukanya saja, tetapi juga memperhatikan aspek-aspek pemakai, implementasi sistem rancangannya dan fenomena lingkungannya, dan lainnya. Misalnya, rancangan sistem itu harus memperhatikan kenyamanan pemakai, kemudahan dalam pemakaian, mudah untuk dipelajari, dan sebagainya. Lima syarat *usability* yang harus dipenuhi dalam suatu sistem komputer sehingga dapat menciptakan interaksi yang baik dengan penggunanya antara lain mudah dipelajari, efisien dalam penggunaan, mudah diingat, tingkat kesalahan rendah, dan kepuasan pengguna (Pujadi, T., 2008: 103).

b. Komputer yang Ergonomis untuk K3

Penggunaan komputer yang tepat untuk menghindari berbagai hal yang menimbulkan gangguan kesehatan harus menerapkan prinsip-prinsip ergonomis. Berikut adalah beberapa hal ergonomis yang berhubungan dengan penggunaan komputer.

1) Pengaturan Kontrol dan *Display*

Pengaturan *display* dan kontrol yang kurang sesuai akan menjadi penyebab frustrasi dan inefisiensi bagi pekerja, terlebih jika pekerja sedang mengalami tekanan yang besar. Pengaturan *display* dan kontrol bergantung pada aplikasi dan domain yang dibuat, meliputi:

- a) Fungsional, yaitu *display* dan kontrol di-*setting* sedemikian rupa hingga terhubung secara fungsional antara satu dengan lain.
- b) Sekuensial, yaitu *display* dan kontrol dikelompokkan dengan menunjukkan urutan penggunaannya pada aplikasi tertentu.
- c) Frekuensi, yaitu *display* dan kontrol diletakkan sesuai dengan frekuensi penggunaannya, dengan fungsi yang banyak digunakan diletakkan pada lokasi yang mudah diakses.

2) Lingkungan Fisik dari Interaksi

Ergonomis juga memperhatikan perancangan lingkungan kerja sistem seperti tempat mesin diimplementasikan, siapa yang menggunakannya, bagaimana pengguna mengoperasikannya, dan sebagainya. Lingkungan fisik sistem ini memengaruhi penerimaan sistem oleh pengguna dan bahkan aspek kesehatan dan keselamatan pengguna. Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan dalam perancangan sistem

interaktif. Salah satu pertimbangan yang juga terkait dengan lingkungan fisik ini adalah ukuran fisik pengguna. Sistem apa pun sebaiknya mudah dijangkau oleh pengguna dengan ukuran tubuh yang kecil termasuk mereka yang menggunakan kursi roda, dan sebaliknya pengguna dengan ukuran fisik yang besar tidak terjepit dalam *setting* sistem. Secara khusus, pengguna harus merasa nyaman dan aman.

3) Isu Kesehatan

Ada beberapa faktor lingkungan fisik yang secara langsung memengaruhi kualitas interaksi dan kinerja pengguna, yaitu (1) posisi fisik, yakni pengguna harus dapat menjangkau semua kontrol dengan nyaman dan dapat melihat keseluruhan *display*, tidak harus berdiri dalam jangka waktu yang panjang, dan sebagainya; (2) temperatur, yakni suhu yang terlalu panas atau dingin akan memengaruhi kinerja dan kesehatan. Penelitian menunjukkan bahwa kinerja seseorang akan menurun pada suhu yang tinggi atau rendah karena hilangnya konsentrasi; (3) pencahayaan, yakni tingkat pencahayaan harus disesuaikan dengan lingkungan kerja. Pencahayaan yang cukup dengan posisi yang tepat harus disediakan untuk memudahkan pengguna melihat layar; (4) suara atau kebisingan, yakni suara yang berlebihan dapat membahayakan kesehatan. Tingkat suara atau kebisingan harus dipertahankan pada level yang sesuai atau nyaman karena suara dapat menjadi stimulus bagi pengguna dan menjadi suatu konfirmasi terhadap aktivitas sistem; (5) waktu, yakni waktu yang diperlukan pengguna untuk mengakses sistem juga harus diperhatikan. Ada beberapa perangkat keras yang membahayakan kesehatan jika diakses dalam waktu yang lama seperti *display* CRT



tidak baik untuk wanita hamil. Penggunaan teknologi komputer yang secara intensif dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan seperti stres, kerusakan otot tangan dan leher, kelelahan mata, ekspos terhadap radiasi, bahkan kematian kecelakaan yang disebabkan oleh komputer. Orang-orang yang duduk di depan PC atau terminal tampilan visual atau *visual display terminal* (VDT) dalam pekerjaan berkecepatan tinggi untuk mengetik secara berulang-ulang akan menderita masalah kesehatan, yang umum disebut kelainan trauma kumulatif atau *cumulative trauma disorder* (CTD). Jari-jari, pergelangan tangan, leher, dan punggung dapat menjadi lemah dan sakit sehingga tidak dapat bekerja.

4) Penggunaan Warna

Warna yang digunakan pada *display* harus dapat dibedakan dan tidak memengaruhi kontras. Jika warna digunakan sebagai indikator, maka harus disertakan informasi lainnya. Warna juga berkaitan dengan kesepakatan yang umum dan sesuai dengan harapan pengguna, misalnya merah digunakan untuk menandai peringatan, hijau untuk sistem yang sedang berjalan dengan normal, dan sebagainya.

5) Tipe Interaksi

Pemilihan tipe interaksi yang tepat dapat memberikan efek yang baik terhadap dialog antara pengguna dengan komputer sehingga tujuan dari interaksi antara pengguna dan komputer tersebut dapat tercapai. Terdapat beberapa tipe interaksi yang umum digunakan, yaitu: (1) *Command Line Interface* (CLI) merupakan bentuk dialog interaktif yang pertama dan masih dipakai hingga saat ini. Dengan CLI, pengguna memberikan instruksi langsung kepada



komputer dengan menggunakan tombol fungsi, karakter tunggal, *command* singkat atau panjang; (2) Menu terdapat pada *menu-driven interface*, sekumpulan pilihan tersedia bagi pengguna ditampilkan pada layar dan dapat dipilih dengan menggunakan *mouse* atau tombol numerik maupun *alphabetic*; (3) *Natural language* merupakan mekanisme komunikasi yang atraktif. *Natural language* dapat mengerti input tertulis, dan suara. Namun, masih banyak kekurangan dalam hal ambiguitas (kerancuan) pada aspek sintaks dan semantik; (4) *Q/A & Query dialogue* mekanismenya adalah pengguna diberikan serangkaian pertanyaan yang dalam bentuk jawaban ya atau tidak, pilihan ganda atau dalam bentuk kode dan dibimbing tahap demi tahap selama proses interaksi; (5) *Form-ills and spreadsheet* pada umumnya digunakan untuk aplikasi *data entry* dan *data retrieval*. Bentuk *form-ill* adalah berupa *display* yang menyerupai selembar kertas dengan beberapa kolom untuk diisi. *Spreadsheet* merupakan variasi dari *formill*; (6) WMP Interface (Windows, Icons, Menu, Pointers) merupakan *default interface* untuk sebagian besar sistem komputer interaktif yang digunakan saat ini terutama pada PC dan desktop *workstation*. Interaksi melibatkan paling sedikit dua partisipan, yaitu pengguna dan sistem. Keduanya memiliki karakteristik yang kompleks dan berbeda dalam berkomunikasi dan memandang tugas serta domain. Oleh karena itu, *interface* harus menerjemahkan komunikasi di antara mereka secara efektif sehingga interaksi tersebut berhasil (Pujadi, T., 2008: 103).

c. Sikap Duduk di Depan Komputer

Berikut ini adalah perhitungan yang tepat dalam menanggapi sikap duduk di bengkel las lengan robot.

- 1) Pekerjaan utama adalah menulis atau memerlukan ketelitian pada tangan.
- 2) Tinggi monitor sejajar dengan mata.
- 3) Memiliki sandaran yang membuat posisi punggung tegap. Dikarenakan aktivitas banyak dilakukan pada posisi duduk, maka untuk mengurangi rasa lelah pada badan, punggung harus dengan sandaran tegap.
- 4) Diperlukan tingkat kestabilan tubuh yang tinggi.
- 5) Memiliki bantalan kaki yang bertujuan untuk menimbulkan rasa nyaman, karena posisi duduk akan sangat nyaman jika kaki memiliki posisi yang nyaman.
- 6) Tinggi meja kerja sejajar dengan tinggi pinggang pekerja pada umumnya.
- 7) Jika memungkinkan menyediakan meja yang dapat diatur ketinggiannya.
- 8) Landasan kerja harus memungkinkan lengan menggantung pada posisi rileks dari bahu, dengan lengan bawah mendekati posisi horizontal atau sedikit menurun (*sloping down slightly*).
- 9) Ketinggian landasan kerja tidak memerlukan fleksi tulang belakang yang berlebihan.

3. Desain Sikap Kerja Berdiri

Selain posisi kerja duduk, posisi berdiri juga banyak ditemukan di bengkel. Seperti halnya posisi duduk, posisi kerja berdiri juga mempunyai keuntungan maupun kerugian. Menurut Satalaksana (2000), sikap berdiri merupakan sikap siaga baik fisik maupun mental, sehingga aktivitas kerja yang dilakukan lebih cepat, kuat, dan teliti. Namun, mengubah posisi duduk ke berdiri dengan masih menggunakan alat kerja yang sama

akan melelahkan. Posisi kerja berdiri lebih melelahkan daripada duduk dan energi yang dikeluarkan untuk berdiri lebih banyak sekitar 10–15% dibandingkan dengan duduk. Faktor kelelahan menjadi pertimbangan utama pada desain stasiun kerja berdiri, terutama apabila tenaga kerja harus bekerja untuk periode yang lama. Untuk meminimalkan pengaruh kelelahan dan keluhan subjektif maka pekerjaan harus didesain agar tidak terlalu banyak menjangkau, membungkuk, atau melakukan gerakan dengan posisi kepala yang tidak alamiah. Untuk maksud tersebut, Pulat (1992) dan Clark (1996) memberikan pertimbangan tentang pekerjaan yang paling baik dilakukan dengan posisi berdiri sebagai berikut.

- a. Tidak tersedia tempat untuk kaki dan lutut.
- b. Harus memegang objek yang berat (lebih dari 4,5 kg).
- c. Sering menjangkau ke atas, ke bawah, dan ke samping.
- d. Sering dilakukan pekerjaan dengan menekan ke bawah dan diperlukan mobilitas tinggi.

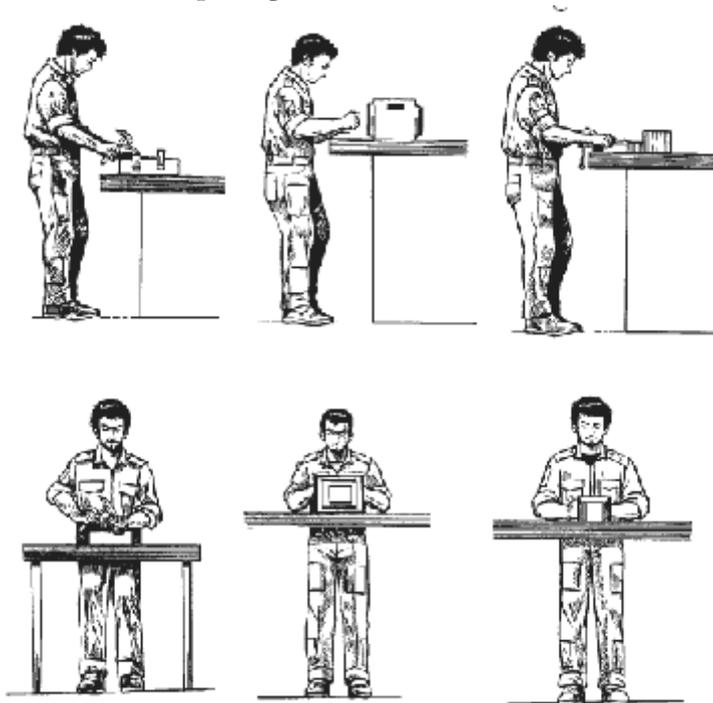
Dalam mendesain ketinggian landasan kerja untuk posisi berdiri, secara prinsip hampir sama dengan desain ketinggian landasan kerja posisi duduk. Manuaba (1986); Sanders & McCormick (1987); Grandjean (1993) memberikan rekomendasi ergonomis tentang ketinggian landasan kerja pada posisi berdiri didasarkan ketinggian siku berdiri sebagai berikut.

- a. Untuk pekerjaan memerlukan ketelitian dengan maksud untuk mengurangi pembebanan statis pada otot bagian belakang, tinggi landasan kerja adalah 5–10 cm di atas tinggi siku berdiri.
- b. Selama kerja manual, di mana pekerja sering memerlukan ruangan untuk peralatan, material dan kontainer dengan berbagai jenis, tinggi landasan kerja adalah 10–15 cm di bawah tinggi siku berdiri.



- c. Untuk pekerjaan yang memerlukan penekanan dengan kuat, tinggi landasan kerja adalah 15–40 cm di bawah tinggi siku berdiri.

Ketinggian landasan kerja untuk sikap kerja berdiri dapat diilustrasikan seperti gambar 8.



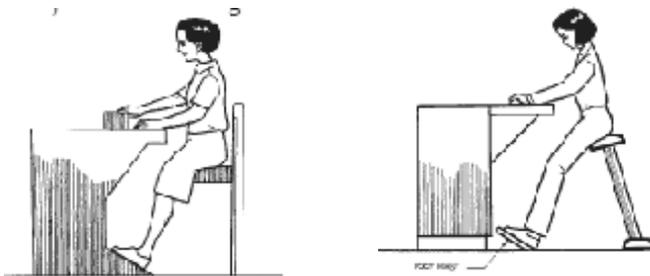
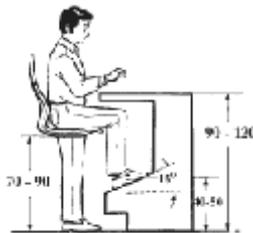
Gambar 9. Desain Sikap Kerja Berdiri.

Jika diterapkan sikap berdiri pada bengkel las lengan robot, maka posisi berdiri 1, ditujukan pada posisi berdiri area kerja las lengan robot untuk pemotongan material bahan, karena membutuhkan penekanan yang kuat. Sikap kerja berdiri kedua, ditujukan pada area kerja *quality control* produk bengkel las lengan robot, karena membutuhkan ketelitian yang tinggi. Adapun sikap kerja berdiri ketiga ditujukan pada area *packaging* produk hasil produksi bengkel las lengan robot.

4. Sikap Kerja Dinamis (Fleksibel)

Desain stasiun kerja dan sikap kerja dinamis adalah 2 hal yang sangat penting. Desain stasiun kerja sangat ditentukan oleh jenis dan sifat pekerjaan yang dilakukan. Desain stasiun kerja untuk posisi duduk maupun berdiri mempunyai keuntungan dan kerugian. Clark (1996) mencoba mengambil keuntungan dari kedua posisi tersebut dan mengombinasikan desain stasiun kerja untuk posisi duduk dan berdiri menjadi satu desain dengan batasan sebagai berikut.

- a. Pekerjaan dilakukan dengan duduk pada suatu saat dan pada saat lainnya dilakukan dengan berdiri saling bergantian.
- b. Perlu menjangkau sesuatu lebih dari 40 cm ke depan dan/atau 15 cm di atas landasan kerja.
- c. Tinggi landasan kerja dengan kisaran antara 90–120 cm merupakan ketinggian yang paling tepat baik untuk posisi duduk maupun berdiri.



Gambar 10. Sikap Kerja Dinamis.

Sementara itu, Das (1991) dan Pulat (1992) menyatakan bahwa posisi duduk dan berdiri merupakan posisi terbaik dan lebih dikehendaki daripada hanya posisi duduk saja atau berdiri saja. Hal tersebut memungkinkan pekerja berganti posisi kerja untuk mengurangi kelelahan otot karena sikap paksa dalam satu posisi kerja.

Helander (1995) dan Tarwaka (1995) memberikan batasan ukuran ketinggian landasan kerja untuk pekerjaan yang memerlukan sedikit penekanan yaitu sebesar 15 cm di bawah tinggi siku untuk ke dua posisi kerja. Selanjutnya dibuat kursi tinggi yang menyesuaikan ketinggian landasan kerja posisi berdiri dengan dilengkapi sandaran kaki agar posisi kaki tidak menggantung. Mengingat dimensi ukuran tubuh manusia berbeda-beda, maka desain stasiun kerja harus selalu mempertimbangkan antropometri pemakainya (*user oriented*). Kemudian pemilihan posisi kerja harus sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan, seperti pada tabel 3 di bawah.

Tabel 3. Sikap Kerja Dinamis.

Jenis Pekerjaan	Sikap Kerja yang Dipilih	
	Pilihan Pertama	Pilihan Kedua
a) Mengangkat >5 kg berdiri	Berdiri	Duduk berdiri
b) Bekerja di bawah tinggi siku	Berdiri	Duduk berdiri
c) Menjangkau horizontal di luar daerah jangkauan optimum	Berdiri	Duduk berdiri
d) Pekerjaan ringan dengan pergerakan berulang	Duduk	Duduk berdiri
e) Pekerjaan perlu ketelitian	Duduk	Duduk berdiri
f) Inspeksi dan <i>monitoring</i>	Duduk	Duduk berdiri
g) Sering berpindah-pindah	Duduk Berdiri	Berdiri

C. Lingkungan Kerja Fisik

Industrialisasi akan selalu diikuti oleh penerapan *high technology*, penggunaan bahan dan peralatan yang semakin kompleks dan rumit. Namun, penerapan *high technology* dan penggunaan bahan dan peralatan yang beraneka ragam dan kompleks tersebut sering tidak diikuti oleh kesiapan SDM-nya. Keterbatasan manusia sering menjadi faktor penentu terjadinya musibah seperti kecelakaan, kebakaran, ledakan, pencemaran lingkungan, dan timbulnya penyakit akibat kerja. Kondisi-kondisi tersebut ternyata telah banyak mengakibatkan kerugian jiwa dan material, baik bagi pengusaha, tenaga kerja, pemerintah, dan masyarakat luas. Diperlukan langkah-langkah tindakan yang mendasar dan prinsip yang dimulai dari tahap perencanaan dalam mencegah dan mengendalikan kerugian-kerugian yang lebih besar. Tujuannya adalah agar tenaga kerja mampu mencegah dan mengendalikan berbagai dampak negatif yang timbul akibat proses produksi, sehingga akan tercipta lingkungan kerja yang sehat, nyaman, aman, dan produktif.

Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi lingkungan di tempat kerja seperti faktor fisik, faktor kimia, faktor biologis, dan faktor psikologis. Semua faktor tersebut dapat menimbulkan gangguan terhadap suasana kerja dan berpengaruh terhadap kesehatan dan keselamatan tenaga kerja. Menurut Manuaba (1992a), lingkungan kerja yang nyaman sangat dibutuhkan oleh pekerja, untuk dapat bekerja secara optimal dan produktif. Lingkungan kerja harus ditangani atau didesain sedemikian rupa sehingga menjadi kondusif terhadap pekerja untuk melaksanakan kegiatan dalam suasana yang aman dan nyaman. Pada bagian ini akan dibahas faktor fisik lingkungan kerja seperti iklim mikro, kebisingan, dan penerangan. Evaluasi lingkungan dilakukan dengan cara pengukuran kondisi tempat kerja dan mengetahui respons pekerja terhadap paparan lingkungan kerja.

Mikroklimat

Secara fundamental, ergonomi merupakan studi tentang penyerasian antara pekerja dan pekerjaannya untuk meningkatkan performansi dan melindungi kehidupan. Dalam melakukan proses penyerasian tersebut, kita harus dapat memprediksi adanya *stressor* yang menyebabkan terjadinya *strain* dan mengevaluasinya. Mikroklimat dalam lingkungan kerja menjadi sangat penting karena dapat bertindak sebagai *stressor* yang menyebabkan *strain* kepada pekerja apabila tidak dikendalikan dengan baik. Mikroklimat dalam lingkungan kerja terdiri dari unsur suhu udara (kering dan basah), kelembaban nisbi, panas radiasi, dan kecepatan gerakan udara (Suma'mur, 1984 dan Bernard, 1996). Rekomendasi untuk *comfort zone* untuk negara dengan empat musim, pada musim dingin adalah suhu ideal berkisar antara 19–23°C dengan kecepatan udara antara 0,1–0,2 m/det dan pada musim panas suhu ideal antara 22–24°C dengan kecepatan udara antara 0,15–0,4 m/det serta kelembaban antara 40–60% sepanjang tahun (WHS, 1992; Grantham, 1992 dan Grandjean, 1993). Bagi negara dengan dua musin seperti Indonesia, rekomendasi tersebut perlu mendapat koreksi. Sementara itu, kaitannya dengan suhu panas lingkungan kerja, Grandjean (1993) memberikan batas toleransi suhu tinggi sebesar 35–40°C; kecepatan udara 0,2 m/det; kelembaban antara 40–50%; perbedaan suhu permukaan <4°C. Dengan demikian, jelas bahwa mikroklimat yang tidak dikendalikan dengan baik akan berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan pekerja dan gangguan kesehatan, sehingga dapat meningkatkan beban kerja, mempercepat munculnya kelelahan dan keluhan subjektif serta menurunkan produktivitas kerja.

1. Lingkungan Kerja Panas

Para pekerja lapangan terutama pekerja konstruksi, industri minyak dan gas bumi (migas), dan galangan kapal tentu sudah terbiasa bekerja di lingkungan yang panas dalam waktu lama.

Namun, kondisi seperti ini berpotensi menimbulkan *heat stress* bagi pekerja. Lingkungan kerja yang tidak nyaman seperti temperatur yang melebihi nilai ambang batas (NAB) mengakibatkan panas yang dapat memengaruhi performa kerja dan juga kesehatan tubuh pekerja. Bila pekerja yang terpapar panas tidak mampu menjaga atau mengatur suhu normal dalam tubuhnya, hal ini dapat memicu timbulnya *heat stress*. Apabila kondisi ini dibiarkan tanpa penanganan serius bisa mengakibatkan kematian.

Tekanan panas atau *heat stress* dapat dikatakan sebagai reaksi fisik dan fisiologis pekerja terhadap suhu yang berada di luar kenyamanan bekerja di dalam bengkel las lengan robot. Suhu yang dimaksud adalah suhu panas yang ekstrem yang timbul dari pengelasan. Paparan panas di lingkungan kerja bisa berasal dari:

- a. suhu dan kelembaban tinggi, paparan sinar matahari secara langsung;
- b. gerakan atau aliran udara yang terbatas;
- c. kerja fisik yang berat;
- d. panas metabolisme tubuh;
- e. Alat Pelindung Diri (APD);
- f. tingkat aklimatisasi;
- g. panas yang ditimbulkan dari proses pengelasan.

Faktor iklim kerja dan non-iklim tersebut dapat meningkatkan risiko pekerja terkena *heat stress*. *Heat stress* terjadi apabila tubuh pekerja sudah tidak mampu lagi menyeimbangkan suhu tubuh normal karena besarnya paparan panas dari luar. Sederhananya, *heat stress* bisa terjadi ketika tubuh gagal mengendalikan suhu internal. Jika tubuh terpapar panas, maka sistem yang ada di dalam tubuh akan mempertahankan suhu tubuh internal agar tetap berada pada suhu normal (36–37,5°C) dengan cara mengeluarkan keringat dan mengalirkan darah lebih banyak ke kulit. Dalam kondisi demikian, jantung bekerja keras memompa



darah ke kulit bagian luar (permukaan tubuh) dan kelenjar keringat terus mengeluarkan cairan yang mengandung elektrolit ke permukaan kulit dan penguapan keringat menjadi cara efektif untuk mempertahankan suhu tubuh agar tetap normal. Jika suhu di luar dan kelembaban terlampau tinggi, maka keringat tidak dapat menguap dan tubuh akan gagal mempertahankan suhu internalnya, dalam kondisi inilah tubuh mulai terganggu. Kondisi ini memengaruhi kemampuan seseorang untuk bekerja di lingkungan panas. Dengan banyaknya darah mengalir ke kulit, maka pasokan darah ke otak, otot-otot aktif, dan organ tubuh lainnya menjadi berkurang. Dengan demikian, kelelahan dan permasalahan kesehatan akibat panas pun lebih cepat terjadi. Kegagalan tubuh dalam menyeimbangkan suhu tubuh internal ini yang pada akhirnya bisa memicu timbulnya *heat stress* pada pekerja.

Heat stress termasuk potensi bahaya di lingkungan kerja yang harus mendapat perhatian khusus. *Heat stress* ditimbulkan dari lingkungan kerja yang panas. *Heat stress*, baik akibat proses metabolisme tubuh maupun paparan panas dari lingkungan kerja dapat menimbulkan masalah kesehatan dari yang ringan, seperti *heat cramps* dan *heat exhaustion* hingga yang serius, yaitu *heat stroke*.

a. *Heat Cramps*

Heat cramps adalah kejang atau kram pada otot, bahkan bisa mengakibatkan pingsan pada penderita. Hal ini disebabkan karena ketidakseimbangan cairan dan garam selama melakukan kerja fisik yang berat di lingkungan panas. Gejalanya yaitu kram pada otot, nyeri atau kejang di perut, lengan atau kaki. Pertolongan pertama; hentikan semua aktivitas dan istirahatlah di tempat sejuk dan teduh, minum cairan elektrolit yang tidak melebihi air minum biasa, hindari

mengonsumsi tablet garam kecuali jika direkomendasikan oleh dokter, hindari kembali melakukan kerja fisik berat selama beberapa jam setelah kram mereda, segera hubungi petugas medis jika kram tidak mereda dalam waktu satu jam.

b. Heat Exhaustion

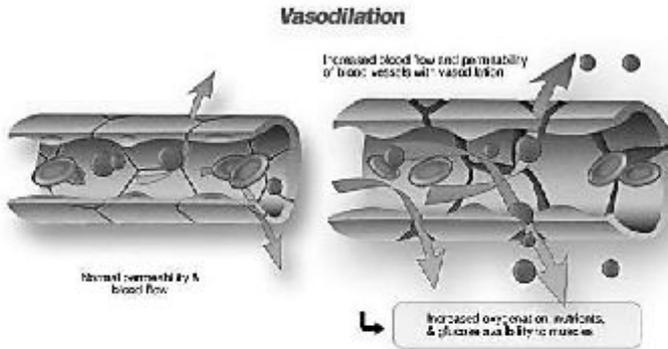
Heat exhaustion terjadi akibat kurangnya cairan tubuh atau volume darah. Kondisi ini terjadi jika jumlah air yang dikeluarkan seperti keringat melebihi dari air yang diminum selama terpapar panas. Gejalanya yaitu nadi cepat, keringat berlebih, kulit pucat, kelelahan ekstrem, pusing, mual dan muntah, emosi tidak stabil, pernapasan pendek dan cepat, suhu tubuh sedikit mengalami peningkatan (37–40°C), dan kehilangan kesadaran. Pertolongan pertama: beristirahatlah di tempat yang sejuk dan teduh; minumlah air yang banyak; longgarkan pakaian dan kompres bagian kepala, leher, dan wajah menggunakan handuk dingin; basuh kepala, wajah, dan leher dengan air dingin. Jika gejala tidak mereda, segera hubungi petugas medis; pastikan ada rekan kerja yang menemani korban sampai bantuan tiba.

2. Pengaruh Fisiologis

Dalam mengatasi tekanan panas, anggota tubuh memerlukan upaya tambahan untuk memelihara keseimbangan panas. Menurut Pulat (1992), reaksi fisiologis tubuh (*heat strain*) oleh karena peningkatan temperatur udara di luar *comfort zone* adalah sebagai berikut.

a. Vasodilatasi

Vasodilatasi Pembuluh Darah



Gambar 11. Vasodilation.

Vasodilasi adalah pelebaran lumen pembuluh darah. Hal ini terjadi saat ada peningkatan kebutuhan aliran darah ke jaringan tubuh. Vasodilasi adalah proses fisiologis tubuh dalam rangka mempertahankan homeostasisnya. Tubuh manusia menghasilkan zat yang menyebabkan vasodilasi seperti oksida nitrat, asetilkolin, prostaglandin, dan histamin. Proses vasodilasi akan menyebabkan penurunan tekanan darah. Hal ini terjadi karena dengan pelebaran pembuluh darah, darah yang dibawa akan lebih banyak sehingga tekanan pada pembuluh darah akan menurun. Penyebab terjadinya vasodilasi terbagi dua: faktor eksogen dan faktor endogen. Faktor eksogen antara lain konsumsi alkohol, makanan tertentu seperti cabai, olahraga, obat-obat tertentu, dan suhu. Sementara itu, faktor endogen adalah zat kimiawi yang dihasilkan tubuh, hormon, aktivitas saraf, peningkatan osmolaritas cairan ekstraselular, peningkatan oksida nitrat, ion kalium, ion hidrogen, dan adenosina.

b. Denyut jantung dan temperatur kulit meningkat



38
●
●
●

Gambar 12. Ilustrasi Peningkatan Suhu Tubuh.

Risiko terjadi gangguan kesehatan akan meningkat apabila pemaparan terhadap tekanan panas terus berlanjut. Menurut Grantham (1992) dan Bernard (1996) reaksi fisiologis akibat pemaparan panas yang berlebihan dapat dimulai dari gangguan fisiologis yang sangat sederhana sampai dengan terjadinya penyakit yang sangat serius. Pemaparan terhadap tekanan panas menyebabkan penurunan berat badan. Menurut hasil penelitian Priatna (1990), pekerja yang bekerja selama 8 jam/hari berturut-turut selama 6 minggu, pada ruangan dengan Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) antara 02–33°C menyebabkan kehilangan berat badan sebesar 4,23%. Secara lebih rinci gangguan kesehatan akibat pemaparan suhu lingkungan panas yang berlebihan dapat

di jelaskan sebagai berikut.

- 1) Gangguan perilaku dan performansi kerja seperti terjadinya kelelahan, sering melakukan istirahat, dan lain sebagainya.
- 2) Dehidrasi, yaitu hilangnya cairan tubuh secara berlebihan disebabkan penggantian cairan yang tidak cukup maupun karena gangguan kesehatan. Saat kehilangan cairan tubuh $<1,5\%$ gejalanya tidak nampak, kelelahan muncul lebih awal, dan mulut mulai kering.
- 3) *Heat rash*, yaitu keadaan seperti timbulnya biang keringat atau gatal kulit akibat kondisi kulit terus basah. Pada kondisi demikian, pekerja perlu beristirahat pada tempat yang lebih sejuk dan menggunakan bedak penghilang keringat.
- 4) *Heat cramps*, yaitu kejang-kejang otot tubuh (tangan dan kaki) akibat keluarnya keringat yang menyebabkan hilangnya garam natrium dari tubuh yang kemungkinan besar disebabkan karena minum terlalu banyak dengan sedikit garam natrium.
- 5) *Heat syncope* atau *fainting*, yaitu keadaan di mana aliran darah ke otak tidak cukup karena sebagian besar aliran darah di bawa ke permukaan kulit atau perifer yang disebabkan pemaparan suhu tinggi.
- 6) *Heat exhaustion*, yaitu keadaan yang terjadi apabila tubuh kehilangan terlalu banyak cairan dan/ atau kehilangan garam. Gejalanya mulut kering, sangat haus, lemah, dan sangat lelah. Gangguan ini biasanya banyak dialami oleh pekerja yang belum beraklimatisasi terhadap suhu udara panas.

3. Penilaian Lingkungan Kerja Panas

Metode terbaik untuk menentukan apakah tekanan panas di tempat kerja menyebabkan gangguan kesehatan yaitu dengan mengukur suhu tubuh pekerja yang bersangkutan. Suhu tubuh normal adalah sebesar 37°C , dan akan lebih tinggi dengan adanya akumulasi panas dari konveksi, konduksi, radiasi, dan panas metabolisme. Apabila rerata suhu tubuh pekerja $>38^{\circ}\text{C}$, diduga terdapat pemaparan suhu lingkungan panas yang dapat meningkatkan suhu tubuh tersebut. Selanjutnya, harus dilakukan pengukuran suhu lingkungan kerja. Salah satu parameter pengukuran suhu lingkungan panas adalah dengan menilai Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) yang terdiri dari parameter suhu udara kering, suhu udara basah dan suhu panas radiasi. Secara manual ISBB dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

- a. Pekerjaan dilakukan di bawah paparan sinar matahari (*Outdoor*):
$$\text{ISBB} = (0,7 \times \text{suhu basah}) + (0,2 \times \text{suhu radiasi}) + (0,1 \times \text{suhu kering})$$
- b. Pekerjaan dilakukan di dalam ruangan (*Indoor*):
$$\text{ISBB} = (0,7 \times \text{suhu basah}) + (0,3 \times \text{suhu radiasi})$$

FAKTOR FISIK : SUHU / IKLIM KERJA

**Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. Kep-51/MEN/1999
tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika di Tempat Kerja
ditetapkan bahwa nilai ISBB tempat kerja**

Variasi Kerja	ISBB (°C)		
	Kerja Ringan	Kerja Sedang	Kerja Berat
Bekerja terus-menerus	30,0	26,7	25,0
Kerja 75% - istirahat 25%	30,6	28,0	25,9
Kerja 50% - istirahat 50%	31,4	29,4	27,9
Kerja 25% - istirahat 75%	32,2	31,1	30,0

Sumber: Kepmenaker No. Kep-51/MEN/1999

42



Gambar 14. Penilaian Kerja Panas

Terdapat alat ukur ISBB yang lebih modern seperti *Questtemp Heat Stress Monitor*. Alat tersebut dioperasikan secara digital, meliputi parameter suhu basah, suhu kering, suhu radiasi, dan ISBB yang hasilnya tinggal membaca pada alat dengan menekan tombol operasional dalam satuan °C atau °F. Pada waktu pengukuran alat ditempatkan di sekitar sumber panas di mana pekerja melakukan pekerjaannya. Dari hasil pengukuran ISBB tersebut selanjutnya disesuaikan dengan beban kerja yang diterima oleh pekerja, kemudian dilakukan pengaturan waktu kerja-waktu istirahat yang tepat sehingga pekerja tetap dapat bekerja dengan aman dan sehat. Dalam pengaturan waktu kerja-waktu istirahat tersebut dapat menggunakan metode seperti diilustrasikan pada gambar 14.

4. Pengendalian Lingkungan Kerja Panas

Dalam mengendalikan pengaruh pemaparan tekanan panas terhadap tenaga kerja perlu dilakukan koreksi tempat kerja, sumber-sumber panas lingkungan, dan aktivitas kerja yang dilakukan. Koreksi tersebut dimaksudkan untuk menilai secara cermat faktor-faktor tekanan panas dan mengukur ISBB pada masing-masing pekerjaan sehingga dapat dilakukan langkah pengendalian secara benar. Koreksi tersebut dimaksudkan untuk menilai efektivitas dari sistem pengendalian yang telah dilakukan di masing-masing tempat kerja. Teknik pengendalian terhadap pemaparan tekanan panas di perusahaan secara ringkas dapat dijelaskan sebagai berikut.

- a. Mengurangi faktor beban kerja dengan mekanisasi.
- b. Mengurangi beban panas radian dengan cara:
 - 1) menurunkan temperatur udara dari proses kerja yang menghasilkan panas;
 - 2) relokasi proses kerja yang menghasilkan panas;
 - 3) penggunaan alat pelindung yang dapat memantulkan panas.
- c. Mengurangi temperatur dan kelembaban. Cara ini dapat dilakukan melalui ventilasi pengenceran (*dilution ventilation*) atau pendinginan secara mekanis (*mechanical cooling*). Cara ini telah terbukti dapat menghemat biaya dan meningkatkan kenyamanan (Bernard, 1996).
- d. Meningkatkan pergerakan udara. Peningkatan pergerakan udara melalui ventilasi buatan dimaksudkan untuk memperluas pendinginan evaporasi, tetapi tidak boleh melebihi 0,2 m/det. Perlu dipertimbangkan bahwa menambah pergerakan udara pada temperatur yang tinggi ($> 40^{\circ}\text{C}$) dapat berakibat pada peningkatan tekanan panas.

- e. Pembatasan terhadap waktu paparan panas dengan cara:
- f. melakukan pekerjaan pada tempat panas saat pagi dan sore hari;
- g. penyediaan tempat yang sejuk dan terpisah dengan proses kerja untuk pemulihan;
- h. mengatur waktu kerja-istirahat secara tepat berdasarkan beban kerja dan nilai ISBB.

Dari uraian tersebut, dapat ditegaskan bahwa kondisi yang harus dipertimbangkan dalam setiap desain atau redesain sistem ventilasi adalah adanya sirkulasi udara pada tempat kerja yang baik, sehingga terjadi pergantian udara dalam ruangan dengan udara segar dari luar secara terus menerus. Di samping itu, faktor pakaian dan pemberian minum juga harus dipertimbangkan dalam mengatasi masalah panas lingkungan.

44



E. Kebisingan di Tempat Kerja

Pengertian kebisingan adalah bunyi atau suara yang tidak dikehendaki yang bersifat mengganggu pendengaran dan bahkan dapat menurunkan daya dengar seseorang yang terpapar (WHS, 1993). Adapun definisi kebisingan menurut Kepmenaker (1999) adalah semua suara tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan/atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran. Suara atau bunyi dapat dirasakan oleh indra pendengaran akibat adanya rangsangan getaran yang berasal dari benda yang bergetar. Menurut Suma'mur (1984) dan WHS (1993), dari segi kualitas bunyi, terdapat dua hal yang menentukan yaitu frekuensi suara dan intensitas suara. Frekuensi dinyatakan dalam jumlah getaran per detik atau Hertz (Hz) yaitu jumlah getaran yang sampai ke telinga setiap detiknya. Sementara intensitas atau arus energi lazimnya dinyatakan dalam desibel (dB), yaitu perbandingan antara kekuatan dasar bunyi ($0,0002 \text{ dyne/cm}^2$)

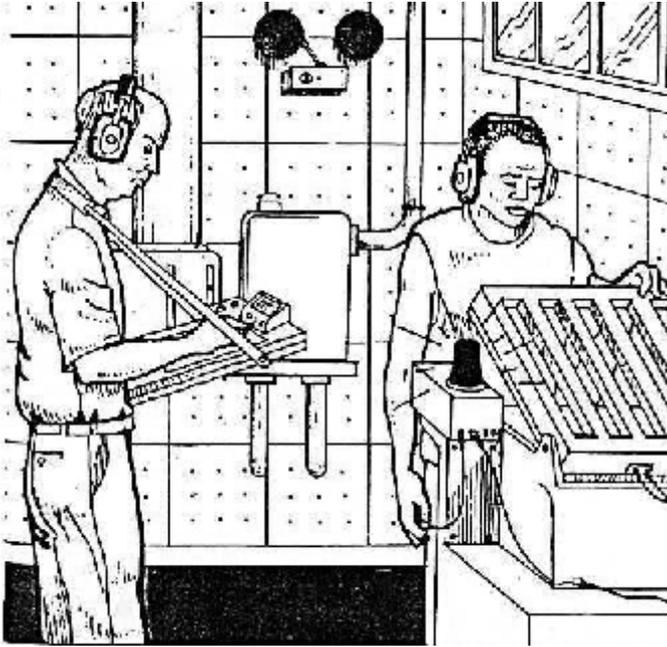
dengan frekuensi (1.000 Hz) yang tepat dapat didengar oleh telinga normal. Mengingat desibel yang diterima oleh telinga merupakan skala logaritmis, maka tingkat kebisingan 3 dB di atas 60 dB pengaruhnya akan berbeda dengan 3 dB di atas 90 dB.

1. Sumber Kebisingan dan Cara Penilaiannya

Sumber kebisingan di perusahaan biasanya berasal dari mesin-mesin proses produksi dan alat-alat lain yang dipakai untuk melakukan pekerjaan. Contoh sumber-sumber kebisingan di perusahaan baik dari dalam maupun dari luar perusahaan seperti:

- a. generator, mesin diesel untuk pembangkit listrik;
- b. mesin produksi (termasuk las lengan robot);
- c. mesin potong material;
- d. alat-alat lain yang menimbulkan suara dan getaran seperti alat pertukangan, atau biasanya disebut sebagai *tool kit*;
- e. lalu lintas kendaraan bermotor dan lain sebagainya.

Sumber-sumber suara tersebut harus selalu diidentifikasi dan dinilai kehadirannya agar dapat dipantau sedini mungkin dalam upaya mencegah dan mengendalikan pengaruh paparan kebisingan terhadap pekerja yang terpapar. Dengan demikian, penilaian tingkat intensitas kebisingan di perusahaan secara umum dimaksudkan untuk beberapa tujuan, yaitu:

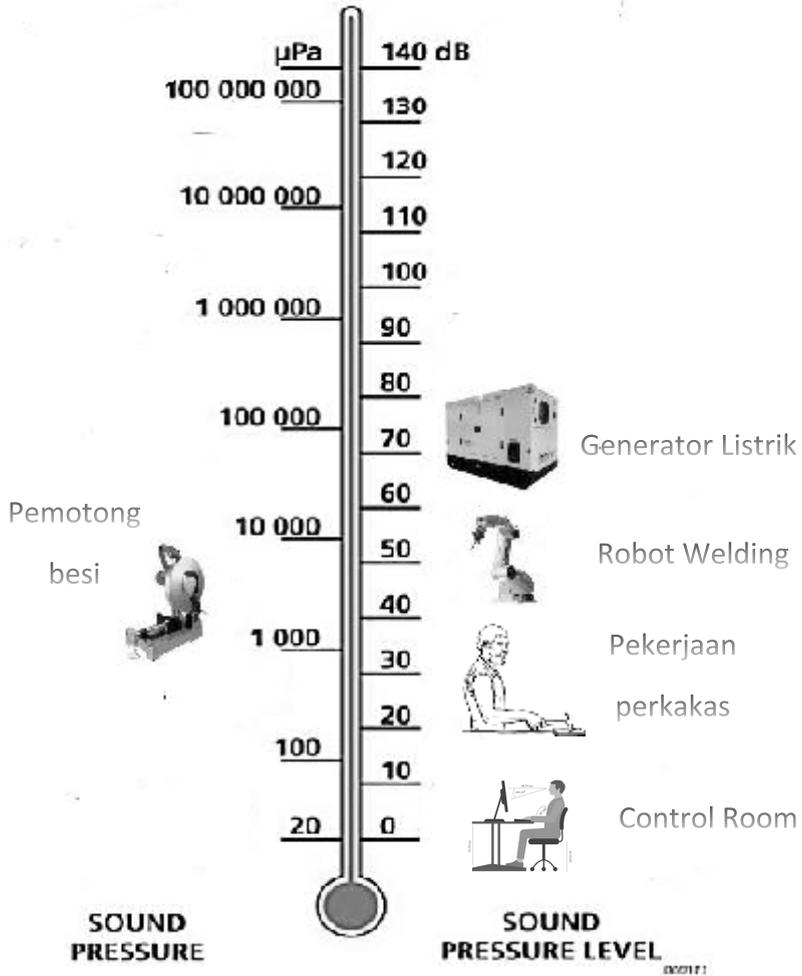


Gambar 15. Ilustrasi Kebisingan.

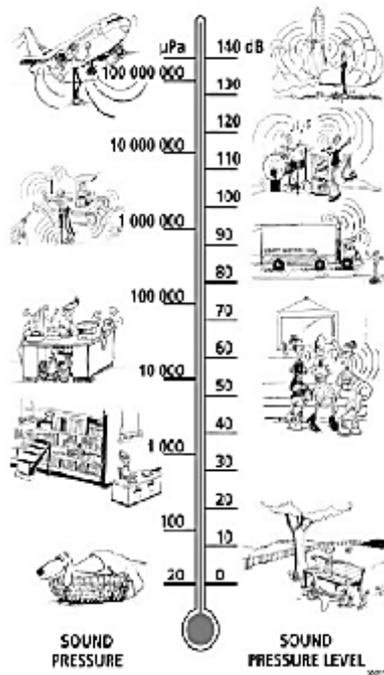
46



- a. memperoleh data intensitas kebisingan pada sumber suara;
- b. memperoleh data intensitas kebisingan pada penerima suara (pekerja dan masyarakat sekitar bengkel);
- c. menilai efektivitas sarana pengendalian kebisingan yang telah ada dan merencanakan langkah pengendalian lain lebih efektif;
- d. mengurangi tingkat intensitas kebisingan baik pada sumber suara maupun pada penerima suara sampai batas yang diperkenankan;
- e. membantu memilih alat pelindung yang tepat dari kebisingan sesuai jenis kebisingannya.



Gambar 16. Ilustrasi Kebisingan.



Gambar 17. Ilustrasi Kebisingan.

2. Pengaruh Kebisingan

Pengaruh pemaparan kebisingan secara umum dapat dikategorikan menjadi dua yang didasarkan pada tinggi rendahnya intensitas kebisingan dan lamanya waktu pemaparan. Pertama, pengaruh pemaparan kebisingan intensitas tinggi (di atas NAB) dan kedua adalah pengaruh pemaparan kebisingan intensitas rendah (di bawah NAB) (Sanders & McCormick, 1987; Pulat, 1992 dan WHS, 1993).

a. Pengaruh Kebisingan Intensitas Tinggi

Pengaruh pemaparan kebisingan intensitas tinggi (di atas NAB) adalah terjadinya kerusakan pada indra pendengaran yang dapat menyebabkan penurunan daya dengar baik yang

bersifat sementara maupun bersifat permanen atau ketulian. Sebelum terjadi kerusakan pendengaran secara permanen, biasanya didahului dengan terjadinya gangguan pendengaran bersifat sementara yang dapat mengganggu kehidupan yang bersangkutan, baik di tempat kerja maupun di lingkungan keluarga dan lingkungan sosialnya.

- 1) Pengaruh kebisingan akan sangat terasa apabila jenis kebisingannya terputus-putus dan sumbernya tidak diketahui.
- 2) Secara fisiologis, kebisingan dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti, meningkatnya tekanan darah dan denyut jantung, risiko serangan jantung meningkat, dan gangguan pencernaan.
- 3) Reaksi masyarakat, apabila kebisingan akibat suatu proses produksi demikian hebatnya sehingga masyarakat sekitarnya melakukan protes menuntut agar kegiatan tersebut dihentikan dan lain sebagainya.

b. Pengaruh Kebisingan Intensitas Rendah

Tingkat intensitas kebisingan rendah atau di bawah NAB banyak ditemukan di lingkungan kerja seperti perkantoran dan ruang administrasi perusahaan. Intensitas kebisingan yang masih di bawah NAB tersebut secara fisiologis tidak menyebabkan kerusakan pendengaran. Namun, kehadirannya sering dapat menyebabkan penurunan performansi kerja, sebagai salah satu penyebab stres dan gangguan kesehatan lainnya. Stres yang disebabkan karena pemaparan kebisingan dapat menyebabkan terjadinya kelelahan dini, kegelisahan dan depresi. Secara spesifik stres karena kebisingan tersebut dapat menyebabkan antara lain:

- 1) stres menuju keadaan cepat marah, sakit kepala, dan gangguan tidur;
- 2) gangguan reaksi psikomotor;
- 3) kehilangan konsentrasi;
- 4) gangguan komunikasi antara lawan bicara;
- 5) penurunan performansi kerja yang kesemuanya itu akan bermuara pada kehilangan efisiensi dan produktivitas kerja.

3. Pengendalian Kebisingan di Tempat Kerja

Terdapat rencana dan langkah pengendalian kebisingan di tempat kerja sebelum dilakukan langkah pengendalian kebisingan, yaitu langkah pertama adalah membuat rencana pengendalian didasarkan pada hasil penilaian kebisingan dan dampak yang ditimbulkan. Rencana pengendalian dapat dilakukan dengan pendekatan melalui perspektif manajemen risiko kebisingan. Manajemen risiko adalah suatu pendekatan logis dan sistemis untuk mengendalikan risiko yang mungkin timbul. Langkah manajemen risiko kebisingan tersebut adalah:

- a. mengidentifikasi sumber-sumber kebisingan di tempat kerja yang berpotensi menimbulkan penyakit atau cedera akibat kerja;
- b. menilai risiko kebisingan yang berakibat serius terhadap penyakit dan cedera akibat kerja;
- c. mengambil langkah-langkah yang sesuai untuk mengendalikan atau meminimalisasi risiko kebisingan.

Setelah rencana dibuat dengan seksama, langkah selanjutnya adalah melaksanakan langkah pengendalian kebisingan dengan dua arah pendekatan, yaitu pendekatan jangka pendek (*short-term gain*) dan pendekatan jangka panjang (*long-term gain*) dari hierarki pengendalian. Pada pengendalian kebisingan dengan orientasi jangka panjang, teknik pengendaliannya secara berurutan yaitu dengan eliminasi sumber kebisingan, pengendalian secara teknik,

pengendalian secara administratif dan terakhir penggunaan alat pelindung diri. Sedangkan untuk orientasi jangka pendek adalah sebaliknya secara berurutan.

- a. Eliminasi sumber kebisingan
 - 1) Pada teknik eliminasi ini dapat dilakukan dengan penggunaan tempat kerja baru sehingga biaya pengendalian dapat diminimalkan.
 - 2) Pada tahap tender mesin-mesin yang akan dipakai, harus mensyaratkan nilai maksimum intensitas kebisingan yang dikeluarkan dari mesin baru.
 - 3) Pada tahap pembuatan pabrik dan pemasangan mesin, konstruksi bangunan harus dapat meredam kebisingan serendah mungkin.
- b. Pengendalian kebisingan secara teknik
 - 1) Pengendalian kebisingan pada sumber suara. Penurunan kebisingan pada sumber suara dapat dilakukan dengan menutup mesin atau mengisolasi mesin sehingga terpisah dengan pekerja. Teknik ini dapat dilakukan dengan mendesain mesin memakai *remote control*. Selain itu, dapat dilakukan redesain landasan mesin dengan bahan antigetaran. Namun, teknik ini memerlukan biaya yang sangat besar sehingga dalam praktiknya sulit diimplementasikan.
 - 2) Pengendalian kebisingan pada bagian transmisi kebisingan. Apabila teknik pengendalian pada sumber suara sulit dilakukan, teknik berikutnya adalah dengan memberi pembatas atau sekat antara mesin dan pekerja. Cara lain adalah dengan menambah atau melapisi dinding, plafon dan lantai dengan bahan penyerap suara. Menurut Sanders & McCormick (1987), cara tersebut dapat mengurangi kebisingan antara 3-7 dB.

c. Pengendalian kebisingan secara administratif

Apabila teknik pengendalian secara teknik belum memungkinkan untuk dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah merencanakan teknik pengendalian secara administratif. Teknik pengendalian ini lebih difokuskan pada manajemen pemaparan. Langkah yang dapat ditempuh adalah dengan mengatur rotasi kerja antara tempat bising dengan tempat lebih nyaman didasarkan pada intensitas kebisingan yang diterima.

d. Pengendalian kebisingan pada penerima atau pekerja

Teknik ini merupakan langkah terakhir apabila seluruh teknik pengendalian di atas (eliminasi, pengendalian teknik, dan administratif) belum memungkinkan untuk dilaksanakan. Jenis pengendalian ini dapat dilakukan dengan pemakaian alat pelindung telinga (tutup atau sumbat telinga). Menurut Pulat (1992), pemakaian sumbat telinga dapat mengurangi kebisingan sebesar ± 30 dB. Sementara tutup telinga dapat mengurangi kebisingan sedikit lebih besar, yaitu antara 40–50 dB. Pengendalian kebisingan pada penerima ini telah banyak ditemukan di perusahaan-perusahaan, karena secara sekilas biayanya relatif lebih murah. Namun demikian, banyak ditemukan kendala dalam pemakaian tutup atau sumbat telinga, seperti tingkat kedisiplinan pekerja, mengurangi kenyamanan kerja, dan mengganggu pembicaraan.

4. Penerangan di Tempat Kerja

Penerangan yang baik adalah penerangan yang memungkinkan tenaga kerja dapat melihat objek-objek yang dikerjakan secara jelas, cepat dan tanpa upaya-upaya yang tidak perlu (Suma'mur, 1984). Penerangan yang cukup dan diatur secara baik juga akan membantu menciptakan lingkungan kerja yang nyaman dan menyenangkan sehingga dapat memelihara



kegairahan kerja. Telah kita ketahui hampir semua pelaksanaan pekerjaan melibatkan fungsi mata, di mana sering kita temui jenis pekerjaan yang memerlukan tingkat penerangan tertentu agar tenaga kerja dapat dengan jelas mengamati objek yang sedang dikerjakan. Intensitas penerangan yang sesuai dengan jenis pekerjaannya jelas akan dapat meningkatkan produktivitas kerja. Sanders & McCormick (1987) menyimpulkan dari hasil penelitian pada 15 perusahaan, yang mana seluruh perusahaan yang diteliti menunjukkan kenaikan hasil kerja antara 4–35%. Selanjutnya, Armstrong (1992) menyatakan bahwa intensitas penerangan yang kurang dapat menyebabkan gangguan visibilitas dan *eyestrain*. Sebaliknya, intensitas penerangan yang berlebihan juga dapat menyebabkan *glare, reflections, excessive shadows, visibility & eyestrain*.

Tenaga kerja di samping harus dengan jelas dapat melihat objek-objek yang sedang dikerjakan juga harus dapat melihat dengan jelas pula benda/alat dan tempat di sekitarnya yang mungkin mengakibatkan kecelakaan. Maka penerangan secara umum harus memadai. Dalam suatu pabrik yang banyak terdapat mesin-mesin dan proses pekerjaan yang berbahaya, penerangan harus didesain sedemikian rupa sehingga dapat mengurangi kecelakaan kerja. Pekerjaan yang berbahaya harus dapat diamati dengan jelas dan cepat, karena banyak kecelakaan terjadi akibat penerangan yang kurang memadai.

a. Pengaruh penerangan di tempat kerja

Secara umum jenis penerangan atau pencahayaan dibedakan menjadi dua, yaitu penerangan buatan (penerangan artifisial) dan penerangan alamiah (dari sinar matahari). Untuk mengurangi pemborosan energi disarankan menggunakan penerangan alamiah, akan tetapi setiap tempat kerja harus pula disediakan penerangan buatan yang memadai. Hal ini

untuk menanggulangi saat keadaan mendung atau kerja di malam hari. Perlu diingat bahwa penggunaan penerangan buatan harus selalu dilakukan perawatan yang baik karena lampu yang kotor akan menurunkan intensitas penerangan sampai dengan 30%. Tingkat penerangan pada tiap-tiap pekerjaan berbeda tergantung sifat dan jenis pekerjaannya. Sebagai contoh, gudang memerlukan intensitas penerangan yang lebih rendah dari tempat kerja administrasi yang memerlukan ketelitian lebih tinggi. Menurut Grandjean (1993), penerangan yang tidak didesain dengan baik akan menimbulkan gangguan atau kelelahan penglihatan selama bekerja. Pengaruh dari penerangan yang kurang memenuhi syarat akan mengakibatkan:

- 1) kelelahan mata sehingga berkurangnya daya dan efisiensi kerja;
- 2) kelelahan mental;
- 3) keluhan pegal di daerah mata dan sakit kepala di sekitar mata;
- 4) kerusakan indra mata.

Pengaruh kelelahan pada mata tersebut akan bermuara kepada penurunan performansi kerja, termasuk:

- 1) kehilangan produktivitas;
- 2) kualitas kerja rendah;
- 3) banyak terjadi kesalahan;
- 4) kecelakaan kerja meningkat.

b. Sistem Pendekatan Aplikasi Penerangan di Tempat Kerja
Secara umum terdapat pendekatan dalam mempertimbangkan aplikasi penerangan di tempat kerja.

- 1) Desain tempat kerja untuk menghindari problem penerangan. Kebutuhan intensitas penerangan bagi pekerja harus selalu dipertimbangkan pada waktu



mendesain bangunan, pemasangan mesin-mesin, alat dan sarana kerja. Desain instalasi penerangan harus mampu mengontrol cahaya yang silau, pantulan dan bayang-bayang serta untuk tujuan kesehatan dan keselamatan kerja.

- 2) Identifikasi dan penilaian problem serta kesulitan penerangan. Agar masalah penerangan yang muncul dapat ditangani dengan baik, faktor-faktor yang harus diperhitungkan adalah sumber penerangan, pekerja dalam melakukan pekerjaannya, jenis pekerjaan yang dilakukan dan lingkungan kerja secara keseluruhan.

F. Kualitas Udara di Ruang Kerja

Kualitas udara dalam ruangan adalah udara di dalam suatu bangunan yang dihuni atau ditempati untuk suatu periode sekurang-kurangnya 1 jam oleh orang dengan berbagai status kesehatan. Pada suatu ruangan kerja yang ditempati oleh banyak orang dengan berbagai kondisi kesehatan, maka kemungkinan untuk dapat terpapar oleh risiko infeksi melalui kontak dengan orang lain sangat besar. Risiko timbulnya gangguan kesehatan akan meningkat pada ruang kerja yang terlalu padat dan sistem AC kurang terawat dengan sirkulasi udara kurang memadai. Risiko tersebut kemungkinan dapat lebih diperparah oleh kondisi:

- asap rokok dalam ruangan;
- bahan-bahan bangunan, furnitur, dan peralatan-peralatan modern;
- produk-produk pembersih ruangan;
- bahan-bahan pencemar udara dari luar ruangan.

Mengingat kualitas udara yang memenuhi syarat kesehatan dan keselamatan sangat diperlukan oleh semua penghuni ruangan (karyawan) maka harus selalu dijaga dan diupayakan tetap dalam

kisaran yang nyaman untuk bekerja. Menurut National Health and Medicinal Research Council (NHMRC, 1985), yang dimaksud dengan kuliatas dalam ruang kerja adalah udara di dalam suatu bangunan yang dihuni ataupun ditempati untuk suatu periode sekurang-kurangnya 1 jam oleh orang dengan berbagai status kesehatan.



Gambar 18. Ilustrasi Bahaya Kualitas Udara.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh negara-negara maju menunjukkan bahwa kualitas udara yang rendah dalam suatu ruangan akan mengakibatkan biaya tinggi. Biaya-biaya tersebut meliputi biaya pengobatan langsung, menurunnya produktivitas, dan terjadi kerusakan pada material dan peralatan kerja. Berdasarkan laporan dari Lieckfield & Farrar (1991) dikutip dari WHO (1983), kualitas udara yang rendah dalam suatu bangunan berhubungan erat terhadap terjadinya problem *Sick Building Syndrome* (SBS) dan *Building Related Illness* (BRI). SBS yang didefinisikan oleh WHO, yaitu suatu gejala nonspesifik yang ditandai dengan frekuensi tinggi dari gejala iritasi pada mata, hidung, tenggorokan, dan saluran napas bagian bawah,

reaksi kulit, kepenatan, pusing, atau sakit kepala di antara orang yang tinggal dalam suatu bangunan tertentu. Sementara itu, BRI merupakan problem gangguan kesehatan dan dapat dikenali sebagai suatu penyakit yang agak spesifik, diduga berhubungan dengan pemaparan udara dalam ruangan, seperti penyakit legionnaire, asma, dermatitis, dan lain sebagainya. Berikut faktor-faktor yang memengaruhi tingkat kualitas udara dalam suatu ruangan kerja yang dapat menyebabkan problem SBS dan BRI.

Faktor kontaminan udara dalam ruangan, meliputi:

- kontaminan biologis;
- formaldehid;
- bahan-bahan yang mudah menguap (VOC's);
- sisa hasil pernapasan;
- sisa hasil pembakaran;
- partikel-partikel dalam udara.

Faktor fisik, meliputi:

- suhu udara;
- kelembaban.
- Kecepatan gerakan udara untuk sirkulasi
- Sistem ventilasi udara yang digunakan.

1. Kontaminan Udara di Bengkel Las Robot

Biasanya dalam suatu observasi dan investigasi lapangan, kita sering terpaku hanya kepada pemaparan bahan kimia tertentu yang kadarnya cukup tinggi, dapat menyebabkan keracunan, menimbulkan penyakit parah atau kematian. Sementara itu, pemaparan terhadap kadar kontaminan yang rendah di mana dapat menyebabkan gangguan kesehatan meskipun tidak berat masih sering diabaikan. Padahal apabila telah terjadi akumulasi dari bahan-bahan pencemar meskipun kadarnya rendah, akan dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang bersifat kronis. Di bawah ini akan dibahas beberapa jenis kontaminan atau



bahan pencemar yang sering dapat menurunkan kualitas udara di bengkel las lengan robot.

a. Karbon Dioksida (CO_2)

Karbon dioksida merupakan sisa hasil pembakaran dari sistem pernapasan. CO_2 jarang dipertimbangkan sebagai suatu bahan pencemar, padahal secara umum dapat memengaruhi kenyamanan penghuninya. Kadar CO_2 sangat dipengaruhi oleh jumlah pekerja yang ada pada bengkel las lengan robot dan ventilasi atau sirkulasi udara yang ada di bengkel. Kadar CO_2 merupakan indikator yang bagus untuk mengetahui efektif tidaknya sistem ventilasi dalam ruangan yang bersangkutan. Kadar CO_2 dalam suatu ruangan harus diusahakan < 1.000 ppm. Apabila kadar CO_2 melebihi batas tersebut maka memberikan indikasi bahwa jumlah udara segar yang dialirkan melalui sistem ventilasi tidak mencukupi. ASHRAE Standard 62-1989 merekomendasikan untuk ruang kerja perkantoran harus mempunyai rata-rata aliran udara masuk sekurang-kurangnya 10 L/det/orang untuk mempertahankan kadar CO_2 di bawah 1.000 ppm. Dari hasil penelitian Tarwaka & Bakri (2001) dilaporkan bahwa suatu ruangan dengan konsentrasi karbon dioksida di atas 1.000 ppm menyebabkan gangguan kesehatan dan kenyamanan penghuninya.

b. Produk Hasil Pembakaran

Menurut Hau (1997), produk sisa hasil pembakaran meliputi karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO & NO_2), dan mungkin hidrokarbon (HC). Gas-gas tersebut dapat bersumber dari dalam bangunan seperti pembakaran akibat proses pengelasan dan merokok dalam ruang kerja. Timbal (Pb) merupakan bahan pencemar potensial yang sering ditemukan dalam kadar cukup tinggi di ruangan kerja



dekat dengan parkir. Sumber-sumber bahan pencemaran yang berasal dari luar bangunan biasanya dibawa masuk ke dalam ruangan melalui aliran udara ventilasi. CO yang terikat dalam darah terutama hemoglobin akan menghambat fungsi oksigen dalam sirkulasi. Pada konsentrasi tinggi, CO dapat menyebabkan kematian, sedangkan NO dapat menyebabkan iritasi pada mata dan saluran pernapasan. NH&MRC (1985) menetapkan rerata kadar dalam setahun adalah $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sementara SAA (1980) menetapkan rerata kadar dalam setahun adalah $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan kadar maksimum 24 jam adalah $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

c. Konsentrasi Oksigen (O_2)

Oksigen merupakan komponen udara yang dapat memengaruhi tingkat kualitas udara dalam ruangan. Bengkel yang menggunakan sarana pengatur suhu ruangan (AC) dengan sistem sirkulasi udara mempunyai kelemahan, yaitu semakin lama proses mengalirkan udara akan semakin berkurang pula konsentrasi oksigennya. Hal tersebut karena oksigen selalu dibutuhkan untuk proses pernapasan manusia. Pada kondisi normal udara mengandung oksigen sekitar 20,9%. Standard minimum yang ditetapkan oleh NIOSH (1984) untuk ruang tertutup dan ber-AC adalah 19,5%. Apabila konsentrasi O_2 di suatu ruangan berada pada konsentrasi di bawah kadar tersebut dapat mengakibatkan gangguan kesehatan berupa pusing, mudah mengantuk, pernapasan menjadi sesak, dan lain sebagainya (Tarwaka & Bakri, 2001).

d. Partikel-Partikel dalam Udara Ruang Kerja

Partikel-partikel yang biasanya terdapat dalam ruangan udara meliputi partikel hasil pembakaran dari proses pengelasan dan merokok, debu dari pakaian, serbuk pemotongan material, serat pengelasan, serat *fiberglass* yang

terdapat dalam saluran sirkulasi udara. Secara umum kadar partikel yang berlebihan dapat menyebabkan reaksi alergi seperti mata kering, problem kontak lensa mata, iritasi hidung, tenggorokan dan kulit, batuk-batuk, dan sesak napas. Pada bengkel las legan robot, rerata partikel debu pada ruangan *non-smoking* area adalah $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan pada *smoking area* berkisar antara $30\text{-}100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Morey et al., 1991). Standar maksimum partikel debu untuk ruang kerja perkantoran ternyata beragam. WHO (1976) menetapkan rerata kadar debu dalam setahun adalah $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan kadar maksimum 24 jam.

2. Cuaca Kerja

Cuaca kerja merupakan kombinasi dari komponen suhu udara, kecepatan gerakan udara, dan kelembaban udara. Komponen-komponen tersebut dapat memengaruhi persepsi kualitas udara dalam ruangan kerja, sehingga harus selalu dijaga agar berada pada kisaran yang dapat diterima untuk kenyamanan penghuninya. Komplain tentang ketidaknyamanan suhu udara dalam ruang kerja sering terjadi pada penghuni gedung-gedung perkantoran. Masalah kualitas udara dalam ruangan tersebut biasanya disebabkan kelembaban dan gerakan udara di luar batas yang dianjurkan. Didasarkan pada rekomendasi NIOSH (1984) tentang kriteria untuk suhu nyaman, suhu udara dalam ruang yang dapat diterima adalah berkisar antara $20\text{-}24^\circ\text{C}$ untuk musim dingin dan $23\text{-}26^\circ\text{C}$ untuk musim panas pada kelembaban $35\text{-}65\%$. Rata-rata gerakan udara untuk ruang yang ditempati tidak melebihi $0,15 \text{ m/det}$ untuk musim dingin dan $0,25 \text{ m/det}$ untuk musim panas. Kecepatan udara di bawah $0,07 \text{ m/det}$ akan memberikan rasa yang tidak enak di badan dan rasa tidak nyaman. WHO (1976) memberikan rekomendasi tentang kecepatan gerakan udara dan kelembaban yang harus disesuaikan



dengan kondisi suhu udara setempat untuk mendapatkan udara yang nyaman.

Sebagai bahan pertimbangan, Indonesia merupakan daerah tropis mempunyai suhu udara lebih panas dengan kelembaban yang jauh lebih tinggi, maka rekomendasi dari NIOSH (1984) tersebut perlu dikoreksi apabila diterapkan di daerah tropis. Berdasarkan penelitian, untuk ruang ber-AC dianjurkan mengatur suhu antara 24–26°C sebagai suhu yang nyaman atau perbedaan antara suhu di dalam dan di luar ruangan tidak lebih dari 5°C (Pusperkes, 1995). Salah satu upaya untuk mendapatkan ruangan dengan udara yang nyaman adalah dengan memasang AC pada ruang kerja. Pemasangan AC biasanya dapat dilakukan baik secara sentral maupun secara split (AC biasa). Pada dasarnya kedua jenis AC tersebut mempunyai prinsip pengaliran udara yang agak berbeda. Pada AC split, udara dari luar gedung dihisap dan didinginkan dalam suatu *phase* kemudian dihembuskan ke dalam ruangan, selanjutnya udara dikeluarkan melalui lubang-lubang yang dibuka dan ditutup. Sementara pada AC sentral, udara didinginkan dan kemudian dihembuskan ke dalam ruangan yang selanjutnya udara di dalam ruangan yang masih agak dingin dihisap lagi untuk didinginkan kembali dan kemudian dihembuskan ke dalam ruangan lagi, demikian seterusnya. Pada AC sentral ada kemungkinan udara yang dialirkan terkontaminasi dengan bahan-bahan pencemar yang berasal dalam ruangan itu sendiri, seperti gas CO₂ sebagai sisa pernapasan, gas CO terutama dari asap rokok, O₃ dari peralatan kerja. Meskipun bahan pencemar tersebut kadarnya relatif kecil, karena terakumulasi dalam waktu yang lama dimungkinkan dapat mengakibatkan gangguan kesehatan penghuninya. Dari uraian tersebut, secara ringkas dapat digambarkan tentang faktor-faktor yang biasanya dapat memengaruhi atau menyebabkan rendahnya kualitas udara dalam ruangan kerja seperti pada tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Kualitas Udara.

No	Komponen	Contoh Kondisi yang Dapat Memengaruhi Kualitas Udara
1	Sirkulasi Udara	
	<ul style="list-style-type: none"> • Desain <i>Ducting</i> • Kapasitas pendingin tidak cukup • Tahap operasional 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak dihidupkan sebelum karyawan masuk. • Pemeliharaan berskala tidak berjalan dengan baik. • Filter udara masuk tidak diganti.
2	Material Bangunan dan Peralatan bengkel las	
	<ul style="list-style-type: none"> • Material bangunan • Material bahan yang digunakan • Proses pengelasan • Kebersihan serbuk sisa pengelasan • Proses pemotongan 	<ul style="list-style-type: none"> • Cat, fabrik, <i>furnishing</i> dapat melepas gas pencemar. • Bahan-bahan produk pengelasan. • Serbuk dan panas akibat pengelasan. • Proses pemotongan yang menggunakan mesin potong akan menciptakan mikro partikel yang menyatu dengan udara.
3	Aktivitas Pekerjaan	
	<ul style="list-style-type: none"> • Pemeliharaan ruangan kerja 	<ul style="list-style-type: none"> • Kebersihan ruangan setelah proses pengerjaan, agar partikel dan serbuk sisa pengelasan dan pemotongan tidak bertahan lama di udara ruang bengkel.



No	Komponen	Contoh Kondisi yang Dapat Memengaruhi Kualitas Udara
4	Manusia <ul style="list-style-type: none"> • Merokok • Bau badan dan parfum • Kebersihan APD 	<ul style="list-style-type: none"> • Para pekerja yang lalai dengan aturan dan SOP yang sudah ditetapkan, merokok di dalam ruang bengkel akan menambah kadar udara buruk di dalam bengkel. • Bau badan dan parfum berlebih akan menimbulkan bau tidak enak yang mengganggu konsentrasi pekerja lainnya. • Kebersihan APD harus diperhatikan, agar APD berfungsi dengan baik. Masker yang tidak pernah dibersihkan akan menimbulkan penyakit akibat pencemaran udara di bagian saringan masker.
5	Udara Luar Ruang <ul style="list-style-type: none"> • Polutan ambien • Desain jarak area parkir ke bangunan bengkel • Konstruksi bangunan 	<ul style="list-style-type: none"> • Sulfur dioksida, nitrogen dioksida, dan lain sebagainya. • Asap kendaraan para pekerja setiap pagi dan sore harus diberi jarak dengan ruangan bengkel agar udara pembakaran kendaraan tidak langsung masuk ke ruangan bengkel. • Desain dan tata letak bangunan.

3. Menghitung Kualitas Udara di Bengkel Las Robot

Kualitas udara dalam sebuah ruangan kerja dapat dihitung dan dikontrol dengan banyak cara. Dalam penerapan kualitas udara yang baik di bengkel las lengan robot, banyak faktor yang perlu diperhatikan, diantaranya memperhatikan banyaknya ventilasi, jendela, dan instalasi *ducting* pada bengkel las lengan robot. Semakin banyak ventilasi dan jendela atau instalasi *ducting*, pertukaran udara kotor menjadi oksigen akan semakin meningkat.

Mengapa bengkel las lengan robot membutuhkan sirkulasi udara yang sangat baik? Hal ini dikarenakan banyak proses pengerjaan yang menghasilkan zat kimia yang berasal dari proses pengelasan, pengecatan, dan pemotongan material.

a. Alat Menghitung Kualitas Udara Bengkel

Alat ukur *air quality meter* AQ-9901SD mampu mendeteksi udara yang dipengaruhi oleh gas (termasuk karbon monoksida, radon, senyawa organik



yang mudah menguap), partikulat, kontaminan mikroba (jamur, bakteri) atau massa atau energi *stressor* yang dapat menimbulkan kondisi yang merugikan kesehatan. Sumber kontrol, filtrasi, dan penggunaan ventilasi untuk mencairkan kontaminan adalah metode utama untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruangan di sebagian besar bangunan sehingga dapat tercipta udara yang bersih dan sehat. Penempatan alat ini diletakkan pada ruang bengkel dan ventilasi udara. Alat ini akan membantu kita untuk mengontrol kualitas udara di ruang kerja berdasarkan spesifikasi pada pembahasan sebelumnya. *Air quality meter* adalah salah satu alat uji untuk mengukur kualitas udara agar mendapatkan data-data batas dari kualitas udara dalam ruangan maupun di luar ruangan. Diperlukan alat ukur portabel yang cepat dan akurat, yaitu menggunakan Lutron AQ-9901SD. *Air quality meter* selain digunakan oleh industri-industri juga dapat digunakan oleh kalangan umum, terutama yang berkaitan dengan kesehatan dan kenyamanan penghuni bangunan.



b. Menerapkan Instalasi *Ducting*

Instalasi *ducting* pada bengkel adalah hal yang paling utama dalam menjaga kualitas udara di dalam bengkel las lengan robot. Saat ini *ducting* dengan kontrol otomatis sudah banyak beredar yang membantu dalam mengontrol udara di dalam bengkel las lengan robot.

G. Beban Kerja

Tubuh manusia dirancang untuk dapat melakukan aktivitas pekerjaan sehari-hari. Adanya massa otot yang bobotnya hampir lebih dari separuh berat tubuh, memungkinkan kita untuk dapat menggerakkan tubuh dan melakukan pekerjaan. Pekerjaan di satu pihak mempunyai arti penting bagi kemajuan dan peningkatan prestasi, sehingga mencapai kehidupan yang produktif sebagai salah satu tujuan hidup. Dengan bekerja, berarti tubuh akan menerima beban dari luar tubuhnya. Dengan kata lain, setiap pekerjaan merupakan beban bagi yang bersangkutan. Beban tersebut dapat berupa beban fisik maupun beban mental. Dari sudut pandang ergonomi, setiap beban kerja yang diterima oleh seseorang harus sesuai atau seimbang baik terhadap kemampuan fisik, kemampuan kognitif maupun keterbatasan manusia yang menerima beban tersebut. Menurut Suma'mur (1984), kemampuan kerja seorang tenaga kerja berbeda dari satu dengan yang lainnya dan sangat tergantung tingkat keterampilan, kesegaran jasmani, keadaan gizi, jenis kelamin, usia, dan ukuran tubuh dari pekerja yang bersangkutan.

1. Pengertian Beban Kerja

Menurut Permendagri No. 12/2008, beban kerja adalah besaran pekerjaan yang harus dipikul oleh suatu jabatan/unit organisasi dan merupakan hasil kali antara volume kerja dan norma waktu (Utomo, 2008). Pengertian beban kerja adalah sekumpulan atau sejumlah kegiatan yang harus diselesaikan oleh



suatu unit organisasi atau pemegang jabatan dalam jangka waktu tertentu. Pengukuran beban kerja diartikan sebagai suatu teknik untuk mendapatkan informasi tentang efisiensi dan efektivitas kerja suatu unit organisasi, atau pemegang jabatan yang dilakukan secara sistematis dengan menggunakan teknik analisis jabatan, teknik analisis beban kerja, atau teknik manajemen lainnya. Lebih lanjut, dikemukakan pula bahwa pengukuran beban kerja merupakan salah satu teknik manajemen untuk mendapatkan informasi jabatan, melalui proses penelitian dan pengkajian yang dilakukan secara analisis. Informasi jabatan tersebut dimaksudkan agar dapat digunakan sebagai dasar untuk menyempurnakan aparatur baik di bidang kelembagaan, ketatalaksanaan, dan sumber daya manusia (Menpan, 1997, dalam Utomo, 2008).

2. Faktor Beban Kerja

Berikut ini faktor-faktor yang memengaruhi beban kerja menurut Tarwaka (2004: 95).

a. Faktor Eksternal

Faktor eksternal adalah faktor yang berasal dari luar tubuh pekerja. Faktor pertama yaitu beban kerja eksternal, atau sering disebut sebagai *stressor*. Yang termasuk beban kerja eksternal adalah tugas-tugas (*tasks*). Tugas ada yang bersifat fisik, seperti tata ruang kerja, stasiun kerja, alat dan sarana kerja, kondisi kerja, sikap kerja, dan alat bantu kerja. Kemudian terdapat tugas yang bersifat mental, seperti kompleksitas pekerjaan dan tanggung jawab terhadap pekerjaan. Faktor kedua yaitu organisasi kerja. Organisasi kerja yang memengaruhi beban kerja, misalnya lamanya waktu kerja, waktu istirahat, kerja bergilir, sistem pengupahan, kerja malam, tugas, dan wewenang. Faktor ketiga adalah lingkungan kerja. Lingkungan kerja yang dapat memengaruhi beban kerja adalah yang termasuk



dalam beban tambahan akibat lingkungan kerja. Misalnya saja lingkungan kerja fisik (penerangan, kebisingan, getaran mekanis), lingkungan kerja kimiawi (debu, gas pencemar udara), lingkungan kerja biologis (bakteri, virus dan parasit) dan lingkungan kerja psikologis (penempatan tenaga kerja).

b. Faktor Internal

Faktor internal beban kerja adalah faktor yang berasal dari dalam tubuh itu sendiri sebagai akibat adanya reaksi dari beban kerja eksternal. Reaksi tersebut dikenal dengan *strain*. Secara ringkas faktor internal meliputi faktor somatis yang terdiri dari jenis kelamin, umur, ukuran tubuh, kondisi kesehatan, dan status gizi. Kedua, yaitu faktor psikis, yang terdiri dari motivasi, persepsi, kepercayaan, keinginan, kepuasan, dan lain sebagainya.

3. Beban Kerja Fisik

Secara garis besar, kegiatan manusia dapat digolongkan dalam dua komponen utama, yaitu kerja fisik (menggunakan otot sebagai kegiatan sentral) dan kerja mental (menggunakan otak sebagai pencetus utama). Kedua kegiatan ini tidak dapat dipisahkan secara sempurna mengingat terdapat hubungan yang erat antara satu dengan yang lainnya. Namun, jika dilihat dari energi yang dikeluarkan, maka kerja mental murni relatif lebih sedikit mengeluarkan energi dibandingkan dengan kerja fisik.

Beban Kerja Fisik adalah pekerjaan yang dilakukan dengan mengandalkan kegiatan fisik semata akan mengakibatkan perubahan pada fungsi alat-alat tubuh yang dapat dideteksi melalui perubahan:

- a. konsumsi oksigen;
- b. denyut jantung;
- c. peredaran darah dalam paru-paru;
- d. temperatur tubuh;



- e. konsentrasi asam laktat dalam darah;
- f. komposisi kimia dalam darah dan air seni;
- g. tingkat penguapan, dan faktor lainnya.

Kerja fisik akan mengakibatkan pengeluaran energi yang berhubungan dengan konsumsi energi. Konsumsi energi pada saat kerja biasanya ditentukan dengan cara tidak langsung, yaitu dengan pengukuran kecepatan denyut jantung atau konsumsi oksigen.

Pengukuran beban kerja fisik merupakan pengukuran beban kerja yang dilakukan secara objektif di mana sumber data yang diolah merupakan data-data kuantitatif, misalnya berikut ini.

- a. Denyut Jantung atau Denyut Nadi

Denyut jantung atau denyut nadi digunakan untuk mengukur beban kerja dinamis seseorang sebagai manifestasi dari gerakan otot. Semakin besar aktivitas otot maka akan semakin besar fluktuasi dari gerakan denyut jantung yang ada, demikian pula sebaliknya. Menurut Grandjean (1998) dan Suyasning (1981), beban kerja dapat diukur dengan denyut nadi kerja. Selain itu, denyut nadi juga dapat digunakan untuk memperkirakan kondisi fisik atau derajat kesegaran jasmani seseorang. Denyut jantung (yang diukur per menit) dapat digunakan untuk mengukur tingkat kelelahan seseorang. Cara lain yang dapat dilakukan untuk merekam denyut jantung seseorang pada saat kerja yakni dengan menggunakan *electromyography* (EMG).

- b. Beban Kerja Fisik Berdasarkan Jumlah Kebutuhan Kalori

Beban kerja merupakan beban yang dialami oleh tenaga kerja sebagai akibat pekerjaan yang dilakukannya. Beban kerja sangatlah berpengaruh terhadap produktivitas dan efisiensi tenaga kerja, beban kerja juga merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi tingkat keselamatan dan



kesehatan para pekerja. Dalam ergonomi atau higiene industri diatur suatu metode pengaturan menu makanan untuk para pekerja agar memenuhi gizi dan kebutuhan kalori mereka sesuai dengan beban kerja fisik yang dilakukan.

Beban kerja fisik selalu berkaitan dengan pergerakan otot. Salah satu kebutuhan umum dalam pergerakan otot adalah oksigen yang dibawa oleh darah ke otot untuk pembakaran zat dalam menghasilkan energi. Satuan energi adalah kalori, sedangkan menghitung kalori adalah menghitung asupan energi. Energi diperoleh dari makanan yang mengandung karbohidrat, lemak, dan protein. Dalam penerapannya untuk mengetahui kategori beban kerja karyawan tentu diperlukan waktu untuk melakukan penelitian dan studi di lapangan. Sebelum melakukan perhitungan beban kerja sebaiknya mengetahui istilah-istilah berikut ini.

Metabolisme Basal (MB), yaitu energi minimal yang dibutuhkan tubuh untuk mempertahankan proses-proses hidup yang dasar, dalam satuan kalori per satuan waktu.

- 1) MB laki-laki = Berat badan (kg) X 1 Kkal/jam
- 2) MB perempuan = Berat badan (kg) X 0,9 Kkal/jam
- 3) Kerja ringan: Pekerjaan yang membutuhkan kalori untuk pengeluaran energi sebesar 100 Kkal/jam sampai 200 Kkal/jam
- 4) Kerja sedang: Pekerjaan yang membutuhkan kalori untuk pengeluaran energi lebih besar dari 200 Kkal/jam sampai 350 Kkal/jam
- 5) Kerja berat: Pekerjaan yang membutuhkan kalori untuk pengeluaran energi lebih besar dari 350 Kkal/jam sampai 500 Kkal/jam

Ket: 3 poin terakhir berdasarkan Menteri Tenaga Kerja melalui Kep. No. 51 Tahun 1999 mengenai kategori beban kerja menurut kebutuhan kalori.

Kebutuhan kalori dalam sehari ditentukan oleh jenis pekerjaan, jenis kelamin, usia, dan aktivitas fisik. Pekerja kantor membutuhkan sekitar 2.500 kalori sehari. Atlet mungkin lebih dari 3.500 kalori. Pasien kencing manis di bawah 2.000 kalori, tergantung berat badan idealnya. Menurut Grandjean (1993), kebutuhan kalori seorang pekerja selama 24 jam ditentukan oleh tiga hal berikut.

- 1) Kebutuhan kalori untuk metabolisme basal. Keterangan kebutuhan seorang laki-laki dewasa memerlukan kalori untuk metabolisme basal ± 100 kilo joule (23,87 kilo kalori) per 24 jam per kg BB. Sementara wanita dewasa memerlukan kalori untuk metabolisme basal ± 98 kilo joule (23,39 kilo kalori) per 24 jam per kg BB.
- 2) Kebutuhan kalori untuk kerja. Kebutuhan kalori untuk kerja sangat ditentukan oleh jenis aktivitas kerja yang dilakukan atau berat ringannya pekerjaan.
- 3) Kebutuhan kalori untuk aktivitas-aktivitas lain di luar jam kerja. Rata-rata kebutuhan kalori untuk aktivitas di luar kerja adalah ± 400 kilo joule (573 kilo kalori) untuk laki-laki dewasa dan sebesar 2000–2400 kilo joule (425–477 kilo kalori) per hari untuk wanita dewasa.

Kegiatan penelitian dan penilaian beban kerja diawali dengan pengukuran berat badan pekerja (bisa diambil sampel atau rata-rata BB pekerja), pengamatan terhadap segala aktivitas pekerja dan perhitungan kebutuhan kalori pekerja. Tentunya kegiatan ini juga membutuhkan peralatan, yaitu timbangan dan *stopwatch*. Apabila mengalami kesulitan dalam melakukan pengamatan langsung, bisa memanfaatkan *handycam* atau rekaman CCTV untuk merekam semua kegiatan kerja karyawan. Prosedur pengamatannya adalah

seperti berikut.

- 1) Amati setiap aktivitas tenaga kerja (kategorikan jenis pekerjaan dan posisi badan) sekurang-kurangnya 4 jam kerja dalam 1 hari kerja dan diambil rerata setiap jam.
- 2) Hitung dan catat waktu aktivitas kerja menggunakan *stopwatch*. Beban kerja setiap aktivitas tenaga kerja dinilai menggunakan tabel perkiraan beban kerja menurut kebutuhan energi. Hitung beban kerja berdasarkan kebutuhan kalori karyawan. Tabel perkiraan beban kerja menurut kebutuhan energi menggunakan SNI 7269: 2009. Rata-rata beban kerja dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini.

Dimana total beban kerja dapat dihitung menggunakan:

Keterangan:

BK = Beban kerja per jam

BK1, BK2,... BK_n = beban kerja sesuai aktivitas kerja 1,2,..n dalam satuan menit

T = waktu dalam satuan menit

T1, T2, ... T_n = waktu sesuai dengan aktivitas kerja 1,2,..n dalam satuan menit

MB = Metabolisme basal

c. Konsumsi oksigen

Konsumsi oksigen oleh seseorang tentunya akan dipengaruhi oleh intensitas pekerjaan yang dilakukan. Secara khusus, konsumsi oksigen dapat dibandingkan dengan kapasitas kerja fisik (*physical work capacity* - PWC). PWC menggambarkan jumlah oksigen maksimum yang dapat dikonsumsi oleh seseorang pada setiap menitnya. Menurut Astrand dan Rodahl (1986), tingginya persentase PWC pada suatu pekerjaan tertentu akan mengindikasikan beban fisik atau kelelahan yang dialami.



4. Beban Kerja Mental

Menurut Henry R. Jex, 1998, dalam bukunya "*Human Mental Workload*", beban kerja mental adalah: "Beban kerja yang merupakan selisih antara tuntutan beban kerja dari suatu tugas dengan kapasitas maksimum beban mental seseorang dalam kondisi termotivasi." Beban kerja mental yang berlebihan akan mengakibatkan adanya stres kerja. Menurut Lazarus (dalam Fraser, 1992), stres kerja adalah kejadian-kejadian di sekitar kerja yang merupakan bahaya atau ancaman seperti rasa takut, cemas, rasa bersalah, marah sedih, putus asa, bosan, dan timbulnya stres kerja disebabkan beban kerja yang diterima melampaui batas-batas kemampuan pekerja yang berlangsung dalam waktu yang relatif lama pada situasi dan kondisi tertentu.

Stoner (1986) mengatakan bahwa pekerjaan yang berbeda bagi setiap pekerja akan menimbulkan tingkat stres kerja yang berbeda pula. Stres kerja berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap aspek-aspek pekerjaan terutama terhadap motif berprestasi yang kelak akan berhubungan dengan proses kerja.

Ada beberapa gejala yang merupakan dampak dari kelebihan beban mental berlebih, seperti yang diterangkan oleh Hancock dan Meshkati (1988) di bawah ini.

a. Gejala fisik

Sakit kepala, sakit perut, mudah terkejut, gangguan pola tidur lesu, kaku leher belakang sampai punggung, nafsu makan menurun, dan lain-lain.

b. Gejala mental

Mudah lupa, sulit konsentrasi, cemas, was-was, mudah marah, mudah tersinggung, gelisah, dan putus asa.

c. Gejala sosial atau perilaku

Banyak merokok, minum alkohol, menarik diri, dan menghindar.

d. Pengendalian Beban Kerja Mental Berlebihan

Cara mencegah dan mengendalikan stres kerja menurut Sauter (1990) dalam Prihatini (2007) adalah sebagai berikut.

- 1) Beban kerja mental harus disesuaikan dengan kemampuan dan kapasitas kerja pekerja yang bersangkutan dengan menghindari adanya beban berlebih maupun beban kerja terlalu ringan.
- 2) Jam kerja harus disesuaikan baik terhadap tuntutan tugas maupun tanggung jawab di luar pekerjaan.
- 3) Setiap pekerja harus diberikan kesempatan untuk mengembangkan karier, mendapatkan promosi, dan pengembangan keahlian.
- 4) Membentuk lingkungan sosial yang sehat, yaitu antara pekerja satu dengan lainnya.
- 5) Tugas-tugas harus harus didesain untuk dapat menyediakan stimulasi dan kesempatan agar pekerja dapat menggunakan keterampilannya.

- 1) Pengukuran Beban Kerja Mental
 - a) Metode Pengukuran Objektif

Berdasarkan Widyanti dkk. (2010), beban kerja mental dapat diukur dengan pendekatan fisiologis (karena terkuantifikasi dengan kriteria objektif, maka disebut metode objektif). Kelelahan mental pada seorang pekerja terjadi akibat adanya reaksi fungsional dari tubuh dan pusat kesadaran. Pendekatan yang bisa dilakukan antara lain sebagai berikut.

- (1) Pengukuran selang waktu kedipan mata (*eye blink rate*). Durasi kedipan mata dapat menunjukkan tingkat beban kerja yang dialami oleh seseorang. Orang yang

mengalami kerja berat dan lelah biasanya durasi kedipan matanya akan lama, sedangkan untuk orang yang bekerja ringan (tidak terbebani mental maupun psikisnya), durasi kedipan matanya relatif cepat.

- (2) *Flicker test*, yaitu alat yang dapat menunjukkan perbedaan performansi mata manusia melalui perbedaan nilai *flicker* dari tiap individu. Perbedaan nilai *flicker* ini umumnya sangat dipengaruhi oleh berat/ringannya pekerjaan, khususnya yang berhubungan dengan kerja mata.
- (3) Pengukuran kadar asam saliva. Memasang alat khusus untuk mengetahui beban kerja pekerja yang melibatkan mulut, terutama dihasilkan oleh tiga pasang kelenjar liur utama yang terletak di luar rongga mulut.

b) Metode Pengukuran Subjektif

Metode pengukuran beban kerja secara subjektif menurut Widyanti dkk. (2010) merupakan pengukuran beban kerja mental berdasarkan persepsi subjektif responden/pekerja. Beberapa jenis metode pengukuran subjektif yaitu:

- (1) *National Aeronautics and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX)*;
- (2) *Subjective Workload Assessment Technique (SWAT)*;
- (3) *Modified Cooper Harper Scaling*;
- (4) *Multidescriptor Scale*;
- (5) *Rating Scale Mental Effort (RSME)*.



Tahapan pengukuran beban kerja mental secara subjektif:

- (1) menentukan faktor-faktor beban kerja mental pekerjaan yang diamati.
- (2) menentukan range dan nilai interval.
- (3) memilih bagian faktor beban kerja yang signifikan untuk tugas-tugas yang spesifik.
- (4) menentukan kesalahan subjektif yang diperhitungkan berpengaruh dalam memperkirakan dan mempelajari beban kerja.

Tujuan pengukuran beban kerja mental secara subjektif:

- (1) menentukan skala terbaik berdasarkan perhitungan eksperimental dalam percobaan.
- (2) menentukan perbedaan skala untuk jenis pekerjaan yang berbeda.
- (3) mengidentifikasi faktor beban kerja mental yang secara signifikan berhubungan berdasarkan penelitian empiris dan subjektif dengan menggunakan rating beban kerja sampel populasi tertentu.

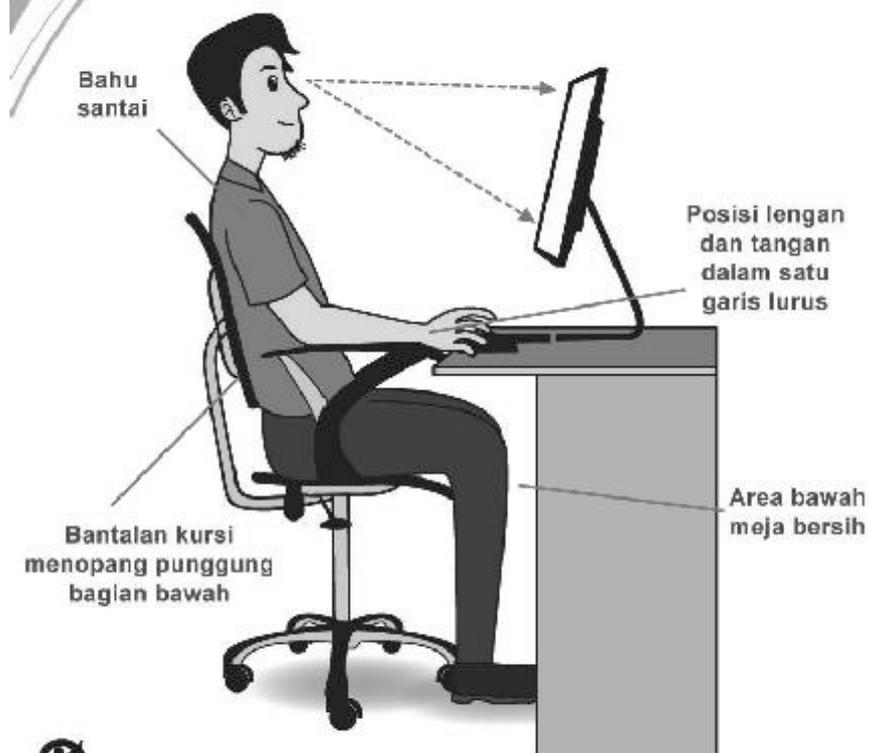
Dari beberapa metode tersebut metode yang paling banyak digunakan dan terbukti memberikan hasil yang cukup baik adalah NASA-TLX dan SWAT (Hancock).

H. Poster Ergonomi



Gambar 19. Poster Posisi Mengangkat Beban

Saatnya Bekerja dengan Nyaman



SAFETYSIGN
INDONESIA

SAFETYPOSTER.CO.ID

Gambar 20. Bekerja dengan Nyaman (Sumber: www.safetysign.co.id.)



Bab 2

Workplace Safety Bengkel Las

Lengan Robot

A. Hazard

Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) mempunyai tujuan untuk memperkecil dan menghilangkan potensi bahaya atau risiko kerja yang mengakibatkan kesakitan, kecelakaan, dan kerugian yang mungkin terjadi. Panduan untuk menyusun program kebijakan atau pendidikan terkait kesehatan dan keselamatan kerja pada bengkel las lengan robot ini adalah metode ZEROSICKS.

Metode ZEROSICKS merupakan metode keselamatan dan kesehatan kerja serta lingkungan hidup, yang menerapkan model keselamatan detail dari setiap ruang kerja. ZEROSICKS merupakan singkatan dari beberapa istilah-istilah yang berhubungan erat dengan keselamatan dan kesehatan kerja serta lingkungan hidup, yaitu *Hazard, Environment, Risk, Observation, Opportunity, Occupational, Solution, Implementation, Culture, Climate, Control, Knowledge, Knowhow, dan Standardization.*



Gambar 21. Safety First (Sumber: Geonoise Indonesia).

80
•
•

Hazard (potensi bahaya) adalah sifat sebuah benda pada ruang kerja yang dapat menimbulkan kecelakaan kerja. Segala jenis kecelakaan kerja yang termasuk dalam *hazard* (potensi bahaya) ditimbulkan oleh benda-benda yang dapat menimbulkan bahaya dan memiliki potensi besar terjadinya ancaman yang merugikan untuk pekerja, tempat bekerja, lingkungan kerja, proses kerja hingga pada jenis pekerjaan itu sendiri, baik ketika bersentuhan dengan benda tersebut atau bahkan tidak bersentuhan sama sekali. Menurut Ima Ismara dan Eko Prianto (2017: xii), *hazard* (potensi bahaya) merupakan sifat-sifat intrinsik dari suatu zat, peralatan, atau proses kerja yang dapat menyebabkan kerusakan atau membahayakan sekitarnya. Potensi bahaya tersebut akan tetap menjadi bahaya tanpa menimbulkan dampak atau berkembang menjadi kecelakaan (*accident*) apabila tidak ada kontak (*exposure*) dengan manusia.

Potensi terjadinya bahaya cukup besar di dalam bengkel las lengan robot. Penggunaan lengan robot dalam bengkel atau dunia industri sekalipun dapat dikontrol dan diprogram oleh manusia, tapi tidak menutup kemungkinan untuk terjadinya bahaya jika dalam penggunaan lengan robot mengalami program *error*, salah penggunaan kontrol atau bahkan karena penempatan alat yang salah,

sehingga dapat mengganggu kinerja alat untuk lebih maksimal.

Berdasarkan sumbernya, *hazard* dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *Occupational Health Hazard* (OHH) dan *Occupational Safety Hazard* (OSH).



Gambar 22. Organisasi Budaya Kerja.

1. Occupational Health Hazard (OHH)

Occupational Health Hazard (OHH) merupakan potensi bahaya yang mengakibatkan dampak buruk pada seorang pekerja sehingga dapat menimbulkan Penyakit Akibat Kerja (PAK) baik secara fisik, kimia, biologi, dan ergonomik. Bahaya pekerjaan dapat didefinisikan sebagai sumber atau situasi dengan potensi bahaya dalam hal cedera atau kesehatan yang buruk, kerusakan properti, kerusakan lingkungan tempat kerja, atau kombinasi dari semuanya. Berikut adalah penjelasan dari faktor-faktor yang menjadi bahaya kerja di dalam bengkel las lengan robot.

a. Bahaya Fisik

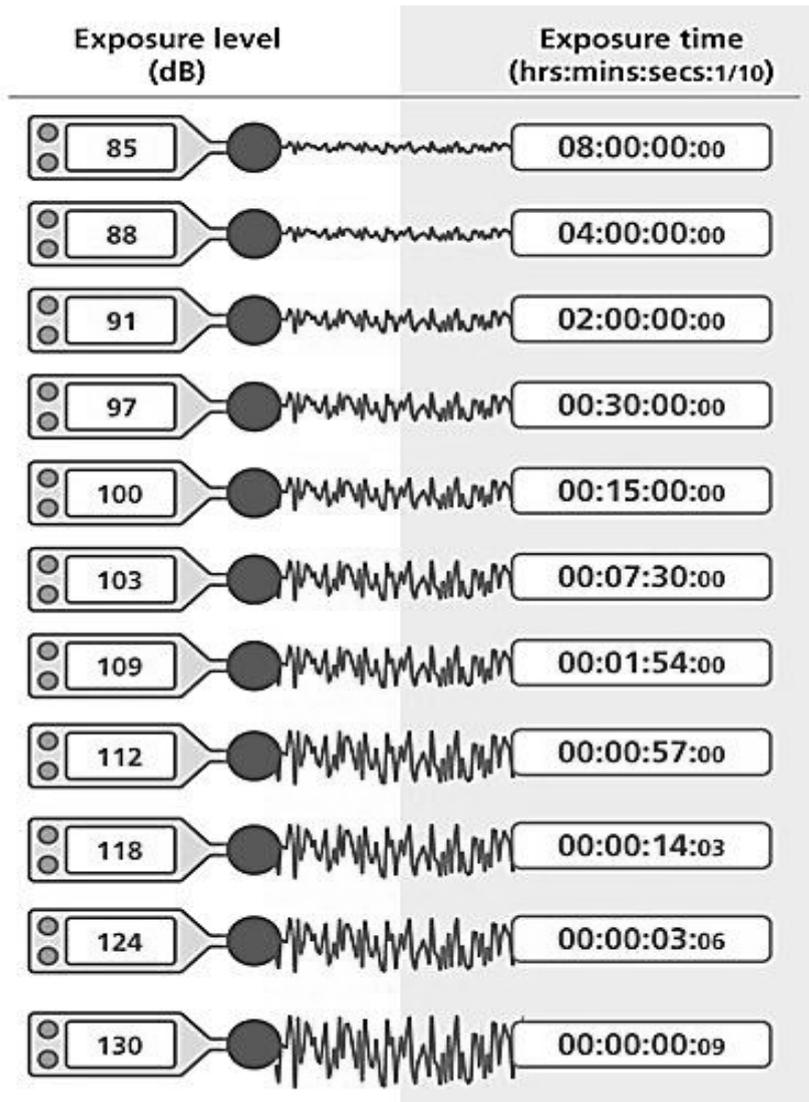
Faktor fisik adalah faktor di dalam tempat kerja yang bersifat fisika, antara lain kebisingan, penerangan, getaran, iklim kerja, gelombang mikro dan sinar ultra ungu. Faktor-faktor ini mungkin bagian tertentu yang dihasilkan dari proses produksi di bengkel las lengan robot atau produk samping yang tidak diinginkan.

1) Kebisingan

Kebisingan adalah semua suara tidak dikehendaki, bersumber dari alat-alat proses produksi dan/atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran. Suara keras, berlebihan, atau berkepanjangan dapat merusak jaringan saraf sensitif di telinga, menyebabkan kehilangan pendengaran sementara atau permanen. Hal ini sering diabaikan sebagai masalah kesehatan, padahal merupakan salah satu bahaya fisik utama. Batasan pajanan terhadap kebisingan ditetapkan nilai ambang batas sebesar 85 dB selama 8 jam sehari. Kebisingan di dalam bengkel las lengan robot disebabkan oleh peralatan-peralatan, seperti suara dan getaran yang timbul dari las lengan robot ketika dalam posisi bekerja, suara dan getaran akibat pemotongan material bahan untuk pengelasan, kebisingan akibat generator listrik, dan kebisingan akibat penggunaan *toolkit* produksi.

Semua siku di setiap pergerakan yang dilakukan las lengan robot akan menimbulkan suara, ditambah dengan proses pengelasan di mana percikan api pengelasan juga menimbulkan suara. Kebisingan lainnya yang timbul pada bengkel las lengan robot adalah kebisingan akibat pemotongan material las. Pemotongan menggunakan

mesin pemotong material tentu menimbulkan suara keras. Suara keras bersumber dari gesekan antara material dengan mata pisau yang berbahan keras.



Gambar 23 Tingkat Kebisingan Pada Lingkungan Kerja (Sumber: Geonoise Indonesia).

2) Penerangan

Dalam melakukan setiap pekerjaan, penerangan di tempat kerja harus memenuhi syarat. Penerangan yang sesuai sangat penting untuk peningkatan kualitas dan produktivitas. Sebagai contoh, pekerjaan dalam merakit benda kecil membutuhkan tingkat penerangan lebih tinggi, misalnya mengemas kotak.

Studi menunjukkan bahwa dengan melakukan perbaikan penerangan, secara langsung terlihat adanya peningkatan produktivitas dan pengurangan kesalahan. Bila penerangan kurang sesuai, para pekerja terpaksa membungkuk dan mencoba untuk memfokuskan penglihatannya, akan timbul rasa tidak nyaman, selanjutnya menyebabkan masalah pada punggung dan mata pada jangka panjang sehingga dapat memperlambat pekerjaan.

Di dalam bengkel las lengan robot, penerangan yang sangat penting diperhatikan, yaitu pada bagian penempatan las lengan robot, penempatan proses pemotongan material, ruang *quality control*, dan *control room* bengkel. Bengkel las lengan robot pada umumnya didesain pada ruang tertutup. Oleh karena itu, pencahayaan matahari yang masuk ke dalam ruang bengkel akan sangat terbatas, dikarenakan terhalang oleh bangunan bengkel sehingga perlu didesain penerangan yang baik, agar memaksimalkan kinerja dan proses produksi di bengkel.





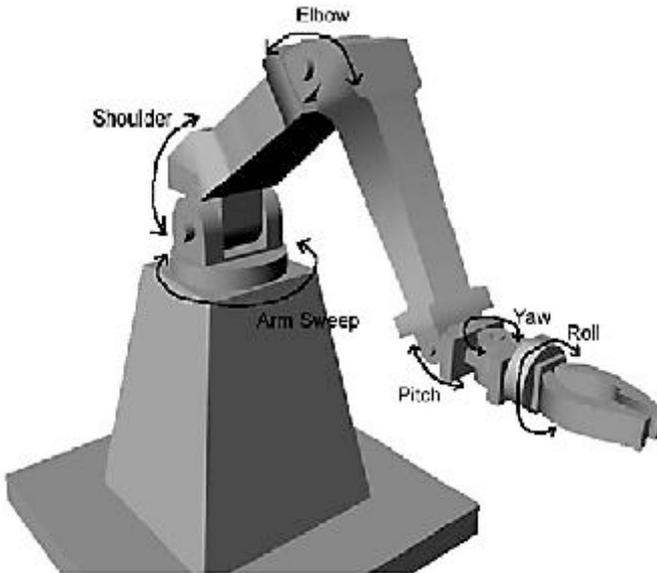
Gambar 24. Contoh Pencahayaan Ruang Kerja (Sumber: PT Widiatama).

3) Getaran

Getaran adalah gerakan bolak-balik cepat (*reciprocating*), memantul ke atas dan ke bawah atau ke belakang dan ke depan. Gerakan tersebut terjadi secara teratur dari benda atau media dengan arah bolak balik dari kedudukannya. Getaran dapat berpengaruh negatif terhadap semua atau sebagian dari tubuh pekerja. Misalnya, memegang peralatan yang bergetar sering memengaruhi tangan dan lengan pengguna, menyebabkan kerusakan pada pembuluh dan sirkulasi darah di tangan. Sebaliknya, mengemudi traktor di jalan bergelombang dengan kursi yang dirancang kurang sesuai akan menimbulkan getaran ke seluruh tubuh dan dapat mengakibatkan nyeri punggung bagian bawah.

Getaran dapat dirasakan oleh orang-orang di sekitarnya melalui lantai dan dinding. Misalnya, mesin besar di tempat kerja dapat menimbulkan getaran yang memengaruhi pekerja yang tidak memiliki kontak

langsung dengan mesin tersebut sehingga menyebabkan nyeri dan kram otot.



86



Gambar 25. Pergerakan Las Robot yang Menimbulkan Getaran.

Batasan getaran alat kerja dengan kontak langsung maupun tidak langsung pada lengan dan tangan pekerja ditetapkan sebesar 4 m/detik^2 .

4) Iklim kerja

Ketika suhu berada di atas atau di bawah batas normal akan memperlambat pekerjaan. Tingkat kenyamanan suhu dan kelembaban di tempat kerja merupakan hal yang sangat penting untuk dipertahankan sebagai respons alami dan fisiologis. Faktor-faktor ini secara signifikan dapat berpengaruh pada efisiensi dan produktivitas individu pekerja. Sirkulasi udara bersih di ruangan tempat kerja membantu memastikan lingkungan kerja yang sehat dan mengurangi paparan bahan kimia. Sebaliknya, ventilasi yang kurang sesuai dapat:

- a) mengakibatkan pekerja kekeringan atau mengalami kelembaban yang berlebihan;
- b) menciptakan ketidaknyamanan bagi para pekerja;
- c) mengurangi konsentrasi, akurasi dan perhatian pekerja untuk melakukan pekerjaan yang aman.

**Tabel 5. Nilai Ambang Batas Iklim Lingkungan Kerja Industri
(Sumber: Kementerian Kesehatan RI)**

Tabel 1. Nilai Ambang Batas Iklim Lingkungan Kerja Industri

Alokasi Waktu Kerja dan Istirahat	NAB (°C ISBB)			
	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
75 – 100%	31,0	28,0	*	*
50 – 75%	31,0	29,0	27,5	*
25 – 50%	32,0	30,0	29,0	28,0
0 – 25%	32,5	31,5	30,0	30,0

Pekerja perlu berada dalam kisaran suhu normal agar tubuh berfungsi secara efisien sehingga diperlukan iklim kerja yang sesuai bagi tenaga kerja saat melakukan pekerjaan. Iklim kerja merupakan hasil perpaduan antara suhu, kelembaban, kecepatan gerakan udara dan panas radiasi dengan tingkat panas dari tubuh tenaga kerja sebagai akibat dari pekerjaannya. Iklim kerja berdasarkan suhu dan kelembaban ditetapkan dalam Kepmenaker No. 51 Tahun 1999. Iklim kerja diatur dengan memperhatikan perbandingan waktu kerja dan waktu istirahat setiap hari dan berdasarkan beban kerja yang dimiliki tenaga kerja saat bekerja (ringan, sedang, dan berat).

5) Radiasi Tidak Mengion

Radiasi gelombang elektromagnetik yang berasal dari radiasi tidak mengion antara lain gelombang mikro

dan sinar ultra ungu (ultraviolet). Gelombang mikro digunakan pada gelombang radio, televisi, radar, dan telepon. Gelombang mikro mempunyai frekuensi 30 kilo hertz–300 giga hertz dan panjang gelombang 1 mm–300 cm. Radiasi gelombang mikro yang pendek < 1 cm diserap oleh permukaan kulit dapat menyebabkan kulit seperti terbakar. Sementara gelombang mikro yang lebih panjang (> 1 cm) dapat menembus jaringan yang lebih dalam.

Radiasi sinar ultraviolet dapat berasal dari sinar matahari, las listrik, laboratorium yang menggunakan lampu penghasil sinar ultraviolet. Panjang gelombang sinar ultraviolet berkisar 1–40 nm. Radiasi ini dapat berdampak pada kulit dan mata.

88
⋮



Gambar 26. Radiasi Muatan Listrik (Sumber: Slideplayer.info).

b. Bahaya Kimia

Risiko kesehatan timbul dari pajanan berbagai bahan kimia. Banyak bahan kimia yang memiliki sifat beracun dapat

memasuki aliran darah dan menyebabkan kerusakan pada sistem tubuh dan organ lainnya. Bahan kimia berbahaya dapat berbentuk padat, cairan, uap, gas, debu, asap, atau kabut yang akan masuk ke dalam tubuh melalui tiga cara utama berikut.

1) Inhalasi (menghirup)

Dengan bernapas melalui mulut atau hidung, zat beracun dapat masuk ke dalam paru-paru. Seorang dewasa saat istirahat menghirup sekitar lima liter udara per menit yang mengandung debu, asap, gas, atau uap. Beberapa zat, seperti fiber/serat, dapat langsung melukai paru-paru. Zat lainnya diserap ke dalam aliran darah dan mengalir ke bagian lain dari tubuh.

2) Pencernaan (menelan)

Bahan kimia dapat memasuki tubuh saat memakan makanan yang terkontaminasi, makan dengan menggunakan tangan yang terkontaminasi atau makan di lingkungan yang terkontaminasi. Zat di udara juga dapat tertelan saat dihirup karena bercampur dengan lendir dari mulut, hidung, atau tenggorokan. Zat beracun mengikuti rute yang sama sebagaimana makanan bergerak melalui usus menuju perut.

3) Penyerapan ke dalam kulit atau kontak invasif.

Beberapa di antaranya adalah zat yang melewati kulit dan masuk ke pembuluh darah, biasanya melalui tangan dan wajah. Kadang-kadang, zat-zat dapat masuk melalui luka dan lecet atau suntikan (misalnya kecelakaan medis).



Guna mengantisipasi dampak negatif yang mungkin terjadi di lingkungan kerja akibat bahaya faktor kimia, perlu dilakukan pengendalian lingkungan kerja secara teknis sehingga kadar bahan-bahan kimia di udara lingkungan kerja tidak melampaui nilai ambang batas (NAB). Bahan-bahan kimia digunakan untuk berbagai keperluan di tempat kerja. Bahan-bahan kimia tersebut dapat berupa suatu produk akhir atau bagian bentuk bahan baku yang digunakan untuk membuat suatu produk. Bahan kimia juga dapat digunakan sebagai pelumas, untuk pembersih, bahan bakar untuk energi proses atau produk samping. Banyak bahan kimia yang digunakan di tempat kerja memengaruhi kesehatan kita dengan cara-cara yang tidak diketahui. Dampak kesehatan dari beberapa bahan kimia bisa secara perlahan atau mungkin membutuhkan waktu bertahun-tahun untuk berkembang.

	Poisonous Beracun Bahan kimia yang paling cukup berbahaya jika tertelak atau terturup, banyak di antaranya berbahaya bahkan pada kontak.		Stow away from foodstuffs Menyulandup jauh dari bahan makanan Bahan Berbahaya bagi dijuankan dari bahan yang dapat dimakan.
	Environmental hazard Lingkungan bahaya Relatif jarang dengan bahan kimia laboratorium (yang sebagian besar menimbulkan beberapa bahaya lingkungan jika tidak menyingkirkan benar), ini memerlukan perhatian khusus harus diambil mengenai pembuangannya.		Dangeroous when wet Berbahaya saat basah Ini umumnya berarti bahwa ia akan bereaksi cukup keras dengan air.
	Corrosive Korosif Ingatlah bahwa karat dapat (dalam kondisi tertentu) korosi kimia.		Flammable Gas Gas mudah terbakar Simbol pengaman yang digunakan untuk transportasi atau penyimpanan gas yang mudah terbakar.
	Explosive Eksplosif Meskipun cukup jarang terlihat di laboratorium, ingatlah bahwa susut dan gerakan juga dapat memicu ledakan (bukan hanya percikan / api).		Non flammable gas Non mudah terbakar gas Simbol pengaman yang digunakan dalam transportasi gas non mudah terbakar (dan karenanya sering tidak berbahaya, setidaknya di tempat terak)

Gambar 27. Bahaya Kimia (Sumber: Rumusrumus.com).

c. Bahaya Biologi

Faktor biologi yang menyebabkan penyakit akibat kerja sangat beragam jenisnya. Sebagai contoh pekerja di pertanian, perkebunan, dan kehutanan termasuk di dalam perkantoran, yaitu *indoor air quality*, banyak menghadapi berbagai penyakit yang disebabkan virus, bakteri atau hasil dari pertanian, misalnya tabakosis pada pekerja yang mengerjakan tembakau, bagasosis pada pekerja-pekerja yang menghirup debu-debu organik misalnya pada pekerja gandum (*aspergillus*) dan di pabrik gula. Penyakit paru oleh jamur sering terjadi pada pekerja yang menghirup debu organik, misalnya pernah dilaporkan tentang aspergillus paru pada pekerja gandum.

Demikian juga "grain asma" *sporotrichosis* adalah salah satu contoh penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh jamur. Penyakit jamur kuku sering diderita para pekerja yang tempat kerjanya lembab dan basah atau bila mereka terlalu banyak merendam tangan atau kaki di air. Agak berbeda dari faktor-faktor penyebab penyakit akibat kerja lainnya, faktor biologis dapat menular dari seorang pekerja ke pekerja lainnya. Usaha lain harus ditempuh terkait cara pencegahan penyakit menular, antara lain imunisasi dengan pemberian vaksinasi atau suntikan, mutlak dilakukan untuk pekerja-pekerja di Indonesia sebagai usaha kesehatan pada umumnya. Imunisasi tersebut berupa imunisasi dengan vaksin cacar terhadap variola dan dengan suntikan terhadap kolera, tipus, dan paratipus. Bila memungkinkan diadakan pula imunisasi terhadap TBC dengan BCG yang diberikan kepada pekerja-pekerja dan keluarganya yang reaksinya terhadap uji Mantaoux negatif, imunisasi terhadap difteri, tetanus, batuk rejan dari keluarga-keluarga pekerja sesuai dengan usaha kesehatan untuk anak-anak dan keluarganya. Din maju diberikan pula imunisasi untuk virus influenza.



Untuk dapat tumbuh dan berkembang biak, bakteri membutuhkan makanan, kondisi hangat, air, keasaman dan waktu.

92



Gambar 28. Bahaya Biologi (Sumber: BPOM RI).

d. Bahaya Ergonomik

Industri barang dan jasa telah mengembangkan kualitas dan produktivitasnya. Restrukturisasi proses produksi barang dan jasa terbukti meningkatkan produktivitas dan kualitas produk secara langsung berhubungan dengan desain kondisi kerja. Pengaturan cara kerja dapat memiliki dampak besar pada seberapa baik pekerjaan dilakukan dan kesehatan mereka yang melakukannya. Semua proses kerja mulai dari posisi mesin pengolahan sampai penyimpanan alat-alat dapat menciptakan hambatan dan risiko.

Penyusunan tempat kerja dan tempat duduk yang sesuai harus diatur sehingga tidak menimbulkan pengaruh yang berbahaya bagi kesehatan. Tempat-tempat duduk yang cukup dan sesuai harus tersedia untuk pekerja. Pekerja harus diberi kesempatan yang cukup untuk menggunakannya.

Prinsip ergonomi adalah menyesuaikan pekerjaan untuk pekerja. Ini berarti mengatur pekerjaan dan area kerja untuk disesuaikan dengan kebutuhan pekerja, bukan mengharapkan pekerja untuk menyesuaikan diri. Desain ergonomis yang efektif menyediakan stasiun kerja, peralatan, dan perlengkapan yang nyaman dan efisien bagi pekerja untuk digunakan. Hal ini bertujuan menciptakan lingkungan kerja yang sehat karena mengatur proses kerja untuk mengendalikan atau menghilangkan potensi bahaya. Sehingga akan diperoleh keserasian antara tenaga kerja, lingkungan, cara, dan proses kerjanya. Cara bekerja harus diatur sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan ketegangan otot, kelelahan yang berlebihan atau gangguan kesehatan lain.

Risiko potensi bahaya ergonomi akan meningkat:

- 1) dengan tugas monoton, berulang atau kecepatan tinggi;
- 2) dengan postur tidak netral atau canggung;
- 3) bila terdapat pendukung yang kurang sesuai;
- 4) bila kurang istirahat yang cukup.

2. Occupational Safety Hazard (OSH)

Occupational Safety Hazard (OSH) merupakan potensi bahaya yang terdapat di lingkungan kerja yang mengakibatkan terjadinya insiden, luka, cacat, gangguan proses, kerusakan alat bagi pekerja maupun proses kerja. Potensi bahaya ini digolongkan menjadi beberapa faktor, yaitu bahaya mekanik (akibat terjadinya benturan, terjepit, terpotong, terhimpit, ataupun terbakar), bahaya kimia, bahaya elektrik (disebabkan arus listrik kuat atau lemah), dan bahaya psikologi (biasanya disebabkan oleh hubungan yang tidak baik dengan rekan kerja, rasa tidak nyaman dengan ruang kerja dan pekerjaan).

Beberapa faktor *Occupational Safety Hazard* di bengkel las lengan robot adalah sebagai berikut.



Gambar 29. Ilustrasi Terjadinya Insiden Kerja.

Kejadian-kejadian seperti yang tergambar pada ilustrasi di atas merupakan insiden yang sangat mungkin terjadi di bengkel las lengan robot, mulai dari terjatuh, tersandung, tertimpa, tergelincir, terbentur, dan terpotong. Oleh karena itu, sangat penting diterapkan pelabelan di setiap bagian ruang kerja yang mempunyai risiko terjadinya insiden kerja. Dengan memberi pelabelan di masing-masing tempat, akan sangat membantu para pekerja dalam mengantisipasi bahaya yang ada di bengkel las lengan robot. Berikut ini adalah pelabelan yang wajib digunakan di dalam bengkel las lengan robot.

Tabel 6. Simbol Peringatan.

No	Label	Definisi
1		Hati-hati dalam mengangkat barang berat
2		Bahaya benturan
3		Bahaya terkena potongan
4		Bahaya terjatuh
5		Bahaya tesianung
6		Bahaya radiasi

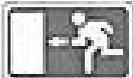
No	Label	Definisi
7		Jangan dioperasikan
8		Memastikan barang selalu tersusun rapi
10		Tabung pemadam api
11		Titik kumpul darurat

96



Berikut adalah penerapan pelabelan di bengkel las lengan robot. Namun, tentunya setiap bengkel memiliki sedikitnya perbedaan pada peralatan dan bahan material. Untuk itu bisa disesuaikan dengan beberapa pelabelan tambahan.

Tabel 7. Simbol Peringatan.

BENTUK DASAR (KELOMPOK)	ARTI	PENJELASAN
	Bentuk Bulat, dasar warna putih, lingkaran merah, dengan garis 45° miring dari kiri atas ke bawah, logo hitam	Tanda Larangan Contoh: 
	Bentuk Bulat, dasar warna Biru, lingkaran putih, logo atau keterangan gambar warna putih	Tanda Wajib / prasyarat Contoh : 
	Bentuk segitiga, dasar warna kuning garis hitam, dengan logo / gambar warna hitam	Tanda Waspada / Contoh : peringatan 
	Bentuk segi empat, dasar warna hijau, garis luar putih, logo / gambar putih	Tanda pertolongan / Contoh : Arah penyelamatan 

B. Environment

Environment lebih mengarah pada kondisi alam sekitar tempat bekerja, baik udara, air dan tanah sesuai dengan nilai ambang batas (NAB). Nilai ambang batas merupakan standard kondisi lingkungan sekitar tempat bekerja agar terbentuk suasana kerja yang nyaman, aman dan sesuai dengan kebutuhan pekerjaan. Suasana nyaman tersebut dapat didefinisikan seperti cuaca terlalu panas, cuaca terlalu

dingin, atau keadaan lingkungan yang lembab. Hubungan manusia sebagai pekerja dengan lingkungan sangat memengaruhi pekerja dalam melaksanakan setiap pekerjaannya. Kondisi lingkungan di ruang kerja dapat dinilai baik ketika para pekerja sudah mampu merasa nyaman untuk melaksanakan setiap pekerjaannya. Selain itu, lingkungan akan sangat memengaruhi peralatan-peralatan yang digunakan pada ruang kerja.

Berikut ini adalah beberapa faktor alam yang dibutuhkan di ruang bengkel las lengan robot. Untuk bengkel las lengan robot dibutuhkan lingkungan yang tidak lembab dikarenakan banyak peralatan bengkel terbuat dari bahan-bahan campuran besi sehingga dapat menyebabkan karat pada bagian alat, lingkungan yang lembab juga dapat memengaruhi kondisi udara menjadi tidak segar di ruang kerja.



Gambar 30. Perbedaan Kondisi Lingkungan (Sumber: pedulilingkungan.blogspot.com).

Lingkungan kerja adalah segala bentuk substansi yang terdapat pada suatu lingkup pekerja pada saat bekerja, baik berbentuk fisik atau non fisik, langsung atau tidak langsung, dan dapat memengaruhi diri

dan juga pekerjaan pada saat bekerja. Terdapat dua jenis lingkungan kerja, yaitu fisik dan nonfisik.

Lingkungan kerja fisik merupakan lingkungan kerja yang dihadapi secara fisik berpengaruh atau bekerja. Pengaruh yang dirasakan berdasarkan perantara langsung dan juga tidak langsung. Adapun lingkungan kerja secara fisik masih diklasifikasikan menjadi dua bagian. Pertama, lingkungan kerja yang berhubungan dengan kontak fisik langsung, objek nyata, dan dapat dirasakan dengan indra penglihatan secara normal. Misalnya tugas kerja, meja kerja, buku-buku, literatur, dan masih banyak lagi aspek fisik lain. Kedua, lingkungan kerja yang berhubungan langsung tetapi sebagai lingkungan antara dan mempengaruhi kondisi seseorang dalam bekerja secara fisik. Contohnya suhu ruangan, pencahayaan dan warna benda dan disain ruangan.

Lingkungan kerja non-fisik adalah lingkungan kerja yang ada secara fisik tetapi pengaruhnya tidak terhadap fisik. Misalnya hubungan pekerja dengan atasan dan hubungan antarsesama pekerja. Lingkungan kerja yang memiliki kondisi bagus senantiasa membantu para pekerja merasakan ketenangan dalam bekerja dalam suasana kekeluargaan yang timbul dalam perusahaan. Jadi, lingkungan kerja nonfisik pun ikut andil dalam dunia pekerjaan.

C. Risk

Risk (risiko) adalah bahaya atau hal buruk disebabkan oleh kejadian yang pernah terjadi sebelumnya atau di masa lampau. Risiko ini dapat menimbulkan kerugian atau potensi kecelakaan kerja, baik dampak kesehatan maupun dampak lainnya. *Risk* juga dapat diartikan sebagai risiko-risiko apa saja yang ada di dalam sebuah pekerjaan, baik kemungkinan penyakit apa saja, kecelakaan apa saja, serta konsekuensi lainnya yang ada di dalam suatu pekerjaan. Sangat dibutuhkan untuk memperhatikan langkah-langkah yang

perlu dilakukan untuk mengantisipasi adanya risiko kerja. Beberapa metode yang bisa digunakan untuk mengelola risiko kerja adalah

- mengenali kondisi kerja sehingga dapat menemukan risiko yang akan terjadi;
- setelah mengenali, analisis dan hitung seberapa besar dampak bahaya yang akan dialami jika risiko kerja tersebut terjadi;
- pengendalian dan kontrol untuk menekan persentase terjadinya risiko kerja;
- membuat SOP untuk mengontrol para pekerja dalam melaksanakan pekerjaan;
- melakukan *monitoring* dan pemantauan sistem secara berskala.

Dari penjelasan di atas dapat dianalisis risiko yang akan terjadi pada bengkel las lengan robot. Sebuah ruang kerja yang menggunakan peralatan robot dan material-material berbahaya tentu saja memiliki risiko kerja yang tinggi. Tetapi jika berhasil menekan persentase risiko, maka akan memaksimalkan kinerja pekerja dan peralatan yang digunakan di ruang bengkel las lengan robot. Pengetahuan tentang risiko ini diperlukan untuk mengetahui proses perkembangan bahaya menjadi dampak/konsekuensi, sehingga kita dapat memotong rantai proses tersebut, agar tidak menjadi sebuah dampak/konsekuensi. Pengelolaan risiko di tempat kerja merupakan salah satu metoda ataupun program yang perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya dampak. Pengelolaan risiko (*risk management*) dapat dilakukan dengan menggunakan metode berikut ini.

1. Identifikasi Risiko (*Risk Identification*)

Peran manajemen risiko sangat besar pengaruhnya untuk meminimalisir terjadinya risiko kecelakaan, yang bertujuan agar sebuah siklus kecelakaan kerja dapat dihindari dan tidak menyebabkan kerugian untuk pihak manapun. Terdapat beberapa kegiatan, antara lain penentuan kegiatan apa saja yang akan dikelola tingkat risikonya, identifikasi, analisis, evaluasi,

Tabel 8. Tabel Risiko Bahaya Kerja.

No	Symbol	Insiden	Risiko
1		Terpotong	Risiko bahaya yang kemungkinan terjadi akibat lalai dalam memotong material.
2		Benturan	Risiko bahaya akibat benturan dikarenakan beberapa peralatan bengkel berjalan dengan otomatis.
3		Radiasi	Risiko bahaya radiasi oleh pancaran mata las robot dan beberapa peralatan potong bengkel lainnya.
4		Terjatuh	Risiko bahaya dalam pengambilan material atau penyimpanan produk di rak yang memiliki tinggi di atas tinggi badan pekerja.
5		Tersandung	Risiko bahaya yang terjadi jika tidak memperhatikan tata letak peralatan bengkel dan penempatan material.
6		Tertimpa	Material dan peralatan yang tidak disusun dengan baik dapat menyebabkan risiko tertimpa.

7		<p>Jangan dioperasikan</p>	<p>Jika menemui peralatan rusak tentunya harus memberikan label berikut. Jika peralatan rusak dioperasikan maka akan menimbulkan insiden tidak terduga.</p>
8		<p>Sengatan listrik</p>	<p>Risiko jika tidak memahami aliran listrik bengkel.</p>
9		<p>Penggunaan APD</p>	<p>Risiko bahaya terbesar adalah jika tidak menggunakan APD saat proses kerja. Bahaya yang ditimbulkan akan sangat merugikan pekerja.</p>
10	 NO SMOKING	<p>Larangan merokok</p>	<p>Risiko bahaya yang kemungkinan terjadi adalah kebakaran dan bahaya kimia akibat udara yang terpengaruh asap rokok.</p>

2. Risk Estimation/Risk Analysis

Risk analysis merupakan proses untuk memahami sifat dan menentukan tingkat risiko. Analisis risiko melibatkan pertimbangan dari penyebab dan sumber risiko, konsekuensi positif dan negatif, dan tingkat keparahan (*saverity*) jika terjadi, dan (seberapa sering) kemungkinan risiko tersebut terjadi dalam satuan waktu.

Tingkat keparahan risiko dapat ditentukan berdasarkan dua skala yaitu tinggi dan rendah, atau menggunakan tiga skala yaitu tinggi, menengah, dan rendah berdasarkan analisis dampak terhadap proses bisnis/*Business Impact Analysis* (BIA). Dalam menentukan skala frekuensi tingkat kemungkinan terjadinya, organisasi dapat membuat pengelompokan jumlah kejadian berdasarkan sumbu waktu. Ada 3 pertanyaan yang dapat dipakai sebagai panduan dalam mengidentifikasi bahaya.

- a. Apa sumber yang dapat menimbulkan bahaya?
- b. Siapa yang terpapar dengan sumber tersebut?
- c. Bagaimana cedera yang dapat terjadi?

Setelah mengenali bahaya dan risiko yang ada, selanjutnya sangat perlu untuk menganalisis besar dan tingkatannya dengan menggunakan analisis risiko (*risk assessment*). Prinsip analisis risiko yang dimaksud adalah menghitung seberapa besar kemungkinan/*probability* terjadinya *exposure*/kontak terhadap bahaya/*hazard* dan seberapa besar derajat konsekuensi yang akan terjadi. Analisis risiko dapat dilakukan dengan metode kualitatif, semi kuantitatif, dan kuantitatif. Setelah didapatkan tingkat probabilitas dan derajat konsekuensi, tingkat risiko dapat dihitung dengan melakukan perkalian dari dua variabel tersebut.

$$(risk = probability \times exposure \times hazard)$$

Cara untuk menghindari terjadinya dampak kecelakaan diperlukan berbagai pengetahuan mengenai risiko yang dapat terjadi di tempat kerja. Risiko perlu dikendalikan dan dikelola di tempat kerja agar pekerja dapat mencegah terjadinya kecelakaan sedini mungkin. Berikut ini beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengelola risiko.

- a. Identifikasi risiko diperlukan dalam pengelolaan risiko. Seluruh bahaya yang terdapat pada tempat kerja harus



diidentifikasi dan dikenali. Setelah dikenali kemudian ditelusuri kira-kira bahaya tersebut dapat berkembang sejauh apa dan bagaimana akibatnya apabila bahaya tersebut terjadi.

- b. Setelah bahaya dikenali dan diidentifikasi, kemudian dianalisis dengan menghitung kemungkinan terjadinya kontak antara bahaya dan seberapa besar dampak yang akan dialami, hal ini disebut analisis risiko dan evaluasi.

Dalam analisis risiko dapat menggunakan data kualitatif maupun semi kuantitatif. Tingkat risiko dapat dihitung dengan rumus di bawah ini.

$$\text{(risk = probability x consequences)}$$

Tingkat risiko yang telah dihitung ini kemudian ditentukan apakah termasuk dalam kriteria risiko tinggi, sedang ataukah rendah. Setelah mengetahui berbagai bahaya yang kemungkinan terjadi, kemudian menggolongkan risiko bahaya berdasarkan tingkatan risiko yang ada di bengkel las lengan robot.

Tabel 9. Penggolongan Tingkatan Risiko.

No	Jenis Kecelakaan	Tingkatan Risiko		
		Rendah	Sedang	Tinggi
1	Terpotong			v
2	Benturan		v	
3	Radiasi			v
4	Terjatuh		v	
5	Tersandung		v	
6	Tertimpa		v	
7	Jangan dioperasikan			v
8	Sengatan listrik			v
9	Penggunaan APD		v	

10	Larangan merokok	v		
11	Terpotong		v	

3. Risk Control

Pengendalian risiko sangat bergantung pada tingkat/derajat risiko yang ada. Pada umumnya pengendalian risiko terbagi menjadi dua jenis berikut.

a. Pengendalian Fisik

Pengendalian risiko dengan cara ini misalnya dengan melakukan perubahan desain sistem kerja, pemasangan *machine-guarding*, dan sebagainya. Di dalam bengkel las lengan robot, yang lebih tepat digunakan untuk pengendalian *engineering* adalah menggunakan metode *upgrade* sistem kerja melalui tahapan analisis dan observasi, dan menetapkan seorang *engineer* sebagai pemimpin di dalam pengendalian, yang bertujuan untuk mengawasi dan *me-monitoring* pada teknisi lainnya. Apa saja yang termasuk dalam pengendalian fisik?

- 1) Menciptakan desain sikap kerja sesuai kebutuhan kerja bengkel.
- 2) Menciptakan desain ruang kerja yang sesuai dengan elektabilitas peralatan yang digunakan.
- 3) Menciptakan lingkungan kerja yang sesuai standar keselamatan bengkel.
- 4) Menaati prosedur dan kewajiban dalam penggunaan alat pelindung diri.
- 5) Memberi pembatas pada area kerja lengan robot untuk menghindari benturan.

Pengendalian risiko juga dapat dilakukan dengan melihat apa saja yang dapat menimbulkan bahaya pada bengkel las lengan robot. Risiko kerja yang perlu dikendalikan pada bengkel las lengan robot ada 5, yakni



- 1) bahan/material;
- 2) orang/pekerja;
- 3) cara/metode kerja;
- 4) alat dan mesin;
- 5) lingkungan kerja.

Dari kelima sumber risiko kerja tersebut, kita dapat mengaitkan kepada siapa risiko tersebut akan terpapar. Dengan demikian, risiko kerja yang ditimbulkan akan mampu dikendalikan.

b. Pengendalian Administratif

Pengendalian administratif dilakukan dengan dua cara, yakni retensi risiko dan transfer risiko. Apa yang dimaksud dengan retensi risiko dan transfer risiko? Berikut penjelasannya.

- 1) Retensi Risiko

Retensi risiko adalah memperkirakan risiko secara internal baik secara utuh maupun sebagian dari dampak finansial yang akan dialami oleh perusahaan dan dialihkan ke perusahaan atau lembaga lainnya, seperti lembaga-lembaga asuransi dan sebagainya.

- 2) Administratif internal bengkel

Pengendalian administratif internal bengkel adalah proses pencegahan dan pembimbingan untuk mengatasi risiko kerja. Manajemen bengkel dapat melakukan pelatihan-pelatihan, seperti pelatihan K3 yang sesuai dengan kebutuhan bengkel, pelatihan dalam penggunaan peralatan dan lain sebagainya.

D. *Observation*

Observation atau observasi merupakan kegiatan menelaah risiko bahaya yang akan mengakibatkan kerugian pada lingkungan kerja maupun para pekerja dengan menggunakan analisis = 5W + 1H (*what*,



where, when, who, why, how). *Observation/opportunity/occupational* merupakan mengamati tingkat risiko bahaya, yang berdampak terhadap lingkungan, mesin peralatan maupun manusia pekerja dengan menggunakan analisis 5W + 1H (*What, Where, When, Who, Why, How*) (Ismara Ima & Prianto Eko, 2017: xx). Observasi dapat membuat kita mengetahui apa saja yang bisa menyebabkan kerugian bagi pekerja ataupun pekerjaannya. Sehingga langkah ini diusahakan untuk dapat menghindari dari bahaya atau risiko ataupun konsekuensi terhadap suatu pekerjaan. Observasi merupakan salah satu usaha manusia dengan cara melakukan pengamatan dengan bantuan pengetahuan yang sudah ada sebelumnya terhadap objek tertentu. Tujuan observasi adalah untuk mengetahui sesuatu yang baru, tambahan informasi, pengembangan ilmu pengetahuan, dan lainnya.

Dari penjelasan observasi secara umum di atas, kita dapat menerapkannya pada bengkel las lengan robot dengan berbagai macam risiko yang sudah dijelaskan pada bagian sebelumnya.

108
•
•
•

E. Solution

Solution atau solusi adalah kegiatan mencari solusi yang dapat dilakukan dalam mengurangi maupun mencegah terjadinya sebuah kecelakaan kerja. Ima Ismara dan Eko Prianto (2017: xx) mengemukakan bahwa *solution* adalah mencari alternatif solusi secara SMART (*Specifics, Measruable, Action, Realistic, and Time*) yang akan dilakukan setelah melakukan observasi. Solusi merupakan langkah yang harus diambil setelah melakukan observasi, dengan data observasi kita dapat menentukan apa saja solusi yang cocok dan baik supaya suatu pekerjaan menjadi efisien, aman, dan nyaman. Jika kita kaitkan dengan risiko yang telah kita pelajari di atas, tentunya bengkel las lengan robot juga sangat memerlukan solusi atau pemecahan dariantisipasi risiko kerjanya. Berikut ini adalah beberapa solusi yang sangat penting diterapkan di bengkel las lengan robot, setelah melihat banyaknya risiko yang kemungkinan akan terjadi.

1. Manajemen Bengkel. Manajemen bengkel yang baik akan menghasilkan kinerja bengkel yang baik juga.
2. Kesehatan dan keselamatan kerja bengkel.
3. Penerapan 5R pada bengkel las robot.
4. Pembuatan SOP berdasarkan hasil observasi.

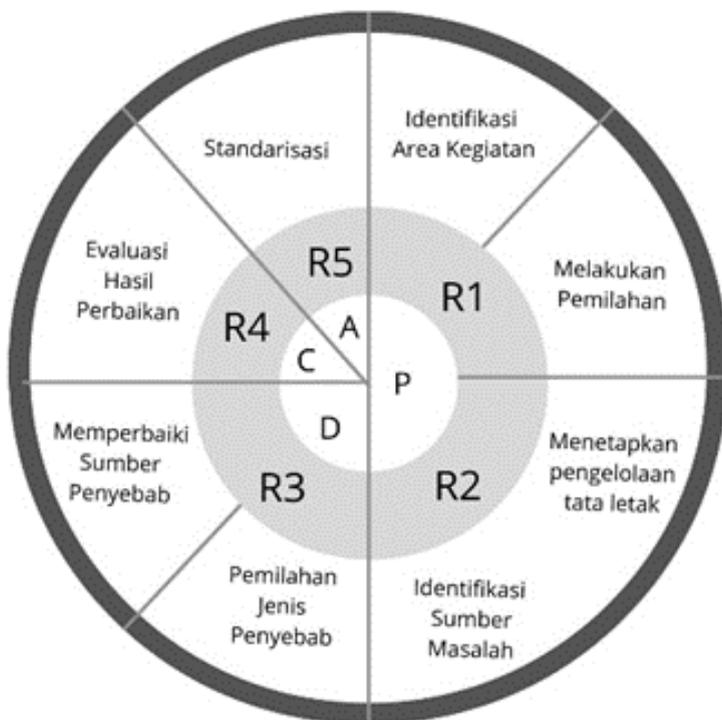
F. Implementation

Implementation atau implementasi ZEROSICKS menerapkan KISSS, yaitu Koordinasi, Integrasi, Sinkron, Sinergi, dan Simpel. Implementasi adalah adanya aksi atau upaya dalam pelaksanaan, atau bisa sebagai mekanisme dalam menjalankan suatu gagasan tertentu. Kata mekanisme di sini mengandung pengertian implementasi tidak hanya berisikan aktivitas, melainkan suatu tindakan yang terstruktur dan dilakukan secara sungguh-sungguh berdasarkan pedoman sebagai acuan untuk tercapainya tujuan dari kegiatan tersebut. Oleh sebab itu, implementasi tidak sekedar kegiatan, melainkan mencakup beberapa aspek tertentu seperti misi atau tujuan, struktur kegiatan, dan diperlukannya pedoman baik secara lisan maupun secara tertulis. Kesehatan dan keselamatan kerja dilakukan dengan melakukan implementasi terhadap lingkungan kerja. Implementasi diterapkan secara KISSS (Koordinasi, Integrasi, Sinkron, Sinergi, Simpel) (Ismara Ima & Prianto Eko, 2017: xxii).

Setelah mengetahui solusi dari masalah, selanjutnya adalah implementasi atau penerapan melalui koordinasi dengan pihak-pihak yang bersangkutan. Kemudian melakukan penyesuaian atau integrasi supaya pekerjaan tetap berjalan dengan semestinya. Maka kecocokan antara solusi dengan langkah penerapannya, bisa berjalan secara sinergi yaitu berjalan dengan beriringan, tidak saling bertentangan antara solusi dan pekerjaan. Jangan sampai solusi yang diberikan dan diterapkan malah dapat menghambat pekerjaan, maka itu tidak boleh terjadi, serta simpel tidak memberatkan pekerjaan dengan solusi yang ada.



1. Manajemen Kesehatan Bengkel



Gambar 32. Sistem Manajemen Perbaikan Berkelanjutan.

Tempat kerja berarti sebuah tempat (gedung, bangunan, atau kendaraan) di mana setiap orang akan bekerja, sedang bekerja, menggunakan waktu untuk bekerja, atau biasanya bekerja, untuk memperoleh keuntungan/upah dan dalam hubungannya dengan pekerja, termasuk tempat, atau bagian dari sebuah tempat, di bawah penguasaan pemberi kerja (bukan merupakan fasilitas khusus yang disediakan untuk pekerja).

Sebuah bengkel atau *workshop* tentunya dituntut untuk menghasilkan suatu produk tertentu yang harus berkualitas. Di samping harus menghasilkan produk yang berkualitas, sebuah bengkel harus mampu menekan risiko kerja. Industri maju dewasa ini telah menggunakan standar manajemen perawatan Kaizen

yang dilengkapi dengan *just in time*, *total preventive maintenance*, JIT, TPM, dan 5R. Pengembangan sistem manajemen perawatan dan penataan fasilitas ini menggunakan standar manajemen yang sama dengan di industri kelas dunia. Organisasi suatu industri besar diperlukan pengaturan untuk memperoleh efisiensi yang tinggi. Organisasi dikatakan berhasil jika mampu mengelola sumber daya berupa manusia, dana, waktu, bahan baku, informasi, mesin, peralatan, informasi dan tempat dengan efisien serta efektif tanpa mengurangi kepuasan pelanggan, sehingga mampu bersaing dengan yang sejenis.

Manajemen bagi suatu lembaga tidak bersifat statis, tetapi bisa berubah sesuai dengan kebutuhan. Dalam suatu manajemen, diperlukan berbagai macam perbaikan untuk menuju ke arah yang lebih baik. Lembaga yang bersifat statis akan ditinggalkan karena lembaga statis memiliki kesulitan dalam berkembang. Perbaikan manajemen hampir tidak ada sehingga efisiensi dari lembaga tersebut juga akan bersifat statis. Salah satu usaha untuk memperbaiki manajemen adalah dengan metode manajemen perbaikan berkelanjutan. Manajemen perbaikan berkelanjutan adalah perbaikan secara terus menerus dan berkesinambungan. Kesalahan yang menimbulkan pemborosan harus dikoreksi. Tindakan yang mengorbankan banyak waktu harus dihilangkan. Segala yang tidak perlu dan menghabiskan biaya harus diubah. Evaluasi lembaga dilakukan setiap waktu sehingga lembaga tersebut tidak akan mengulangi kesalahan untuk kedua kalinya. Manajemen perbaikan berkelanjutan akan terasa efektif jika semua pihak terlibat di dalamnya. Semua pihak yang terlibat diikutkan untuk diskusi dalam memutuskan suatu masalah. Pemecahan yang dilakukan bersifat menyeluruh dan tidak bersifat sementara. Manajemen perbaikan berkelanjutan sebuah lembaga yang baru berdiri akan mampu untuk bersaing dengan lembaga lain yang sejenis. Manajemen perbaikan berkelanjutan selalu

membawa ke arah perubahan yang lebih baik. Kendala utama untuk melaksanakan manajemen perbaikan berkelanjutan adalah faktor mental. Orang yang pertama kali melaksanakan manajemen perbaikan berkelanjutan akan merasa tidak nyaman. Mereka akan merasa kebiasaan mereka diubah secara mendadak. Seiring dengan waktu mereka akan memahami tentang manajemen perbaikan berkelanjutan dengan sendirinya. Jika suatu organisasi dalam melaksanakan prinsip manajemen perbaikan berkelanjutan, secara pelan tetapi pasti, akan memengaruhi orang-orang yang berada di dalam organisasi tersebut, karena akan menjadi budaya kerja untuk selalu memperbaiki diri, tidak menyerah pada keterbatasan yang ada. Organisasi dan anggotanya akan selalu berupaya untuk memperbaiki kondisi yang ada dengan sumber daya yang tersedia, seandainya terpaksa harus berinvestasi pun jumlahnya relatif kecil.

112



Jenis kegiatan yang di dalamnya melibatkan orang banyak (organisasi) memerlukan adanya suatu manajemen. Manajemen tersebut berfungsi untuk mencapai tujuan yang ditargetkan, untuk menjaga keseimbangan antara tujuan-tujuan yang bertentangan, dan untuk mencapai efisiensi serta efektivitas. Manajemen yang diterapkan dalam suatu organisasi akan menentukan hasil yang akan dicapai oleh organisasi tersebut. Hasil yang lebih menekankan pada kualitas, karena masyarakat lebih memilih hasil yang berkualitas. Berdasarkan kondisi demikian, persoalan kualitas menjadi sangat penting bagi kelangsungan hidup dan pertumbuhan organisasi. Menyadari hal ini, banyak organisasi formal secara progresif mencari pola manajemen yang paling efektif untuk mencapai kualitas yang baik.

Di antara sistem manajemen yang ada, banyak organisasi atau lembaga yang menerapkan sistem manajemen perbaikan berkelanjutan, seperti pada industri Toyota Astra, Nissan Motors,

industri asuransi LA Buenos Aries, dan industri besar lainnya. Manajemen perbaikan berkelanjutan artinya ‘penyempurnaan’ atau ‘perbaikan’ berkesinambungan yang melibatkan semua orang, baik manajemen puncak, manajer maupun seluruh karyawan, karena manajemen perbaikan berkelanjutan adalah tanggung jawab setiap individu/orang (Maasaki Imai, Gemba: 1997: 64).

2. Perbaikan, Perawatan, dan Inovasi

Perbaikan, perawatan, dan inovasi merupakan suatu kegiatan yang dilakukan dengan sadar untuk menjaga suatu peralatan agar selalu dalam keadaan baik dan siap pakai. Perawatan juga bertujuan untuk mencegah kerusakan dan menjaga peralatan agar tetap terjaga dan awet selama pemakaian. Berdasarkan spesifikasinya perawatan dibedakan menjadi tiga jenis berikut.

a. Perawatan Rutin

Proses perawatan yang sudah diatur dan diorganisasikan untukantisipasi suatu perubahan yang terjadi pada peralatan tersebut pada masa akan datang. Perawatan ini adalah perawatan yang direncanakan dan bertujuan untuk memaksimalkan peralatan agar selalu dalam kondisi baik dan optimal, usia peralatan akan lebih panjang dan awet, menjamin bagi operator, dan memaksimalkan kinerja peralatan ketika hendak digunakan.

b. Perawatan Tidak Terduga

Perawatan tak terencana adalah jenis perawatan yang sifatnya dadakan yang mana peralatan tersebut mengalami permasalahan ketika hendak digunakan dan diharuskan melakukan perbaikan.



3. Inovasi

Inovasi merupakan perbaikan drastis sebagai hasil dari investasi sumber daya yang berjumlah besar, bertujuan untuk mengembangkan peralatan menjadi lebih inovatif baik dari segi kegunaan dan efektivitas.

Manajemen memiliki dua fungsi utama dalam konteks manajemen perbaikan berkelanjutan, yaitu perawatan dan perbaikan. Perawatan berkaitan dengan kegiatan untuk memelihara teknologi, sistem manajerial, standar operasional yang ada, serta menjaga kondisi tersebut melalui pelatihan dan disiplin. Tentunya karyawan, operator dan teknisi, serta seluruh elemen yang terlibat dalam suatu bengkel akan sangat dituntut peranannya masing-masing dalam melakukan perawatan di bengkel las lengan robot. Berikut ini adalah pembagian tugas ketika berada di dalam bengkel las lengan robot.

Tabel 10. Pembagian Pandangan Tugas.

	Inovasi	Perbaikan	Perawatan
Manajemen Puncak	V		
Manajemen Madya	V	V	V
Supervisor		V	V
Karyawan			V

4. Orientasi Proses atau Hasil

Manajemen perbaikan berkelanjutan menekankan pada pola pikir berorientasi proses karena hasil akan meningkat bila proses berlangsung secara sempurna. Kegagalan mencapai hasil yang direncanakan merupakan cermin dari kegagalan proses. Oleh karena itu, manajemen harus menemukan dan memperbaiki proses tersebut. Pendekatan berorientasi proses harus diterapkan dalam pencanangan manajemen perbaikan berkelanjutan, seperti siklus **PDCA** (*plan-do-check-action*), siklus



SDCA (*standardize-do-check-action*), **QCD** (*quality, cost, delivery*), **TQM** (*total quality management*), **JIT** (*just-in-time*), dan **TPM** (*total productive maintenance*). Dalam manajemen bengkel las lengan robot kali ini akan digunakan metode siklus PDCA dan SDCA. Penjelasan dari metode yang digunakan dalam bengkel las lengan robot sebagai berikut.

a. PDCA (*Plan-do-check-action*)

PDCA merupakan suatu proses pemecahan masalah empat langkah iteratif yang umum digunakan dalam pengendalian kualitas. PDCA dikenal sebagai “siklus Shewhart”, karena pertama kali dikemukakan oleh Walter Shewhart beberapa puluh tahun yang lalu. Namun dalam perkembangannya, metodologi analisis PDCA lebih sering disebut “siklus Deming”. Hal ini karena Deming adalah orang yang mempopulerkan penggunaannya dan memperluas penerapannya. Namun, Deming sendiri selalu merujuk metode ini sebagai siklus Shewhart, dari nama Walter A. Shewhart, yang sering dianggap sebagai bapak pengendalian kualitas statistis. Belakangan, Deming memodifikasi PDCA menjadi PDSA (*Plan, Do, Study, Act*) untuk lebih menggambarkan rekomendasinya. Dengan sebutan apapun, PDCA adalah alat yang bermanfaat untuk melakukan perbaikan secara terus menerus tanpa berhenti.

Perusahaan memerlukan cara menilai sistem manajemen secara keseluruhan, dalam arti bagaimana sistem tersebut memengaruhi setiap proses dan karyawan serta diperluas pada setiap produk dan pelayanan. Pengendalian proses pelayanan adalah sebuah pertanda untuk perbaikan kualitas pelayanan, tetapi tergantung pada kesehatan dan vitalitas dari organisasi, kepemimpinan, dan komitmen. Konsep PDCA merupakan pedoman bagi setiap manajer untuk

proses perbaikan kualitas secara terus menerus tanpa berhenti tetapi meningkat ke keadaan yang lebih baik dan dijalankan di seluruh bagian organisasi. Pengidentifikasian masalah yang akan dipecahkan dan pencarian sebab-sebabnya serta penentuan tindakan koreksinya harus selalu didasarkan pada fakta. Hal tersebut dimaksudkan untuk menghindari adanya unsur subjektivitas dan pengambilan keputusan yang terlalu cepat serta keputusan bersifat emosional. Selain itu, perusahaan harus menetapkan standar pelayanan untuk memudahkan identifikasi masalah yang akan dipecahkan dan sebagai patokan perbaikan selanjutnya.

Kualitas saat ini sudah tidak lagi diartikan sebagai sebuah pengertian tradisional di mana kualitas hanya dipahami sebagai pemenuhan terhadap suatu persyaratan, melainkan dikaitkan sebagai suatu produk atau hasil yang dapat memuaskan konsumen dan memajukan suatu organisasi atau perusahaan. Ketika suatu organisasi atau perusahaan dibangun, berbagai tahapan atau proses harus dilalui, seperti perencanaan (*planning*), pelaksanaan/kerjakan (*do*), pengontrolan, pengawasan, tidak terlepas dari sebuah penjagaan kualitas agar dapat menghasilkan *output* yang optimal. Tahapan dalam penjagaan sebuah kualitas agar tetap berada pada standar yang telah ditetapkan, menjadi sebuah penekanan terpenting dalam keberlangsungan hidup sebuah organisasi/perusahaan. Tahapan tersebut di antaranya adalah tahap perencanaan yang mana diperlukan sebuah prosedur perencanaan kualitas, tahap pelaksanaan diperlukan sebuah jaminan kualitas, tahap evaluasi diperlukan sebuah pengontrolan terhadap kualitas, dan tahap penjagaan serta pengembangan mutu. Untuk menciptakan sebuah produk berkualitas sesuai dengan keinginan konsumen, tidak harus mengeluarkan biaya yang lebih besar. Maka dari itu,



diperlukan sebuah program peningkatan kualitas yang baik, yaitu misalnya dengan menerapkan program PDCA (*Plan, Do, Check, Act*).

Manfaat PDCA seringkali dipergunakan dalam kegiatan KAIZEN dan DMAIC pada aktivitas LEAN SIX SIGMA. PDCA sangatlah cocok dipergunakan pada skala kecil kegiatan *continues improvement* untuk memperpendek siklus kerja, menghapuskan pemborosan di tempat kerja dan produktivitas. Sementara DMAIC akan lebih *powerfull* dalam hal menghilangkan varian *output*, kestabilan akan mutu, *improve yield*, situasi yang lebih kompleks, struktur penghematan biaya, dan efektivitas organisasi bisnis.

- 1) Untuk memudahkan pemetaan wewenang dan tanggung jawab dari sebuah unit organisasi.
- 2) Sebagai pola kerja dalam perbaikan suatu proses atau sistem di sebuah organisasi.
- 3) Untuk menyelesaikan serta mengendalikan suatu permasalahan dengan pola yang runtun dan sistematis.
- 4) Untuk kegiatan *continuous improvement* dalam rangka memperpendek alur kerja.
- 5) Menghapuskan pemborosan di tempat kerja dan meningkatkan produktivitas.

Proses PDCA di dalam ilmu manajemen, ada konsep *problem solving* yang bisa diterapkan di tempat kerja, yaitu menggunakan pendekatan P-D-C-A sebagai proses penyelesaian masalah. Dalam bahasa pengendalian kualitas, P-D-C-A dapat diartikan sebagai proses penyelesaian dan pengendalian masalah dengan pola runtun dan sistematis. Secara ringkas, proses PDCA dapat dijelaskan sebagai berikut.



1) P (*Plan* = Rencanakan)

Artinya merencanakan SASARAN (*GOAL*=TUJUAN) dan PROSES apa yang dibutuhkan untuk menentukan hasil, sesuai dengan SPESIFIKASI tujuan yang ditetapkan. *PLAN* ini harus diterjemahkan secara detil dan per subsistem. Perencanaan ini dilakukan untuk mengidentifikasi sasaran dan proses dengan mencari tahu hal-hal apa saja yang tidak beres, kemudian mencari solusi atau ide-ide untuk memecahkan masalahnya. Tahapan yang perlu diperhatikan, antara lain mengidentifikasi pelayanan jasa, harapan, dan kepuasan pelanggan untuk memberikan hasil yang sesuai dengan spesifikasi. Kemudian mendeskripsikan proses dari awal hingga akhir yang akan dilakukan. Memfokuskan pada peluang peningkatan mutu (pilih salah satu permasalahan yang akan diselesaikan terlebih dahulu). Identifikasilah akar penyebab masalahnya. Meletakkan sasaran dan proses yang dibutuhkan untuk memberikan hasil sesuai dengan spesifikasi. Mengacu pada aktivitas identifikasi peluang perbaikan dan/atau identifikasi terhadap cara-cara mencapai peningkatan dan perbaikan. Terakhir mencari dan memilih penyelesaian masalah.

2) D (*Do* = Kerjakan)

Artinya MELAKUKAN perencanaan terhadap PROSES yang telah ditetapkan sebelumnya. Ukuran-ukuran proses ini juga telah ditetapkan dalam tahap *PLAN*. Dalam konsep *DO*, harus benar-benar dihindari adanya penundaan, semakin menunda pekerjaan maka waktu semakin terbuang dan yang pasti pekerjaan akan bertambah banyak. Dalam langkah implementasi proses, dilaksanakan rencana yang telah disusun sebelumnya dan memantau proses pelaksanaan dalam skala kecil



(proyek uji coba) serta mengacu pada penerapan dan pelaksanaan aktivitas yang direncanakan.

3) C (*Check* = Evaluasi)

Artinya melakukan evaluasi terhadap SASARAN dan PROSES serta melaporkan apa saja hasilnya. Apa yang sudah dikerjakan dicek kembali, sudahkah sesuai dengan standar yang ada atau masih ada kekurangan. Memantau dan mengevaluasi proses dan hasil, terhadap sasaran dan spesifikasi dan melaporkan hasilnya. Dalam pengecekan ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu memantau dan mengevaluasi proses dan hasil terhadap sasaran dan spesifikasi. Teknik yang digunakan adalah observasi dan survei. Apabila masih menemukan kelemahan-kelemahan, maka disusunlah rencana perbaikan untuk dilaksanakan selanjutnya. Jika gagal, maka cari pelaksanaan lain, tetapi jika berhasil, dilakukan rutinitas. Mengacu pada verifikasi apakah penerapan tersebut sesuai dengan rencana peningkatan dan perbaikan yang diinginkan.

4) A (*Act* = Menindaklanjuti)

Artinya melakukan evaluasi total terhadap hasil SASARAN dan PROSES dan menindaklanjuti dengan perbaikan-perbaikan. Jika ternyata apa yang telah dikerjakan masih ada kekurangan atau belum sempurna, segera melakukan *action* untuk memperbaikinya. Proses *ACT* ini sangat penting artinya sebelum melangkah lebih jauh ke proses perbaikan selanjutnya. Menindaklanjuti hasil untuk membuat perbaikan yang diperlukan. Ini berarti juga meninjau seluruh langkah dan memodifikasi proses untuk memperbaikinya sebelum implementasi berikutnya. Menindaklanjuti hasil berarti melakukan

standardisasi perubahan, seperti mempertimbangkan area mana saja yang mungkin diterapkan; merevisi proses yang sudah diperbaiki; melakukan modifikasi standar, prosedur, dan kebijakan yang ada; mengomunikasikan kepada seluruh staf, pelanggan, dan *supplier* atas perubahan yang dilakukan apabila diperlukan; mengembangkan rencana yang jelas; dan mendokumentasikan proyek. Selain itu, juga perlu memonitor perubahan dengan melakukan pengukuran dan pengendalian proses secara teratur.

Dalam Model Proses ISO 9001, manajemen suatu organisasi dilakukan setelah memahami persyaratan-persyaratan Sistem Manajemen Mutu. Selanjutnya melakukan tahap-tahap antara lain:

- 1) menetapkan komitmennya untuk melaksanakan sistem manajemen mutu;
- 2) menetapkan kebijakan mutu dan sasaran mutu;
- 3) melakukan penetapan dan pendelegasian tugas dan wewenang;
- 4) menunjuk wakil manajemen yang bertugas mengawasi pelaksanaan sistem manajemen mutu;
- 5) melakukan tinjauan manajemen.

Tanggung jawab manajemen tersebut merupakan proses perencanaan (*plan*). Organisasi harus memenuhi proses ini terlebih dahulu dalam memulai suatu sistem manajemen mutu, barulah kemudian menetapkan dokumentasi-dokumentasi yang diperlukan untuk kelengkapan proses ini. Yang dimaksud manajemen di sini adalah manajemen puncak suatu organisasi/perusahaan, seperti Presiden Direktur, Direktur, *General Manager*, atau fungsi yang mengatur jalannya organisasi secara integral. Proses berikutnya yang



merupakan Proses Perencanaan (*plan*) adalah Pengelolaan Sumber Daya, yakni organisasi menetapkan sumber daya-sumber daya yang diperlukan untuk melaksanakan sistem manajemen mutu dan memenuhi persyaratan pelanggan.

b. SDCA (*Standardize-do-check-action*)

Hampir sama dengan PDCA, SDCA ini merupakan bagian dari perawatan dan pemeliharannya. Siklus pemeliharaan mengikuti urutan SDCA. Suatu standar dibuat berdasarkan perbaikan sebelumnya. Kemudian tindakan diambil dan hasil diperiksa untuk memastikan bahwa kinerja tercapai pada tingkat baru ini. Jika tidak, maka tindakan korektif akan diambil untuk mengembalikan kinerja.

Berikut ini beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam merencanakan manajemen pemeliharaan.

- 1) Situasi geografis bengkel, yang tersentralisasi akan lebih mudah dipelihara, tetapi bila memiliki beberapa bangunan terpencar maka harus memiliki kelompok *maintenance* terdesentralisasi dengan membentuk organisasi paralel.
- 2) Jenis peralatan (*equipment*), apabila terdapat banyak mesin yang sejenis maka melakukan *maintenance* secara sentralisasi dan sebaliknya.
- 3) Kontinuitas operasi (*operational continuity*) sesuai dengan banyaknya penggunaan peralatan.
- 4) Ukuran bangunan besar lebih banyak memerlukan tenaga *maintenance* daripada yang kecil sehingga hal ini menentukan pengawasan dan pertanggungjawaban yang berbeda-beda.
- 5) Tenaga kerja, fasilitas *training* dan kehandalannya ditentukan oleh lokasi atas ketersediaan tenaga kerja yang andal. Apabila mengalami kesulitan, pengawas

dan fasilitas *training* yang baik harus lebih mudah didapat.

- 6) Ruang lingkup bagi *maintenance*, bila suatu bagian *maintenance* diberi tanggung jawab hanya untuk memelihara mesin saja, maka beban organisasinya tidak seberat suatu bagian *maintenance* yang tanggung jawabnya meliputi bidang kerja lain.
- 7) Jenis bengkel tentunya memiliki kepentingan berbeda atas pelayanan *maintenance* yang baik.

Pemeliharaan (*maintenance*) (Paul: 1989) adalah suatu kegiatan yang dilakukan secara sengaja (sadar) terhadap suatu fasilitas dengan menganut suatu sistematika tertentu yang bertujuan agar fasilitas tersebut dapat berfungsi, beroperasi dengan lancar, aman, efektif, dan efisien. Kegiatan pemeliharaan bukanlah pekerjaan yang ala kadarnya, bukan pekerjaan asal-asalan, tetapi pekerjaan yang memerlukan perencanaan, pembiayaan, dan kesungguhan. Pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*), yaitu pemeliharaan yang dilakukan agar fasilitas/mesin/peralatan terhindar dari laju kerusakan yang cepat (tidak wajar). Perbaikan (*corrective maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan apabila terjadi kerusakan untuk mengembalikan mesin/peralatan pada kondisi semula.

Pemeliharaan darurat (*emergency maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan di luar program pemeliharaan karena terjadi sesuatu yang *emergency* (kecelakaan). Pada umumnya pemeliharaan darurat adalah perbaikan-perbaikan karena kecelakaan yang akan mengakibatkan kerusakan-kerusakan dan biasa disebut perbaikan darurat. Pra-pemeliharaan (*pre-maintenance*) adalah persiapan pemeliharaan agar dalam pelaksanaan pemeliharaan nantinya lebih lancar dan memenuhi sasaran. Kegiatan pra-



pemeliharaan ini antara lain seperti penyusunan program pemeliharaan; penyediaan peralatan dan bahan pemeliharaan sesuai dengan fasilitas objek pemeliharaan; penyiapan lokasi seperti fondasi/lantai dan tata letak (*lay-out*) yang memadai; penyiapan sarana penunjang seperti listrik, air, dan udara; persiapan tenaga pelaksana pemeliharaan (organisasi) dan administrasi pemeliharaan. Pemeliharaan harian (*routine maintenance*) merupakan pemeliharaan yang dilakukan setiap hari atau setiap mesin/peralatan/fasilitas dioperasikan.

5. Pendekatan JIT (*Just In Time*)

Konsep *Just In Time (JIT)* adalah suatu konsep di mana bahan baku yang digunakan untuk aktivitas produksi didatangkan dari pemasok atau *supplier* tepat pada waktu bahan itu dibutuhkan oleh proses produksi. Hal tersebut akan sangat menghemat bahkan meniadakan biaya persediaan barang/penyimpanan barang/*stocking cost*. Teori konsep *just in time* ditemukan oleh seorang berkebangsaan Jepang bernama Taiichi Ohno dari industri kendaraan motor Toyota. Perhitungan serta kerja sama yang baik antara penyalur, pemasok, dan bagian produksi haruslah baik. Keterlambatan akibat salah perhitungan atau kejadian lainnya dapat menghambat proses produksi sehingga dapat menimbulkan kerugian bagi industri. Pendekatan ini mempunyai ciri-ciri antara lain: pelayanan secepat mungkin, akurat, relevan dan selamat; pelaksanaan produksi harus senantiasa berorientasi pada kebutuhan pelanggan; dan ada pengendalian dalam proses produksi.

Semakin mengecilnya batas antarnegara, perbedaan kualitas produksi antara produsen satu dengan yang lainnya saat ini semakin menipis. Industri yang paling efisien dan cepat dalam *men-deliver* produknya yang akan mampu memenangkan persaingan di dunia global saat ini. Salah satu hal yang urgen



untuk diefisiensikan ialah rantai pemasok. Berbicara mengenai rantai pemasok ini, kita dihadapkan pada dua pilihan, *pull* atau *push system*. *Pull system* mengandalkan informasi permintaan dari pelanggan, sedangkan *push system* lebih mengandalkan perencanaan secara terpusat. *Pull system* saat ini lebih dikenal dengan sebutan metode *Just In Time (JIT)*. Menariknya, penerapan metode JIT dengan tepat dan kreatif, terbukti mampu membawa sebuah industri ke titik terbaiknya. Banyak manfaat yang dapat diperoleh dengan adanya penerapan JIT di antaranya mengurangi produk cacat, mengurangi persediaan bahan yang belum diperlukan, memberdayakan pemasok untuk meningkatkan kualitas, dan pengendalian aliran barang.

Limbah produksi pada sistem JIT diusahakan untuk dihilangkan, misal adanya kegiatan produksi berlebih dan produk yang cacat harus ditiadakan. Sistem JIT menggunakan *pull system*, artinya mengandalkan informasi dari pelanggan. Berikut ini akan diuraikan bagaimana cara mewujudkan JIT, yaitu setiap proses harus berorientasi JIT, pengendalian kualitas produk, jadwal ditepati dan diusahakan stabil, menggunakan *kanban pull system*, bekerja dengan vendor, mengurangi persediaan, meningkatkan perencanaan produk, persiapan JIT dalam pekerjaan, jadwal tetap, desain tetap, kualitas penyaluran penggunaan atau pendistribusian yang terstandar, kualitas proses pembelajaran produksi yang baik dan adanya *data base* yang lengkap. Konsep penerapan sistem JIT antara lain dengan memperluas jaringan, menggunakan teknologi ICT, berorientasi pada kualitas, perencanaan beban yang seragam, mempersingkat waktu persiapan. Pendekatan JIT dapat diterapkan di bengkel las lengan robot mengingat bahwa tidak sedikit inefisiensi terjadi di bengkel las lengan robot termasuk dalam penyimpanan bahan baku yang terlalu lama sehingga dapat menimbulkan kerugian.

6. *Total Productive Maintenance (TPM)*

Bidang produksi sudah lama memiliki sistem manajemen ketika orang belum memperhatikan bagaimana cara mengatur bidang perawatan karena hanya dianggap sebagai penunjang yang tidak perlu diatur lebih cermat. Setelah teknologi permesinan menjadi lebih rumit dan kapasitas produksi yang dimiliki pabrik semakin besar, mulai terasa ketidakmampuan mesin untuk memenuhi target produksi yang artinya merupakan suatu kerugian besar. Ketidakmampuan tersebut diakibatkan oleh gangguan/kerusakan yang tidak bisa diperkirakan sebelumnya dan hanya dapat diatasi apabila pabrik memiliki manajemen yang baik di bidang perawatan sehingga dimulailah masa perkembangan manajemen perawatan dari yang paling sederhana, yaitu "*Breakdown Maintenance*" hingga saat ini dikenal sebagai "*Total Productive Maintenance*".

TPM atau *Total Productive Maintenance* adalah sebuah sistem manajemen perawatan yang dalam prosesnya melibatkan orang mulai dari manajer hingga ke operator dan teknisi di level paling bawah. Sistem ini bersifat menyeluruh (total) dan terintegrasi dengan baik, meliputi personil perawatan, piranti dan alat uji, suku cadang, fasilitas khusus, data dan perangkat lunak. Biaya yang tidak tepat akan berdampak pada tingginya kontribusi biaya. *Total Productive Maintenance* merupakan suatu filosofi yang bertujuan memaksimalkan efektivitas dari penggunaan fasilitas di dalam industri, tidak hanya dialamatkan pada perawatan saja tetapi pada semua aspek operasi dan instalasi fasilitas produksi termasuk di dalamnya peningkatan motivasi orang-orang yang belajar dalam industri tersebut.

Komponen dari TPM secara umum terdiri atas 3 bagian. *Total approach*: semua orang ikut terlibat, bertanggung jawab, dan menjaga semua fasilitas yang ada dalam pelaksanaan





TPM. *Productive action*: sikap proaktif dari seluruh karyawan terhadap kondisi dan operasi dari fasilitas industri. *Maintenance*: pelaksanaan perawatan dan peningkatan efektivitas dari fasilitas serta kesatuan operasi produksi. Biaya perawatan dikeluarkan disebabkan kerugian karena kerusakan alat, pengoperasian mesin yang tidak standar, personil tidak memadai, suku cadang tidak tersedia, tidak ada alat uji, dan tidak adanya data tercatat baik pembelian, penggunaan maupun data lainnya. *Total Productive Maintenance* (TPM) merupakan jawaban yang akan mampu mengatasi kerugian dengan program yang terdiri dari kegiatan kelompok kecil untuk menanggulangi penyebab kerugian, perbaikan mesin untuk mencapai kondisi operasi maksimal dan mengurangi laju keausan, keterlibatan operator produksi untuk menjaga kondisi dasar alat/mesin, meningkatkan sifat mampuelihara (*maintainability*) dan mampu tunjang (*sustainability*), peningkatan efektivitas biaya dan efisiensi pekerjaan perawatan, serta program perawatan pencegahan (*maintenance prevention*) yang merupakan integrasi dari perawatan, *engineering*, dan desainer.

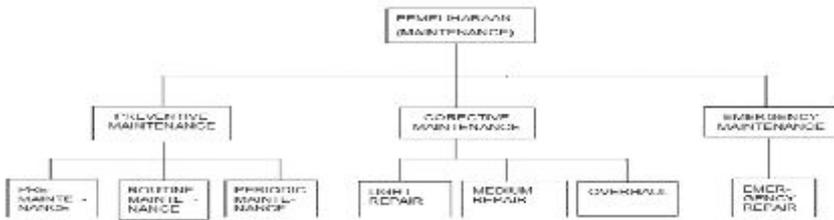
Kehandalan alat, sifat mampuelihara, dan mampu tunjang diperhitungkan sedini mungkin, yaitu pada saat desain. Kemudian analisis yang cermat dari *engineer* diperlukan untuk menentukan keseimbangan antara perawatan pencegahan dan perawatan korektif/perbaikan. Kelemahan bisa ditemukan pada saat *commisioning* dan diupayakan semua alat semaksimal mungkin bisa bebas perawatan (*maintenance free*). Batasan TPM terdiri dari 5 unsur, yaitu membangun kerja sama di industri untuk memaksimalkan efektivitas sistem produksi, pendekatan lapangan membangun organisasi yang menangkal setiap kerugian sepanjang masa pakai sistem produksi, implementasi TPM ke seluruh departemen (lintas sektoral), melibatkan setiap individu mulai dari pimpinan hingga pekerja lapangan (lintas

level), mengadakan kegiatan “*zero-loss*” melalui kelompok kecil (motivasi).

TPM sangat sesuai dengan kondisi tempat kerja praktik di bengkel las lengan robot karena jumlah *user* dan peralatan yang sangat banyak serta terbatasnya waktu dan jumlah teknisi. Operator/teknisi setiap mesin harus melakukan perawatan rutin, baik harian, mingguan, hingga bulanan. Perawatan yang dilakukan seperti pembersihan, pengecekan, pelumasan, sampai pemantauan kondisi mesin dan pencatatan/input riwayat mesin ke server dengan memanfaatkan *software* yang ada. Berdasarkan pengalaman, strategi ini berjalan dengan baik, peralatan dan utilitas lainnya berjalan dengan handal. TPM ini akan sangat didukung oleh *software* sehingga data digital riwayat mesin atau peralatan dapat dikelola dengan baik dan semua elemen organisasi yang membutuhkan data perawatan dan perbaikan dapat mengakses dengan cepat di ruangnya masing-masing. Menerapkan *Computerize Maintenance Management System* (CMMS), yang mana teknisi menjadi sentral manajemen perawatan unit atau bagian, menjadi *client*/konsumen.

7. Pemeliharaan

Pemeliharaan (*maintenance*) adalah suatu kegiatan yang dilakukan secara sengaja (sadar) terhadap suatu fasilitas menggunakan suatu sistematika tertentu dengan tujuan agar fasilitas tersebut dapat berfungsi, beroperasi dengan lancar, aman, efektif, dan efisien. Kegiatan pemeliharaan bukanlah pekerjaan yang ala kadarnya, bukan pekerjaan yang asal-asalan, tetapi pekerjaan yang perlu perencanaan, pembiayaan, dan kesungguhan.



Gambar 33. Diagram Maintenance

8. Preventive Maintenance

Pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) adalah pemeliharaan yang dilakukan agar fasilitas/mesin/peralatan terhindar dari laju kerusakan yang cepat (tidak wajar).

- a. Pra-pemeliharaan (*pre-maintenance*) ialah tahap persiapan sebelum melakukan pemeliharaan agar dalam pelaksanaan pemeliharaan nantinya lebih lancar dan memenuhi sasaran. Kegiatan pra-pemeliharaan ini antara lain seperti penyusunan program pemeliharaan; penyediaan peralatan dan bahan pemeliharaan sesuai dengan fasilitas objek pemeliharaan; penyiapan lokasi seperti fondasi/lantai dan tata letak (*lay-out*) yang memadai; penyiapan sarana penunjang seperti listrik, air, dan udara kempa; persiapan tenaga pelaksana pemeliharaan (organisasi); dan administrasi pemeliharaan.
- b. Pemeliharaan harian (*routine maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan setiap hari atau setiap mesin/peralatan/fasilitas dioperasikan. Kegiatan yang dilakukan seperti pencegahan beban lebih, pencegahan korosi, pelumasan apabila diperlukan, keselamatan dan keamanan fasilitas, kebersihan dan ketertiban. Kegiatan pemeliharaan harian ini biasanya dilakukan oleh karyawan/teknisi bengkel.

- c. Pemeliharaan berkala (*periodic maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan secara berkala sesuai dengan jadwal yang telah diprogramkan. Pembuatan jadwal tersebut berdasarkan kepentingan perlakuan terhadap objek pemeliharaan misalnya keperluan penggantian oli seharusnya berapa jam kerja, penyetelan ulang bagian-bagian yang bergerak setiap berapa bulan, dan sebagainya. Pemeliharaan berkala dikenal berdasarkan periode waktu pemeliharaan di antaranya pemeliharaan mingguan, bulanan, dan tahunan. *Weekly maintenance* (pemeliharaan mingguan) ialah pemeliharaan yang dilaksanakan seminggu sekali atau dua minggu sekali atau tiga minggu sekali. *Monthly maintenance* (pemeliharaan bulanan) ialah pemeliharaan yang dilakukan satu bulan sekali atau tiga bulan sekali (tiga bulanan) atau setiap enam bulan sekali (semesteran). *Yearly maintenance* (pemeliharaan tahunan) ialah pemeliharaan yang dilakukan setiap satu tahun sekali atau dua tahun sekali.



9. *Corective Maintenance*

Perbaikan (*corective maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan apabila terjadi kerusakan untuk mengembalikan mesin/peralatan pada kondisi semula. Perbaikan ringan (*light repairing*) ialah perbaikan-perbaikan dari kerusakan ringan termasuk yang ditemukan pada waktu pengecekan (pemeliharaan berkala) yang perbaikannya cukup dengan penggantian komponen (*replacement*) dan tidak memerlukan waktu dan biaya tinggi. Perbaikan medium (*medium repairing*) ialah perbaikan-perbaikan dari kerusakan akibat aus atau akibat kecelakaan yang perbaikannya memerlukan perbaikan komponen dengan biaya yang lebih tinggi dan waktu kerja yang lebih lama. Servis

besar (*overhaul*) ialah perbaikan total akibat ke ausan (lama pemakaian) dengan perbaikan maupun penggantian komponen. Perbaikan atau *overhaul* ini biasa dilakukan oleh teknisi dan/atau teknisi ahli, sedangkan untuk mencapai hasil yang optimal perlu kiranya menganut suatu sistematika perbaikan yang telah ditentukan. Perbaikan darurat (*emergency repairing*) ialah perbaikan dari kerusakan akibat kecelakaan yang perbaikannya bersifat sementara untuk menunggu perbaikan yang sempurna atau langsung diperbaiki secara sempurna.

Sistem pemeliharaan memiliki istilah-istilah yang sering digunakan, seperti *running maintenance* ialah pemeliharaan suatu mesin/peralatan/fasilitas dalam keadaan bekerja atau dioperasikan/digunakan. *Shutdown maintenance* ialah pemeliharaan suatu mesin/peralatan/fasilitas yang mana mesin/peralatan/fasilitas tersebut harus diberhentikan/tidak dipergunakan, karena tidak mungkin dilakukan pemeliharaan bila mesin/peralatan/fasilitas dalam keadaan bekerja/ dipergunakan. *Lack of maintenance* ialah kekurangan atau kelemahan dalam pemeliharaan atau disebut juga pemeliharaan yang tidak baik. *Predictive maintenance* atau pemeliharaan prakiraan ialah kegiatan pemeliharaan yang memperkirakan umur atau masa pakai efektif dan efisien suatu komponen sehingga orang dapat memperkirakan kapan komponen tersebut harus mendapat perlakuan pemeliharaan.

10. *Emergency Maintenance*

Pemeliharaan darurat (*emergency maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan di luar program pemeliharaan kerana terjadi sesuatu yang *emergency* (kecelakaan). Biasanya pemeliharaan darurat itu adalah perbaikan-perbaikan kerana kecelakaan yang akan mengakibatkan kerusakan-kerusakan dan biasa disebut perbaikan darurat.



G. Culture, Climate, Control

Culture/climate/control, melakukan pembudayaan K3 di lingkungan kerja, kemudian dilakukan kontrol, *monitoring*, dan evaluasi secara berkala. Berawal dari laporan International Atomic Energy Authority (IAEA) pada tahun 1991 tentang kecelakaan yang terjadi di Chernobyl yang memperkenalkan budaya keselamatan, perhatian akan budaya keselamatan pada suatu organisasi mulai dilirik sebagai salah satu penyebab terjadinya *major accident*. Usaha untuk menurunkan tingkat kecelakaan dimulai dari usaha untuk memperbaiki dan meningkatkan teknologi (*engineering, equipment, safety, compliance*) dan sistem (*integrating HSE, certification, competence, risk assessment*), tetapi teknologi dan sistem ini tidak dapat menurunkan tingkat kecelakaan sampai pada tingkat yang diinginkan. Kemudian pada akhir tahun 1990 dilakukan pendekatan budaya (*behavior, leadership, accountability, attitudes, HSE as profit center*), ternyata pendekatan ini dapat menurunkan tingkat kecelakaan ke level yang lebih rendah.

Tingkatan paling bawah dari budaya keselamatan adalah *pathological*, yakni pada kondisi ini setiap orang yang ada dalam organisasi tidak ada yang peduli satu sama lain karena menganggap hal tersebut adalah tanggung jawab dan risiko masing-masing. Tingkatan kedua sedikit lebih baik daripada tingkatan pertama, yaitu reaktif, di mana sudah terbentuk budaya bertindak setelah terjadi kecelakaan atau kegagalan. Tingkatan ketiga adalah *calculative*, yakni pada tingkatan ini sudah terdapat sistem pengendalian bahaya dan risiko di tempat kerja. Tingkatan keempat adalah proaktif, yakni *safety leadership* dan *values* sudah diterapkan, dan perbaikan secara terus menerus sudah dilakukan dengan melibatkan pekerja untuk bersifat proaktif dalam mengidentifikasi potensi bahaya dan risiko.

Tingkatan paling tinggi adalah generatif. Pada tingkatan ini, Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) sudah merupakan bagian dari setiap proses dan kegiatan bisnis pada perusahaan tersebut dalam segala



tingkatan. Edgar Schein, ahli psikologi organisasi, mengembangkan model tentang budaya organisasi yang dikelompokkan pada tiga tingkatan, yaitu sesuatu yang dapat langsung teramati disebut artifak dan perilaku, sedangkan yang tidak teramati tetapi bisa diketahui dan dijabarkan adalah tata nilai, dan terakhir adalah asumsi dasar. Menurut model ini, setiap budaya keselamatan pada hakikatnya mempunyai karakteristik tertentu. Karakteristik tersebut akan tampak pada tiap tingkatan baik pada tingkat artifak dan perilaku, tingkat tata nilai maupun pada tingkat asumsi dasar. Budaya keselamatan dapat ditinjau dari kaca mata ketidakpastian manajemen organisasi. Ada dua pendekatan terhadap ketidakpastian organisasi, yaitu:

1. meminimalkan ketidakpastian (*minimizing uncertainties*-MU);
2. mengatasi ketidakpastian (*coping with uncertainties*-CU).

Terdapat kekurangan dan kelebihan masing-masing dari kedua metode pendekatan di atas. Sistem budaya keselamatan diusulkan untuk mengoordinasikan dan mengintegrasikan kedua metode tersebut. Berdasarkan konsep *socio-technical model* dari budaya keselamatan dikembangkan angket pertanyaan yang dapat digunakan untuk audit manajemen dan budaya keselamatan. Ada 3 pendekatan konsep *socio-technical model*, yaitu *proactive*, *socio-technical integration*, dan *values consciousness*. Mengaitkan sistem manajemen, budaya keselamatan dan *socio technical model* dapat mengurangi kelemahan budaya keselamatan, karena

1. budaya keselamatan akan lebih terpancang dan mengakar pada keseluruhan organisasi;
2. desain organisasi akan terhubung dengan prinsip keselamatan baik dari sisi material dan imaterial (moral).

Peran budaya keselamatan dalam pendekatan CU adalah *soft coordination*, sedangkan pendekatan MU adalah *hard coordination*. Pendekatan CU dengan *soft coordination* lebih sesuai dilakukan untuk peningkatan partisipasi, keterlibatan, perilaku, tanggung



jawab, kepemimpinan, dan interaksi tim. Sementara pendekatan MU dengan *hard coordination* lebih menekankan pada perintah dan kontrol sehingga lebih sesuai untuk pekerjaan rutin. Untuk mengembangkan budaya keselamatan yang positif, ada beberapa poin yang harus dilakukan, yaitu mengubah sikap dan perilaku, komitmen manajemen, keterlibatan karyawan, strategi promosi, *training* dan seminar, dan program khusus. Budaya keselamatan yang positif memiliki lima komponen, yaitu

1. komitmen manajemen terhadap keselamatan;
2. perhatian manajemen terhadap pekerja;
3. kepercayaan antara manajemen dan pekerja;
4. pemberdayaan pekerja;
5. pengawasan, tindakan perbaikan, meninjau ulang sistem dan perbaikan secara terus menerus.

Ada dua pendekatan untuk mengukur kinerja sistem keselamatan, yaitu

1. *reactive, downstream or lagging indicators*;
2. *proactive, upstream or leading indicators*.

Berdasarkan hasil kajian berbagai literatur tentang budaya keselamatan yang dilakukan oleh Choudhry R.M., et al., dapat disimpulkan bahwa

1. ditemukan banyak organisasi termasuk bidang konstruksi yang sangat tertarik dengan konsep budaya keselamatan sebagai media untuk mengurangi kecelakaan kerja;
2. dari sisi definisi dapat ditegaskan bahwa budaya keselamatan tidak sama dengan iklim keselamatan. Iklim keselamatan merupakan produk dari budaya keselamatan;
3. budaya keselamatan yang positif akan menghasilkan sistem manajemen keselamatan yang efektif.



H. Knowledge and Knowhow

Implementation knowledge/knowhow merupakan kegiatan diklat dan pelatihan yang dilakukan sebagai kelanjutan dari budaya K3. *Knowledge* merupakan kemampuan yang dimiliki pekerja dalam mengetahui informasi tentang masalah. Ima Ismara dan Eko Prianto (2017: xxvii) mengemukakan bahwa *knowledge/knowhow* melakukan pengembangan untuk penelitian dan diklat sebagai tindakan lebih lanjut. Dengan adanya pengetahuan maka seharusnya dilakukan pengembangan terhadap sistem K3 yang ada, yang ditujukan untuk menyesuaikan keadaan yang terus berubah dan memperkecil risiko-risiko yang ada. Keberagaman *knowledge* pekerja sangat berpengaruh terhadap penyusunan kebijakan yang akan dilakukan karena dalam penyusunannya memiliki banyak referensi yang dapat digunakan sebagai sumber. Dengan berbagai sumber referensi yang dimiliki membuat penyusunan kebijakan menjadi sangat berkualitas dibandingkan sumber referensi yang sedikit.

134
•
•
•

I. Standardize

Implementation standardize merupakan aturan perundangan yang mengatur tentang K3, seperti UU K3, keputusan menteri, ISO, NIOSH, OHSAS (Ismara Ima & Prianto Eko, 2017: xxvii). Aturan perundangan yang mengatur tentang K3 seperti berikut.

1. Undang-Undang, antara lain UU Nomor 1 Tahun 1970 tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan.
2. Keputusan Menteri, antara lain Keputusan Menteri Tenaga Kerja RI Nomor: Kep-51/Men/1999 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika di Tempat Kerja, Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 876/Menkes/SK/IX/VIII/2001 tentang Pedoman Teknis Analisis Dampak Lingkungan, Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 315/Menkes/SK/III/2003 tentang

- Komite Kesehatan dan Keselamatan Kerja Sektor Kesehatan.
3. Peraturan Menteri, antara lain Peraturan Menteri Tenaga Kerja No: PER.05/MEN/1996 tentang Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja.
 4. Peraturan Pemerintah, antara lain Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 1999 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan.
 5. Surat Edaran, antara lain Surat Edaran Dirjen Binawas No.SE.05/BW/1997 tentang Penggunaan Alat Pelindung Diri.
 6. NIOSH.
 7. OHSAS 18001.
 8. ISO 9001 & 14001 ZEROSICKS juga berhubungan dengan 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, dan Rajin) dan ECP (Ergonomic Check Point)

Ringkas, Rapi, Resik, Rawat dan Rajin atau 5R adalah gerakan dalam K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja). Ringkas artinya membereskan tempat kerja, Rapi artinya menyimpan dengan teratur, Resik artinya memelihara tempat kerja supaya tetap bersih, Rawat berarti kebersihan pribadi, dan Rajin artinya disiplin dengan selalu mentaati prosedur ditempat kerja (Ismara Ima, 2017: 7). Osada (2011) menyatakan bahwa program 5R diharapkan mampu meminimalkan pemborosan yang ada, sehingga meningkatkan produktivitas dan efektivitas perusahaan. Tujuan dari 5R adalah membudayakan sikap disiplin, bersih, dan tertata untuk pekerja supaya tetap menjaga serta memperlakukan tempat kerja secara benar. Dari penerapan tersebut maka tujuan dari 5R dapat terlaksana, yaitu keadaan tempat atau lingkungan yang aman dan nyaman sehingga manfaatnya dapat dirasakan, seperti meningkatnya keamanan, mengurangi potensi dari bahaya, nyaman, serta produktivitas dalam bekerja meningkat dan sumber daya ditempat kerja menjadi efisien.

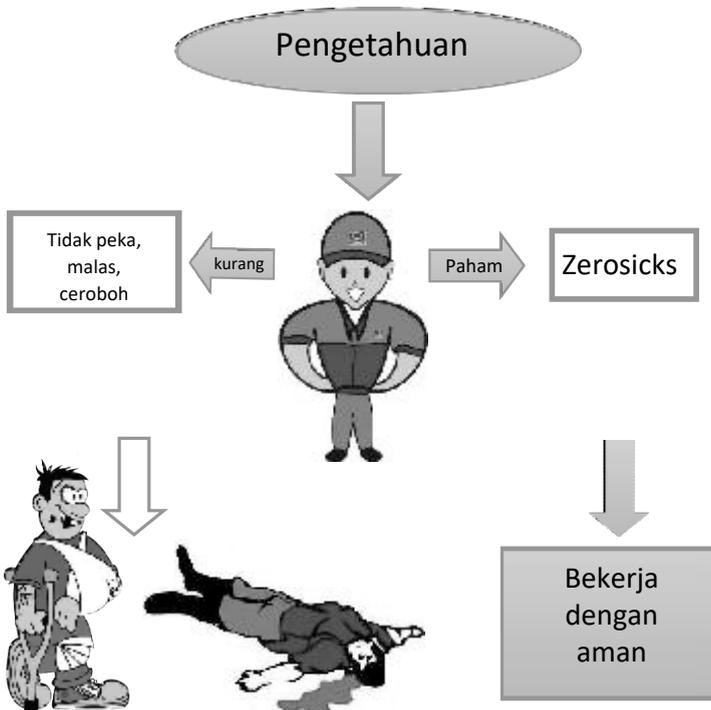
Menurut Ginting Rosnani (2010: 12), ergonomi adalah suatu cabang keilmuan yang sistematis untuk memanfaatkan informasi



mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia dalam merancang suatu sistem kerja. Sehingga orang dapat hidup dan juga bekerja pada suatu sistem yang baik, yaitu untuk mencapai tujuan yang diinginkan dengan melalui pekerjaan yang efektif, efisien, aman, dan nyaman. ECP atau *Ergonomic Check Point* adalah metode yang dipakai dalam menilai lingkungan kerja sekarang dan menerapkan lingkungan kerja yang sesuai dengan kondisi kerja (ILO, 2010). *Ergonomic Check Point* dapat diartikan bahwa ECP memiliki tiga aspek utama, yaitu manusia, pekerjaan, dan lingkungan kerja yang saling bersinambungan sehingga terjadi hubungan yang baik dan tujuan yang ingin dicapai dapat terlaksana, yaitu efektif, efisien, dan nyaman.

J. Zerosicks Secara Keseluruhan di Bengkel Las Lengan Robot

136
•
•



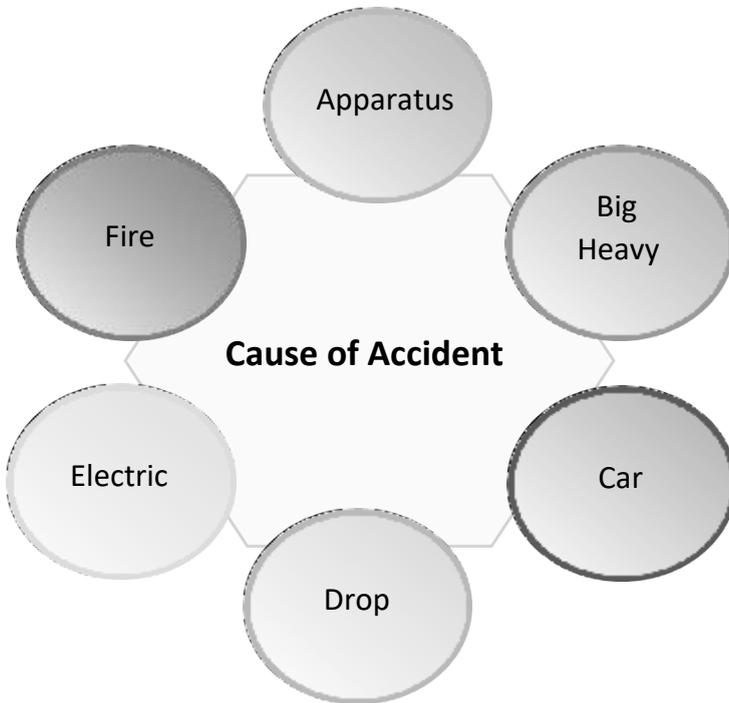
Gambar 34. Ilustrasi Penerapan Zerosicks.

Kecelakaan kerja dikategorikan menjadi 3 kategori berikut.

1. **Kecelakaan ringan:** luka kecil, tidak sampai kehilangan hari kerja.
2. **Kecelakaan sedang:** cedera, kehilangan hari kerja.
3. **Kecelakaan besar (berat):** kehilangan anggota tubuh, bahkan kematian.

Penyebab kecelakaan kerja di bengkel las lengan robot adalah sebagai berikut.

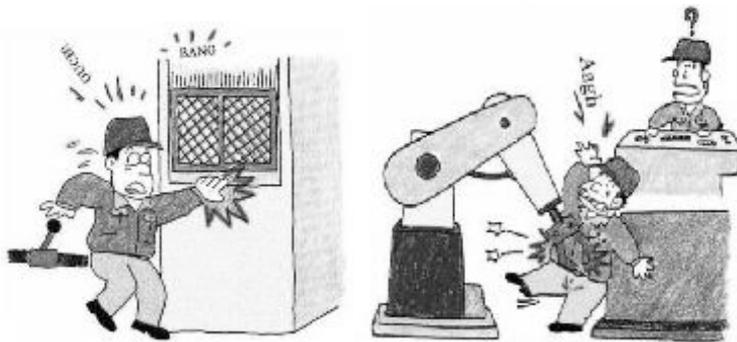
1. *Unsafe action* adalah tindakan yang tidak aman (manusia).
 - a. *Training* kurang: pekerja mengalami kecelakaan kerja karena belum memperoleh *training* terkait bahaya yang ada di lingkungan kerjanya.
 - b. Tidak disiplin: pekerja sudah di-*training* tetapi pekerja tidak disiplin dalam bekerja sehingga terjadi kecelakaan kerja.
 - c. Kondisi emosi tidak stabil: pekerja dalam kondisi emosi tidak stabil sehingga kurang fokus dalam bekerja dan berakibat terjadi kecelakaan kerja.
 - d. SOP kurang baik.
2. *Unsafe condition* adalah kondisi yang tidak aman (alat/ mesin).
 - a. Alat/ mesin rusak.
 - b. Pelindung diri tidak baik: pekerja tidak menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) sesuai ketentuan. Kecelakaan kerja bisa juga terjadi karena APD yang digunakan tidak baik.
 - c. Pelindung mesin tidak baik.
 - d. *Lay out* tidak baik.



Gambar 35. Cause of Accident.

1. Apparatus

Kecelakaan kerja terjadi disebabkan peralatan kerja.



Gambar 36. Operator Terjepit Mesin.

2. Big Heavy

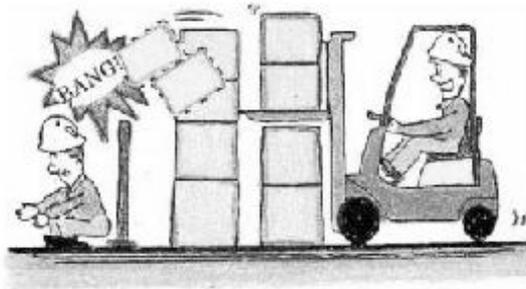
Kecelakaan kerja disebabkan kejatuhan benda berat.



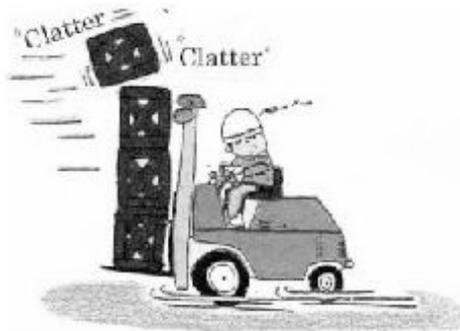
Gambar 37. Operator Tertimpa Benda Berat.

3. Car

Kecelakaan kerja disebabkan transportasi.



Gambar 38. Ujung Garpu Forklift Mengenai Benda di Depannya.



Gambar 39. Opeartor Membawa Barang Terlalu Tinggi.

4. Elektrik

Kecelakaan kerja disebabkan terkena kejutan listrik.



Gambar 40. Kabel Mengelupas dan Terkena Air.

5. Fire

Kecelakaan kerja disebabkan api/ledakan/kebakaran/terkena benda panas.



Gambar 41. Tabung Acetylene Bocor dan Meledak.

Cara menghindari bahaya:

1. pahami cara kerja mesin;
2. pahami prosedur kerja;
3. disiplin kerja;

4. gunakan sarana K3 (APD) dengan baik dan benar;
5. jangan malu bertanya



Gambar 42. Alat Pelindung Diri.

Potensi Bahaya

Tabel 11. Potensi Bahaya

Gambar	Potensi Bahaya
	<p>Dudukan kaki keranjang tidak tepat pada posisi seharusnya.</p>
	<p>Posisi tangga terbalik.</p>

	<p>Tidak ada pelindung pada motor penggerak.</p>
	<p>Kabel dan perlengkapan kerja berserakan dan berada di jalur transportasi.</p>
	<p>Tidak memakai APD (masker, kacamata, dan sarung tangan).</p>



K. Standar K3 Bengkel Las Lengan Robot

Kesehatan dan keselamatan kerja pada setiap laboratorium atau perusahaan mempunyai standar yang berbeda-beda, menyesuaikan dengan risiko pekerjaan, termasuk pada Bengkel Las Lengan Robot. Berikut adalah standar K3 di Bengkel Las Lengan Robot.

1. Ergonomi di Bengkel Las Lengan Robot

Ergonomi di bengkel atau tempat kerja adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara praktikan atau pekerja dengan berbagai hal situasi dan kondisi yang berada di bengkel. Berbagai hal situasi dan kondisi tersebut meliputi alat, profesi, dan alam dalam perancangan. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan sistem agar sesuai kebutuhan, dengan menekan kelemahan dari suatu proses pekerjaan dan tetap mengoptimalkan hasil yang didapat. Sehingga ergonomi di bengkel las lengan robot adalah hubungan atau interaksi antara praktikan dengan berbagai hal

yang ada di bengkel las lengan robot yang dapat mengoptimalkan hasil pekerjaan agar sesuai dengan rencana.

Ergonomi di bengkel las lengan robot membahas beberapa hal, yaitu konsep keseimbangan dalam ergonomi, desain sikap kerja, lingkungan kerja fisik, kebisingan di tempat kerja, kualitas udara di ruang kerja, dan beban kerja. Berbagai hal tersebut dijabarkan secara lengkap pada BAB 1.

2. Zerosicks di Bengkel Las Lengan Robot

Zerosicks merupakan akronim dari berbagai istilah yang berfungsi sebagai salah satu cara teratur untuk melaksanakan penerapan K3 sesuai dengan standar yang diacu di bengkel las lengan robot. Istilah-istilah tersebut yaitu *hazard, environment, risk, observation, opportunity, occupational, solution, implementation, culture, climate, control, knowledge, knowhow, dan standardization*.

Hazard (potensi bahaya) adalah sifat sebuah benda pada ruang kerja yang dapat menimbulkan kecelakaan kerja, seperti penggunaan las lengan robot berpotensi mengalami program eror, salah penggunaan kontrol, dan penempatan alat yang salah. *Environment* lebih mengarah pada kondisi alam sekitar tempat bekerja, baik udara, air, dan tanah sesuai dengan nilai ambang batas (NAB), contohnya bengkel las lengan robot diharuskan memiliki lingkungan yang tidak lembab disebabkan banyak peralatan bengkel terbuat dari bahan-bahan campuran besi sehingga menghindari pengkaratan. *Risk* (risiko) adalah bahaya atau hal buruk disebabkan oleh kejadian yang pernah terjadi sebelumnya atau di masa lampau, seperti contoh banyak kecelakaan kerja yang terjadi ketika memotong besi menggunakan gerinda. Oleh sebab itu, kejadian tersebut menjadi risiko yang harus diminimalikan agar tidak terjadi. *Observation* atau observasi merupakan kegiatan menelaah risiko bahaya yang akan mengakibatkan kerugian pada lingkungan kerja maupun para



pekerja, seperti contoh jika ditemukan perkiraan risiko yang akan terjadi pada las lengan robot. *Solution* atau solusi adalah kegiatan mencari solusi yang dapat dilakukan dalam mengurangi maupun mencegah terjadinya sebuah kecelakaan kerja. Implementasi adalah adanya aksi atau upaya dalam pelaksanaan, atau bisa sebagai mekanisme dalam menjalankan suatu gagasan tertentu. *Culture/climate/control*, melakukan pembudayaan K3 di lingkungan kerja, kemudian dilakukan kontrol, *monitoring*, dan evaluasi secara berkala. *Knowledge/knowhow* merupakan kegiatan diklat dan pelatihan yang dilakukan sebagai kelanjutan dari budaya K3. Standardisasi, merupakan aturan perundangan yang mengatur tentang K3, seperti UU K3, keputusan menteri, ISO, NIOSH, OHSAS. Penjelasan lebih jelas dan detail terdapat pada BAB 2.

3. *Material Handling* Layout di Bengkel Las Lengan Robot

Layout handling adalah cara penempatan fasilitas-fasilitas produksi guna memperlancar proses produksi yang efektif dan efisien. Contoh penerapan *layout handling* di bengkel las lengan robot adalah pengaturan tata letak bangunan, tata ruang kerja, dan pengaturan letak berbagai mesin-mesin peralatan dalam bangunan yang diperlukan dalam proses produksi yang efektif dan efisien. Pada *layout handling* dijelaskan mengenai prinsip dasar, tujuan, dan manfaat *layout handling* yang dijabarkan pada BAB 3.

Material handling adalah suatu pekerjaan memindahkan benda/barang dalam muatan yang berat dengan dilakukan oleh manusia atau dengan bantuan alat pemindah, contohnya adalah penggunaan truk industri, *conveyor*, atau *crane*. Pada *Material Handling* dijelaskan mengenai prinsip dasar, manfaat, prinsip, dan jenis *Material Handling* yang dijabarkan pada BAB 3.

4. *Time and Motion Study* di Bengkel Las Lengan Robot

Time study adalah penentuan total waktu yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan. Total waktu ini terdiri dari proses



mengamati dan merekam, tujuannya adalah untuk memperkirakan waktu yang wajar diperlukan untuk melakukan setiap elemen operasi hingga pekerjaan selesai. Contoh penerapan *time study* di bengkel las lengan robot adalah menghitung waktu yang dibutuhkan dalam satu kali produksi dan jumlah produk dalam satu kali periode. Pada *time study* dijelaskan tentang pengertian dasar, tujuan, penggunaan, manfaat, dan prosedur *time study* yang dijelaskan lebih detail pada BAB 4.

Motion study merupakan salah satu metode pemetaan sistem kerja dengan menganalisis gerakan anggota badan saat bekerja yang diuraikan dalam elemen-elemen gerakan sehingga dapat menghilangkan gerakan-gerakan yang tidak efektif, yang pada akhirnya dapat menghemat waktu kerja maupun pemakaian peralatan dan fasilitas kerja. Contoh dari penerapan *motion study* di bengkel las lengan robot adalah dengan terus mengevaluasi alur pekerjaan para praktikan atau pekerja sehingga efektivitas dan efisiensi pekerjaan dapat optimal. *Motion study* menjabarkan tentang manfaat, langkah-langkah, dan teknik *motion study* yang dijabarkan pada BAB 4.

5. Penerapan 5S/5R di Bengkel Las Lengan Robot

Teori 5S merupakan suatu metode penataan dan pemberdayaan area kerja yang lebih baik dan efisien. Metode ini dicetuskan pertama kali di Jepang. Penyebutan 5S adalah singkatan dari beberapa istilah, yaitu *seiri* (ringkas), *seiton* (rapi), *seiso* (resik), *seiketsu* (rawat), dan *shitzuke* (rajin).

Seiri atau ringkas dapat didefinisikan sebagai pembagian dan pemilahan segala sesuatu yang berhubungan dengan bagian-bagian bengkel berdasarkan fungsi dan manfaatnya, contoh penerapannya seperti memilah antara barang yang diperlukan dan yang tidak diperlukan di area kerja. *Seiton* atau rapi adalah mengatur semua item yang diperlukan untuk memiliki tempat

khusus (*Set in Order*), contohnya adalah segala sesuatu yang menjadi peralatan bengkel las lengan robot ditempatkan pada tempat yang sudah diatur untuk memudahkan proses produksi. *Seiso* atau resik didefinisikan untuk menjaga kebersihan area bengkel las lengan robot, contoh penerapannya adalah mewajibkan praktikan atau pekerja untuk selalu membersihkan bengkel ketika sudah selesai digunakan. *Seiketsu* atau rawat adalah upaya untuk mempertahankan tempat kerja pada tingkatan tertentu dan membuat pembatasan yang jelas berupa penilaian dan tindakan untuk memberlakukan kinerja yang sesuai standar bengkel atau ruang kerja. Salah satu contoh pembatasan atau standardisasi pada bengkel las lengan robot adalah penggunaan tempertur suhu pada mesin las. *Shitzuke* atau rajin adalah upaya untuk mempertahankan kedisiplinan dan menjaga kinerja agar sesuai standar operasional, contoh penerapannya adalah seorang *leader* yang memberikan motivasi kepada bawahannya. Penjelasan lebih lengkap dari masing-masing istilah tersebut dijabarkan pada BAB 5.

146



6. *Emergency Respon Planning* di Bengkel Las Lengan Robot

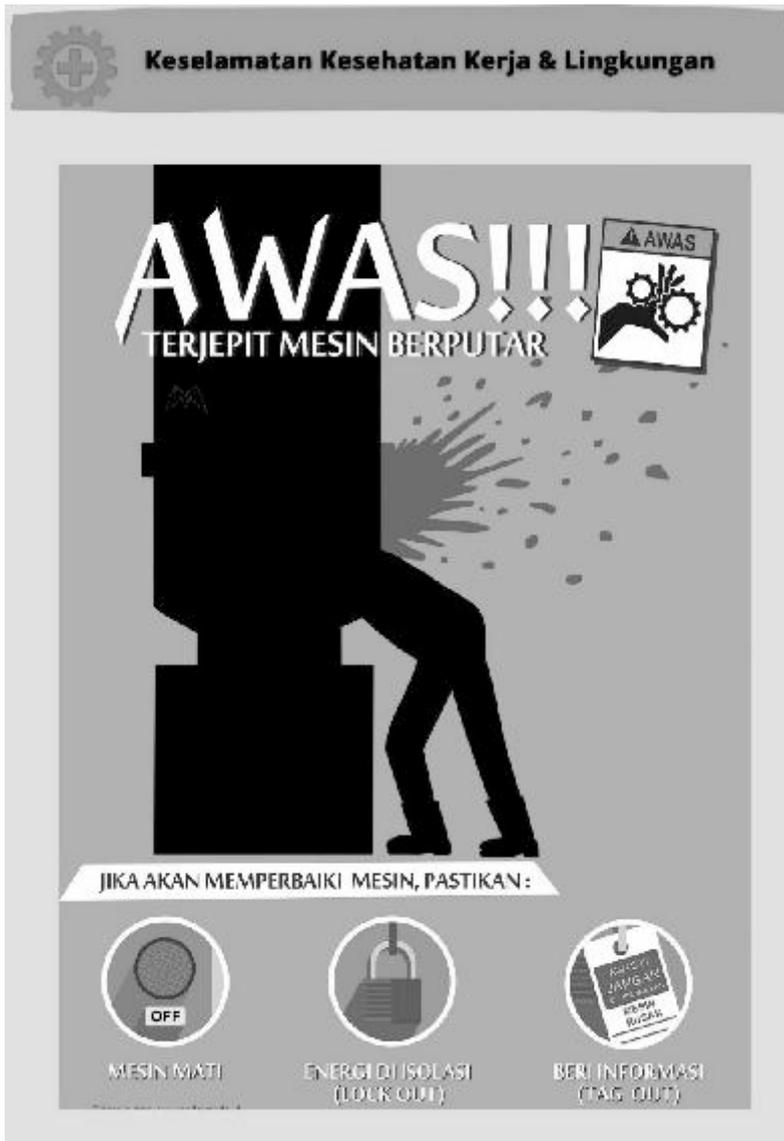
Emergency Respon Planning adalah perencanaan penanganan dan penanggulangan pada hal-hal darurat yang mengancam keselamatan pekerja dan bengkel itu sendiri. Salah satu contohnya perencanaan jika terjadi kebakaran. Pada *Emergency Respon Planning* dijelaskan tentang kebakaran, kotak P3K, *hydrant*, *fire sprinkler*, terbakar las, tersengat listrik, dan titik kumpul bencana pada BAB 6.

7. Peralatan di Bengkel Las Lengan Robot

Peralatan di Bengkel Las Lengan Robot memiliki banya alat, di antaranya adalah peralatan di ruang material, ruang mekanik, ruang pengelasan, ruang pengecatan, ruang pengeringan, ruang *quality control*, dan ruang kontrol. Penjelasan lebih detail terdapat pada BAB 7.

L. Poster

Poster diperlukan untuk mengingatkan orang-orang yang berada di lingkungan kerja di Bengkel, agar bisa lebih waspada terhadap bahaya ataupun risiko-risiko ter



Gambar 43. Poster Awas Terjepit Mesin Berputar (Sumber: Andromeda.id).



Gambar 44. Poster Mulai-Bekerja-Pulang dengan Aman.



Gambar 45. Poster Utamakan Keselamatan.



Gambar 46. Poster *Safety First*.



Gambar 47. Poster *Work Smart – Work Safe.*



Gambar 48. Poster *Safety First Rules* (Sumber: David Watson, id.postermywall.com).



Gambar 49. Poster *Protect Yourself* (Sumber : Alscotraining.com).



Gambar 50. Poster Selamatkan Diri dengan Alat Pelindung Diri (Sumber: freepik.com).



Bab 3

Material Handling Layout

A. Layout Handling

Sebuah organisasi atau instansi yang baik dan memiliki lokasi bagus yang memenuhi syarat, bukan menjadi sebuah patokan dalam menilai organisasi atau instansi dapat menjalankan produksinya dengan baik. Masih banyak faktor yang memengaruhi proses produksi dapat berjalan dengan baik. Layout dapat didefinisikan sebagai penataan fasilitas operasi secara ekonomis (Mitra Bestari, 2004: 59). Sementara menurut Zulian Yamit (1996: 120), perencanaan layout adalah rencana pengaturan semua fasilitas produksi guna memperlancar proses produksi yang efektif dan efisien. Krajewski & Ritzman (2002: 445) mengartikan perencanaan layout sebagai perencanaan yang meliputi pengambilan keputusan tentang berbagai pusat aktivitas fisik dan fasilitas ekonomi perusahaan.

Perencanaan layout menurut James A Moore adalah rencana dari keseluruhan tata fasilitas industri yang berada di dalamnya, termasuk bagaimana personelnya ditempatkan, operasi gudang, pemindahan material, dan alat pendukung lain, sehingga akan dapat

mencapai suatu tujuan yang optimal, dengan kegiatan yang ada dengan menggunakan fasilitas yang ada dalam perusahaan. Layout yang baik di dalam perusahaan, akan menimbulkan *impulse buying* bagi konsumen.

Berdasarkan pengertian di atas, perencanaan layout adalah perencanaan yang meliputi pengaturan tata letak bangunan, tata ruang kerja, pengaturan letak berbagai mesin-mesin peralatan yang berada dalam bangunan yang diperlukan dalam proses produksi. Layout pabrik disebut juga tata letak atau tata ruang di dalam pabrik. Layout adalah cara penempatan fasilitas-fasilitas produksi guna memperlancar proses produksi yang efektif dan efisien. Fasilitas pabrik dapat berupa mesin-mesin, alat-alat produksi, alat pengangkutan bahan, dan peralatan pabrik, serta peralatan yang diperlukan dalam pengawasan.

156



1. Prinsip Dasar *Layout Handling*

Sebuah organisasi atau instansi dapat dikatakan baik dan memiliki lokasi yang bagus jika memenuhi beberapa syarat. Berikut prinsip dasar yang digunakan dalam penyusunan layout.

- a. Integrasi secara total terhadap faktor-faktor produksi sehingga dalam tata letak fasilitas pabrik terintegrasi dari semua faktor yang memengaruhi proses produksi menjadi satu organisasi yang besar.
- b. Jarak pemindahan bahan paling minimum atau dekat, waktu pemindahan bahan dari satu proses ke proses yang lain dalam industri dapat dihemat dengan cara mengurangi jarak perpindahan.
- c. Memperlancar aliran kerja, diupayakan untuk menghindari gerakan balik (*back tracking*), gerakan memotong (*cross movement*), dan gerak macet (*congestion*). Dengan kata lain, material diusahakan bergerak terus tanpa adanya interupsi karena gangguan antarpekerjaan.

- d. Kepuasan dan keselamatan kerja, sehingga memberikan suasana kerja yang menyenangkan dan aman.
- e. Fleksibilitas, yaitu dapat mengantisipasi perubahan teknologi, komunikasi, dan kebutuhan konsumen. Untuk menjaga fleksibilitas, diadakan penyesuaian kembali (*relayout*), yaitu suatu perubahan kecil dalam penataan ruangan, tetapi tidak menutup kemungkinan adanya desain produk yang memungkinkan berubahnya layout secara total. Yang perlu diperhatikan adalah ketika relayout maupun layout, jika ada perubahan sedikit saja tidak akan mengganggu proses produksi.

2. Tujuan *Layout Handling*

Tujuan layout pada bengkel las lengan robot adalah meminimalkan biaya dan meningkatkan efisiensi dalam pengaturan segala fasilitas produksi dan area kerja, sehingga proses produksi dapat berjalan lancar. Efisiensi ini dapat dicapai dengan menekan biaya produksi dan transportasi/lalu-lintah bahan produksi di dalam pabrik.

3. Manfaat *Layout Handling*

- Manfaat layout pabrik diantaranya adalah sebagai berikut.
- a. Meningkatkan jumlah produksi sehingga proses produksi dituntut untuk berjalan lancar yang berimpas pada *output* yang besar dan biaya, jam tenaga kerja, serta mesin minimum.
 - b. Mengurangi waktu tunggu, artinya terjadi keseimbangan beban dan waktu kerja antara mesin yang satu dengan mesin lainnya, selain itu juga mengurangi penumpukan bahan dalam proses dan waktu tunggu.



- c. Mengurangi proses pemindahan bahan dan meminimalkan jarak antara proses yang satu dengan yang berikutnya.
- d. Hemat ruang, tidak terjadi penumpukan material dalam suatu proses dan jarak antara masing-masing mesin, tidak berjauhan sehingga akan mengoptimalkan luas bangunan untuk produksi.
- e. Mempersingkat waktu proses, jarak waktu antarmesin pendek atau antara operasi yang satu dengan yang lain berjeda sesingkat mungkin.
- f. Efisiensi penggunaan fasilitas, pendayagunaan elemen produksi yaitu tenaga kerja, mesin, dan peralatan.
- g. Meningkatkan kepuasan dan keselamatan kerja sehingga menciptakan suasana lingkungan kerja yang aman, nyaman, tertib, dan rapi. Hal ini dapat mempermudah supervisi, perbaikan, dan penggantian fasilitas produksi, meningkatkan kinerja menjadi lebih baik, dan pada akhirnya akan meningkatkan produktivitas.
- h. Mengurangi kesimpangsiuran yang disebabkan oleh material menunggu, adanya gerak yang tidak perlu, dan banyaknya perpotongan aliran dalam proses produksi (*intersection*).

158



B. Material Handling

Dalam kegiatan industri, baik itu perusahaan manufaktur maupun logistik, perusahaan tidak hanya akan fokus pada proses produksinya saja, tetapi juga kegiatan material *handling* (pemindahan material) sebelum dan sesudah produk itu jadi. Proses material *handling* ini kerap kali mengalami masalah yang kemudian menyebabkan biaya operasional perusahaan bertambah atau mengalami pemborosan. Banyak perusahaan yang tidak begitu memperhatikan mengenai prinsip-prinsip pemindahan material yang mereka lakukan.

Lalu, apa saja prinsip yang harus diterapkan dalam material *handling* sehingga menciptakan sistem pemindahan material yang tepat? Apa saja keuntungan dari material *handling* yang dilakukan dengan tepat? Dan apa saja jenis-jenis material *handling* dalam sebuah perusahaan? Berikut penjelasan lengkapnya.

1. Pengertian Material Handling

Material *handling* adalah suatu pekerjaan memindahkan benda/barang dalam muatan yang berat dengan dilakukan oleh manusia atau dengan bantuan alat pemindah. Material *handling* (penanganan material) ini merupakan proses pemindahan material berupa bahan baku, barang setengah jadi, maupun barang jadi menuju ke suatu tempat yang diinginkan. Pekerjaan memindah ini dilakukan dalam jarak yang tidak jauh dan area yang terbatas, misalnya dalam area pabrik.

2. Keuntungan Material Handling

Pemindahan material ini (material *handling*) harus ditangani dengan cara yang tepat agar kemungkinan terjadinya masalah dapat semakin berkurang. Berikut ini adalah keuntungan material *handling* apabila dilakukan dengan cara yang tepat:

- a. membantu perusahaan menghemat biaya transportasi;
- b. memperlancar proses operasional yang efektif dan efisien sehingga produktivitas perusahaan dapat ditingkatkan;
- c. menghemat waktu operasional perusahaan;
- d. meringankan beban kerja para pekerja saat melakukan aktivitas material *handling*;
- e. mengurangi risiko bahaya yang timbul akibat dari mengangkat beban yang berat bagi pekerja.

3. Prinsip Material Handling

Penanganan proses material *handling* harus dirancang dengan tepat dan dievaluasi agar secara efektif dapat memperlancar proses



operasi perusahaan. Untuk itu berikut ini adalah prinsip-prinsip desain dan sistem material *handling* yang perlu diperhatikan oleh perusahaan.

- a. *Planning*, yaitu perusahaan perlu menetapkan kebutuhan operasional, tujuan, sasaran, kinerja, spesifikasi, dan metode material *handling* yang memenuhi dimensi *movement, time, quantity, dan space*.
- b. *Standardization*, yaitu material *handling* didesain dengan standardisasi dan terintegrasi antara peralatan, sistem aplikasi, dan operator demi mencapai kinerja produktivitas yang tinggi, dan tetap mempertahankan fleksibilitas dan *modularity*.
- c. *Work*, yaitu material *handling* dapat beroperasi dengan produktivitas yang tinggi dan mudah untuk dioperasikan sesuai *service level* yang ditetapkan.
- d. *Ergonomic*, yaitu perusahaan perlu merancang alat angkut (material *handling*) yang ergonomik untuk memastikan operator material *handling equipment* aman dan nyaman dalam mengoperasikannya serta menunjang produktivitas yang tinggi, dan tidak cepat lelah.
- e. *Unit load*, material *handling* yang dirancang dapat menunjang material dengan ukuran dan dimensi yang sesuai untuk kelancaran aliran pergerakan material.
- f. *Space utilization*, yaitu pengoperasian material *handling* dirancang dengan memerhatikan penggunaan tempat yang tersedia secara efisien dan efektif.
- g. *System*, yaitu perancangan material *handling* harus terintegrasi dengan sistem operasi logistik, mulai dari bagian penerimaan, pengawasan, penyimpanan, produksi, perakitan, *packaging, unitizing, order selection, pengiriman, transportasi, dan penanganan retur* sehingga akan menghasilkan pencatatan yang lebih baik.



- h. *Automation*, yaitu material *handling* dirancang dengan menggunakan metode mekanisasi, semiotomasi, atau *full automated*, demi meningkatkan efisiensi operasional, responsif, andal, dan memungkinkan dapat mengeliminasi pekerjaan yang berulang dan tidak efisien hingga mengurangi risiko keamanan dan keselamatan tenaga kerja.
- i. *Environmental*, yaitu material *handling* dapat dioperasikan dengan pemakaian energi yang sehemat mungkin, pengembangan teknologi material *handling* dengan energi yang terbarukan, serta pemilihan material *handling* yang ramah lingkungan.
- j. *Life Cycle Cost (LCC)*, yaitu prinsip ini mencakup keseluruhan biaya selama pemakaian material *handling* (*total cost ownership*) dengan memerhatikan biaya yang paling efisien.



4. Jenis Material Handling

Penanganan material dapat dibagi menjadi beberapa kelompok, yaitu manual, diperbantukan mesin pemindah, dan pembagian material *handling* berdasarkan jalur yang dilaluinya.

Kegiatan material *handling* yang dapat dilakukan dengan cara manual meliputi lima aktivitas ringan yang dilakukan oleh manusia, yaitu:

- a. mengangkat/menurunkan (*lifting/lowering*);
- b. mendorong/menarik (*push/pull*);
- c. memutar (*twisting*);
- d. membawa (*carrying*);
- e. menahan (*holding*).

Proses material *handling* yang dibantu dengan mesin pemindah dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut.



- a. Truk industri, yaitu peralatan yang digunakan untuk memindahkan muatan yang mampu bergerak di berbagai titik dan tidak secara permanen diletakan di tempat yang tetap sehingga lebih fleksibel. Truk industri ini cocok untuk memindahkan material atau bahan produksi yang sifatnya *intermittent* (berselang) dan juga cocok untuk menangani bahan dengan berbagai ukuran dan bentuk. Adapun jenis-jenis truk industri yang bisa digunakan di antaranya seperti truk industri yang penggunaannya dengan didorong oleh tenaga manusia, tenaga listrik, maupun tenaga mesin (dengan bahan bakar minyak).
- b. *Conveyor*, yaitu peralatan yang digunakan untuk memindahkan muatan curah (banyak partikel, homogen) maupun muatan satuan secara terus-menerus. *Conveyor* biasanya digunakan untuk mengantarkan material atau bahan di operasional produksi yang terus-menerus atau produksi massal. Jenis *conveyor* yang sering digunakan di pabrik, seperti *conveyor roller*, *conveyor* roda, dan *conveyor* sabuk.
- c. *Crane* dan *hoist* (derek dan kerekan), yaitu peralatan pemindahan barang yang sifatnya mengangkat dan menurunkan beban secara vertikal. *Crane* dan *hoist* merupakan kombinasi dari mesin pemindah bahan dengan rangka pengangkat (*hoisting frame*) yang bekerja bersama-sama untuk mengangkut dan memindahkan bahan atau barang ke tempat lain.

Berdasarkan jalur yang dilaluinya, material *handling* dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori. Pertama, peralatan jalur tetap (*fixed path equipment*), yaitu peralatan material *handling* yang bergerak di jalur tetap. Contohnya *conveyor*, perangkat monorail, dan peralatan peluncuran. Kedua, peralatan jalur variabel (*variable path equipment*), yaitu peralatan material *handling* yang bergerak

tanpa batasan dalam arah gerakannya. Peralatan yang termasuk dalam kategori ini adalah seperti truk, *forklift*, *crane* dan traktor.

Penanganan material juga dapat dilakukan menggunakan alat bantu. Alat bantu ini dapat digunakan dengan tujuan memindahkan muatan ke tujuan tertentu dalam jarak terbatas (area pabrik/industri) dan dalam rentang waktu yang sudah ditentukan.

C. Norma Standar Ruang Bengkel

1. Norma dan Standar Ruang Bengkel

Ruang Produksi Las Robotik berfungsi sebagai tempat pelaksanaan kegiatan dalam memproduksi barang menggunakan teknik pengelasan dengan menerapkan manipulator berupa teknologi robotik sebagai mesin otomatis pengelasan, guna meningkatkan produktivitas dan pengerjaan yang lebih presisi dan terkontrol.

Pedoman desain ruang produksi bengkel las lengan robot dikembangkan untuk memudahkan dalam upaya meningkatkan proses produksi dan hasil produksi sesuai dengan standar keselamatan yang sudah ditetapkan. Dalam menetapkan desain sebuah ruang produksi tentunya memiliki faktor-faktor yang harus diperhatikan. Terdapat 6 fasilitas lingkungan produksi di bengkel las lengan robot.

Fasilitas lingkungan produksi di bengkel las terdapat 6 elemen, yaitu:

- a. peralatan yang terkoneksi internet;
- b. peralatan audiovisual;
- c. perabot yang mudah dipindah/ diatur sesuai kebutuhan produksi;
- d. lingkungan produksi yang mendukung interaksi sosial secara formal dan informal;



- e. peralatan yang mendukung penguasaan kompetensi kerja industri;
- f. peralatan untuk menjamin keselamatan, kesehatan kerja, dan lingkungan.

2. Spesifikasi Bangunan

Berikut ini syarat minimum untuk spesifikasi bangunan sekaligus mengacu pada standar bengkel pada umumnya, agar tercapai sebuah struktur yang memenuhi syarat mutu SNI.

Tabel 12. Spesifikasi Komponen Bangunan.

No	Komponen Bangunan	Keterangan
1.	Pondasi	Material batu kali
2.	Kolom	Beton dengan perbandingan 1:2:3
3.	Dinding	Pemasangan bata, <i>finishing</i> plester, dan acian
4.	Penutup lantai	Tidak berbahan licin
5.	Penutup dan rangka atap	Genteng metal, baja ringan C.75
6.	Penutup dan rangka plafon	Kayu lapis/GRC/gypsum dan kayu
7.	Finishing	Cat tembok, cat kayu
8.	Kusen dan dun pintu/jendela	Kayu lapis anti air/alumunium

Selanjutnya, persyaratan atau spesifikasi struktur di atas dapat didetailkan sebagai berikut ini.

a. Fondasi

Struktur fondasi harus direncanakan mampu untuk menahan beban di atasnya (beban bangunan, beban benda hidup, beban benda mati). Pada daerah dengan tanah berpasir atau lereng dengan kemiringan di atas 15 derajat, jenis fondasi disesuaikan dengan bentuk massa bangunan

untuk menghindari terjadinya likuefaksi pada saat gempa.

Fondasi untuk sekolah harus disesuaikan dengan jenis dan kondisi tanah, serta klasifikasi bangunannya. Fondasi dengan karakter khusus, maka kekurangan biaya dapat diajukan secara khusus di luar biaya standar sebagai fondasi non-standar. Untuk bangunan lebih dari tiga lantai, maka harus didukung dengan penyelidikan kondisi tanah oleh tim ahli geoteknik.

b. Kolom

Struktur kolom dapat dibedakan berdasarkan material penyusunnya sebagai berikut.

Tabel 13. Material Struktur Kolom.

No	Material kolom	Keterangan
1.	Kolom beton bertulang	<ul style="list-style-type: none"> • Tebal minimum 15 cm, tulangan 4Ø12-15 cm. • Selimut beton minimum 2.5 cm. • Mutu bahan sesuai dengan SNI yang berlaku.
2.	Kolom beton bertulang (praktis)	<ul style="list-style-type: none"> • Tebal minimum 15 cm, tulangan 4Ø12-20 cm. • Selimut beton minimum 2.5 cm. • Mutu bahan sesuai dengan SNI yang berlaku.
3.	Struktur kolom baja	<ul style="list-style-type: none"> • Mempunyai struktur (λ) maksimum 150. • Dibuat dari profil baja tunggal maupun tersusun dan harus mempunyai minimum 2 sumbu simetris. • Sambungan antara kolom baja pada bangunan bertingkat tidak boleh dilakukan pada tempat pertemuan antara balok dengan kolom, dan harus mempunyai kekuatan minimum sama dengan kolom. • Sambungan kolom baja menggunakan las ataupun las listrik, sedangkan yang menggunakan baut harus menggunakan baut mutu tinggi.



No	Material kolom	Keterangan
		<ul style="list-style-type: none">• Penggunaan profil baja tipis yang dibentuk, harus berdasarkan perhitungan-perhitungan yang memenuhi syarat kekuatan, kekakuan, dan stabilitas yang cukup.• Mutu bahan sesuai dengan SNI yang berlaku.
4.	Struktur dinding geser (jika ada)	<ul style="list-style-type: none">• Dinding geser harus direncanakan untuk berfungsi secara bersama-sama dengan struktur secara keseluruhan agar mampu memikul beban yang diperhitungkan terhadap pengaruh-pengaruh aksi akibat dari beban-beban yang mungkin terus bekerja, baik beban muatan tetap maupun beban muatan sementara yang timbul akibat gempa dan angin.• Dinding geser mempunyai ketebalan sesuai dengan ketentuan dalam SNI.
5.	Struktur kolom kayu	<ul style="list-style-type: none">• Dimensi kolom bebas diambil minimum 20 cm x 20 cm.• Mutu bahan sesuai dengan SNI yang berlaku.

c. Struktur Atap

Dalam desain struktur rangka atap, harus diperhatikan beberapa hal sebagai berikut.

- 1) Struktur atap harus berdasarkan analisis struktur yang dilakukan oleh ahlinya.
- 2) Kemiringan atap diperhitungkan agar tidak terjadi kebocoran.
- 3) Material rangka dari kayu harus tahan rayap dan sesuai dengan ukuran yang dinormalisir sesuai dengan standar nasional yang berlaku.
- 4) Pada rangka baja, sambungan yang digunakan pada rangka atap baja baik berupa baut, paku keling, atau las listrik harus memenuhi ketentuan pada Pedoman Perencanaan Bangunan Baja untuk Gedung.

- 5) Material rangka atap baja harus dilapis dengan pelapis anti korosi.
- 6) Untuk bangunan sekolah tingkat dasar, sekolah tingkat lanjutan/menengah, dan rumah negara yang telah ada komponen fabrikasi, struktur rangka atapnya dapat menggunakan komponen pre-fabrikasi yang telah ada.

3. Persyaratan Umum Bangunan Gedung

Persyaratan aspek keselamatan yang harus dipenuhi dalam rangka mewujudkan sekolah yang aman dari beban eksternal seperti gempa bumi, kebakaran, dan lainnya adalah sebagai berikut.

- a. Memiliki struktur yang stabil dan kukuh sampai dengan kondisi pembebanan maksimum dalam mendukung beban benda hidup dan beban benda mati, serta untuk daerah atau zona tertentu memiliki kemampuan untuk menahan gempa dan kekuatan alam lainnya.
- b. Dilengkapi sistem proteksi pasif dan/atau proteksi aktif untuk mencegah dan menanggulangi bahaya kebakaran dan petir.
- c. Bangunan gedung harus memenuhi syarat fasilitas dan aksesibilitas yang mudah, aman, dan nyaman untuk difabel (penyandang cacat).
- d. Bangunan gedung juga hendaknya dilengkapi dengan pengarah jalan (*guiding block*) untuk tunanetra.
- e. Persyaratan keamanan juga harus dipenuhi termasuk di dalamnya adalah mampu meredam getaran dan kebisingan saat pelajaran, kontrol kondisi ruangan, dan lampu penerangan.
- f. Kualitas bangunan gedung minimum permanen kelas B, sesuai dengan PP No. 19 Tahun 2005 Pasal 45, dan mengacu pada Standar PU.



- g. Bangunan gedung sekolah baru dapat bertahan minimum 20 tahun.
- h. Bangunan gedung dilengkapi izin mendirikan bangunan dan izin penggunaan sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

3. Persyaratan Umum Utilitas Ruangan

Utilitas ruangan harus memenuhi persyaratan minimum di antaranya sebagai berikut.

- a. Jamban antara pria dan wanita dibangun secara terpisah.
- b. Daftar kelengkapan jamban minimal terdiri dari:
 - 1) pompa penarik dan pendorong ke tangki air bersih;
 - 2) tangki air kapasitas 2 x 1.000 liter;
 - 3) instalasi listrik dan lampu penerangan;
 - 4) 2 kloset jongkok untuk toilet pria dan 3 kloset jongkok untuk toilet wanita;
 - 5) 2 unit urinoar untuk toilet pria;
 - 6) 2 unit tempat cuci tangan dilengkapi cermin; dan
 - 7) beberapa utilitas yang dapat digunakan bersama antara toilet pria dan wanita, yaitu sumber air bersih, menara air, dan septik tank.

4. Tinjauan Keselamatan, Kesehatan, dan Kenyamanan Ruang

K3 ruang yang dimaksudkan adalah mengacu pada kategori, yaitu

- a. bukaan pintu depan toilet ke arah luar (selasar), dimaksudkan untuk mempermudah proses evakuasi;
- b. setiap bilik toilet dilengkapi pintu, yang dapat dikunci dari dalam dan membuka keluar;
- c. tersedia sumber air bersih melalui PDAM maupun air tanah;
- d. dilengkapi instalasi air bersih, instalasi air kotor/limbah



- dan kotoran, *septic tank*, dan sumur resapan.
- e. bukaan cahaya minimal 10% dan bukaan ventilasi udara minimal 5% dari luas ruang jamban, untuk sehatnya kondisi ruang dengan penerangan alami, sirkulasi udara, dan kelembaban normal; dan
 - f. dilengkapi *floor drain*, sehingga tidak terjadi genangan air di lantai toilet.

5. Persyaratan Kesehatan Gedung

Persyaratan Sistem Penghawaan

a. Persyaratan Ventilasi

Setiap bangunan gedung harus mempunyai ventilasi alami dan/atau ventilasi mekanik/buatan sesuai dengan fungsinya. Bangunan gedung tempat tinggal, bangunan gedung pelayanan kesehatan khususnya ruang perawatan, bangunan gedung pendidikan khususnya ruang kelas, dan bangunan pelayanan umum lainnya harus mempunyai bukaan permanen, pada pintu dan jendela dan/atau bukaan permanen yang dapat dibuka untuk kepentingan ventilasi alami.

Jika ventilasi alami tidak memungkinkan, maka diperlukan ventilasi mekanis seperti pada bangunan fasilitas tertentu yang memerlukan perlindungan dari udara luar dan pencemaran.

Persyaratan teknis sistem ventilasi, kebutuhan ventilasi, harus mengikuti

- SNI 03-6390-2000 tentang konservasi energi sistem tata udara pada bangunan Gedung;
- SNI 03-6572-2001 tentang tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung, atau edisi terbaru;



- Standar tentang tata cara perencanaan, pemasangan, dan pemeliharaan sistem ventilasi;
 - Standar tentang tata cara perencanaan, pemasangan, dan pemeliharaan sistem ventilasi mekanis.
- b. Persyaratan Sistem Pencahayaan
- 1) Persyaratan sistem pencahayaan pada bangunan gedung meliputi
 - a) setiap bangunan gedung untuk memenuhi persyaratan sistem pencahayaan harus mempunyai pencahayaan alami dan/atau pencahayaan buatan, termasuk pencahayaan darurat sesuai dengan fungsinya;
 - b) bangunan gedung pendidikan, harus mempunyai bukaan untuk pencahayaan alami;
 - c) pencahayaan alami harus optimal, disesuaikan dengan fungsi bangunan gedung dan fungsi masing-masing ruang di dalam bangunan gedung;
 - d) pencahayaan buatan harus direncanakan berdasarkan tingkat iluminasi yang dipersyaratkan sesuai fungsi ruang-dalam bangunan gedung dengan mempertimbangkan efisiensi, penghematan energi yang digunakan, dan penempatannya tidak menimbulkan efek silau atau pantulan;
 - e) pencahayaan buatan yang digunakan untuk pencahayaan darurat harus dipasang pada bangunan gedung dengan fungsi tertentu, serta dapat bekerja secara otomatis dan mempunyai tingkat pencahayaan yang cukup untuk evakuasi yang aman;



- f) semua sistem pencahayaan buatan, kecuali yang diperlukan untuk pencahayaan darurat, harus dilengkapi dengan pengendali manual, dan/atau otomatis, serta ditempatkan pada tempat yang mudah dicapai/ dibaca oleh pengguna ruangan;
 - g) Pencahayaan alami dan buatan diterapkan pada ruangan baik di dalam bangunan maupun di luar bangunan Gedung.
- 2) Persyaratan pencahayaan harus mengikuti
- a) SNI 03-6197-2000 tentang konservasi energi sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung, atau edisi terbaru;
 - b) SNI 03-2396-2001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung, atau edisi terbaru;
 - c) SNI 03-6575-2001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung, atau edisi terbaru. Dalam hal masih ada persyaratan lainnya yang belum tertampung, atau yang belum mempunyai SNI, digunakan standar baku dan/atau pedoman teknis.

6. Struktur Ruang Produksi Bengkel Las Lengan Robot

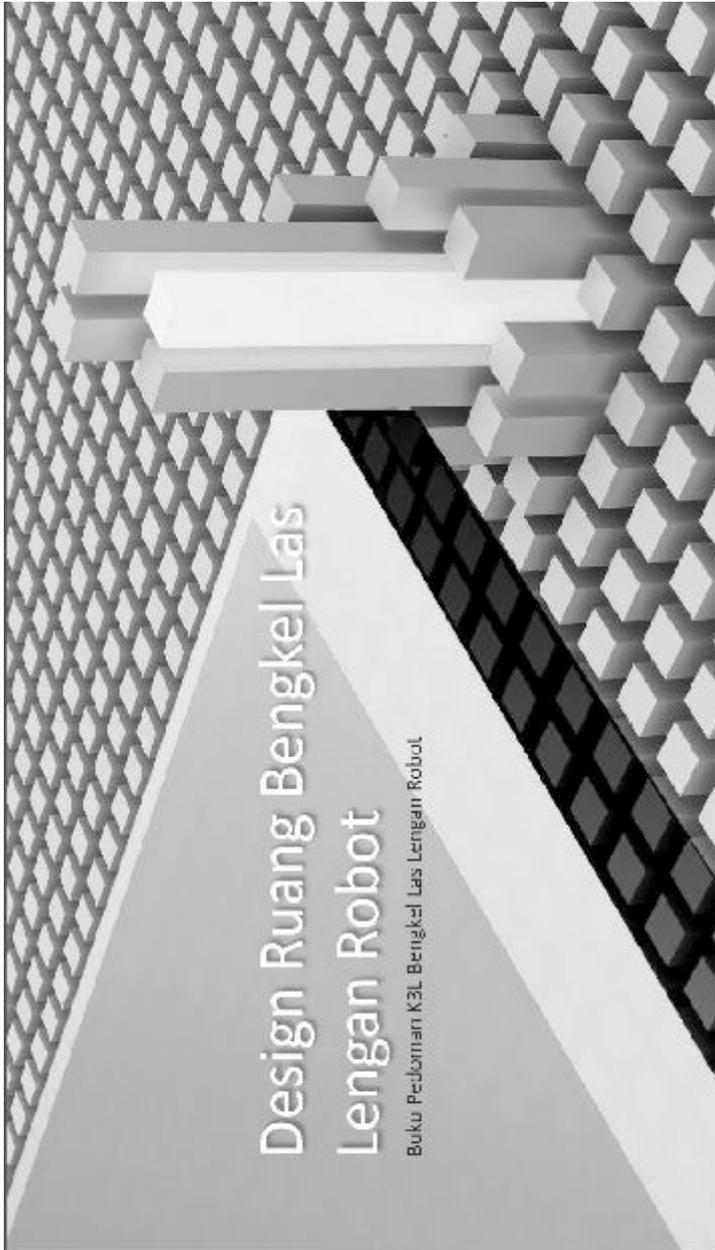
Berdasarkan analisis kebutuhan ruang praktik dalam SNP 2018, Lab Las Robotik dilengkapi dengan

- a. Ruang APD
- b. Ruang Generator
- c. Ruang Panel
- d. Gudang
- e. *Rest Room*
- f. Ruang Kantor
- g. *Lobby*

- h. Ruang Penyimpanan Material
- i. Ruang Penyimpanan Produk
- j. Stasiun Kerja Mekanik
- k. Stasiun Kerja Pengelasan
- l. Stasiun Kerja Pengecatan
- m. Stasiun Kerja Pengeringan
- n. Stasiun Kerja *Quality Control*
- o. Stasiun Ruang Kontrol
- p. Toilet

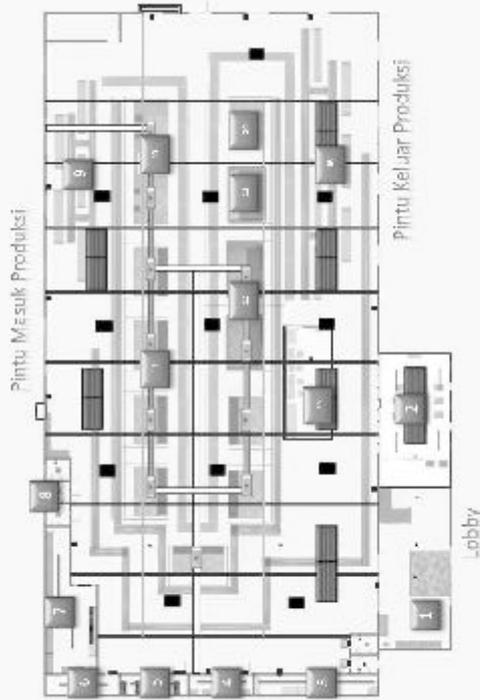
Struktur ruang produksi dan ruang kerja pada bengkel las lengan robot di atas akan diuraikan pada penjelasan di bawah ini, berdasarkan standar keselamatan kesehatan kerja dan lingkungan serta memperhatikan ergonomik bengkel dan peningkatan produktivitas kerja.





Gambar 51. Desain Ruang Bengkel Las Robot Lengan.

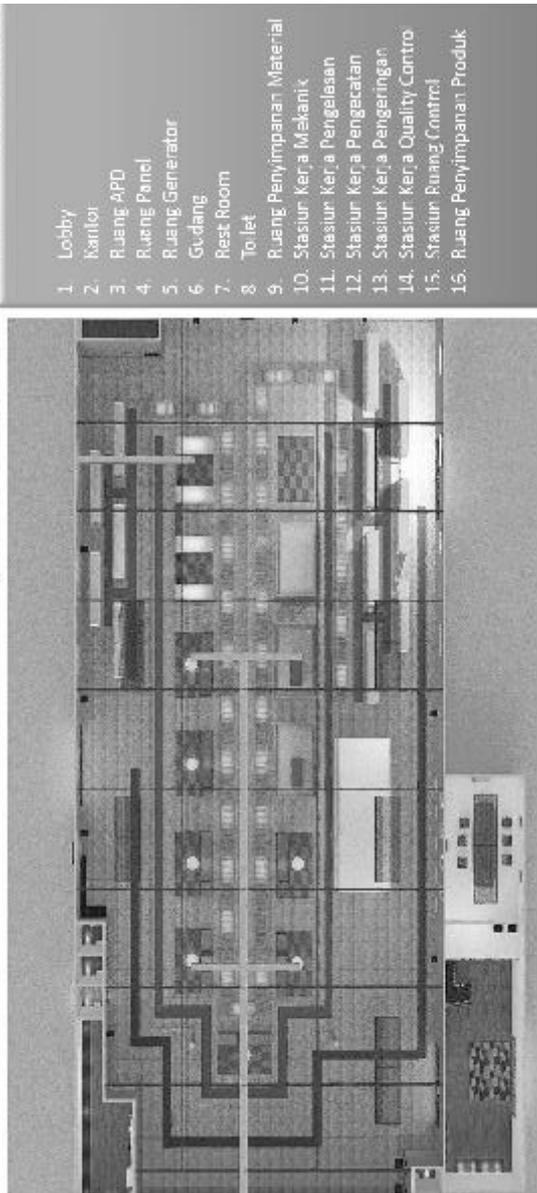
Design 2D Bengkel



1. Lobby
2. Kantor
3. Ruang APD
4. Ruang Panel
5. Ruang Generator
6. Gudang
7. Rest Room
8. Toilet
9. Ruang Penyimpanan Material
10. Stasiun Kerja Mekanik
11. Stasiun Kerja Pengelasan
12. Stasiun Kerja Pengecatan
13. Stasiun Kerja Pengeringan
14. Stasiun Kerja Quality Control
15. Stasiun Ruang Control
15. Ruang Penyimpanan Produk

Gambar 52. Desain 2 Dimensi Ruang Bengkel.

Design 3D Bengkel



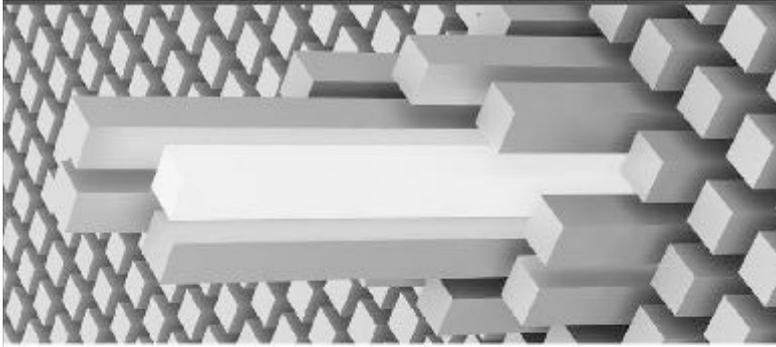
Gambar 53. Gambar 3D Ruang Bengkel-1.

Design 3D Bengkel



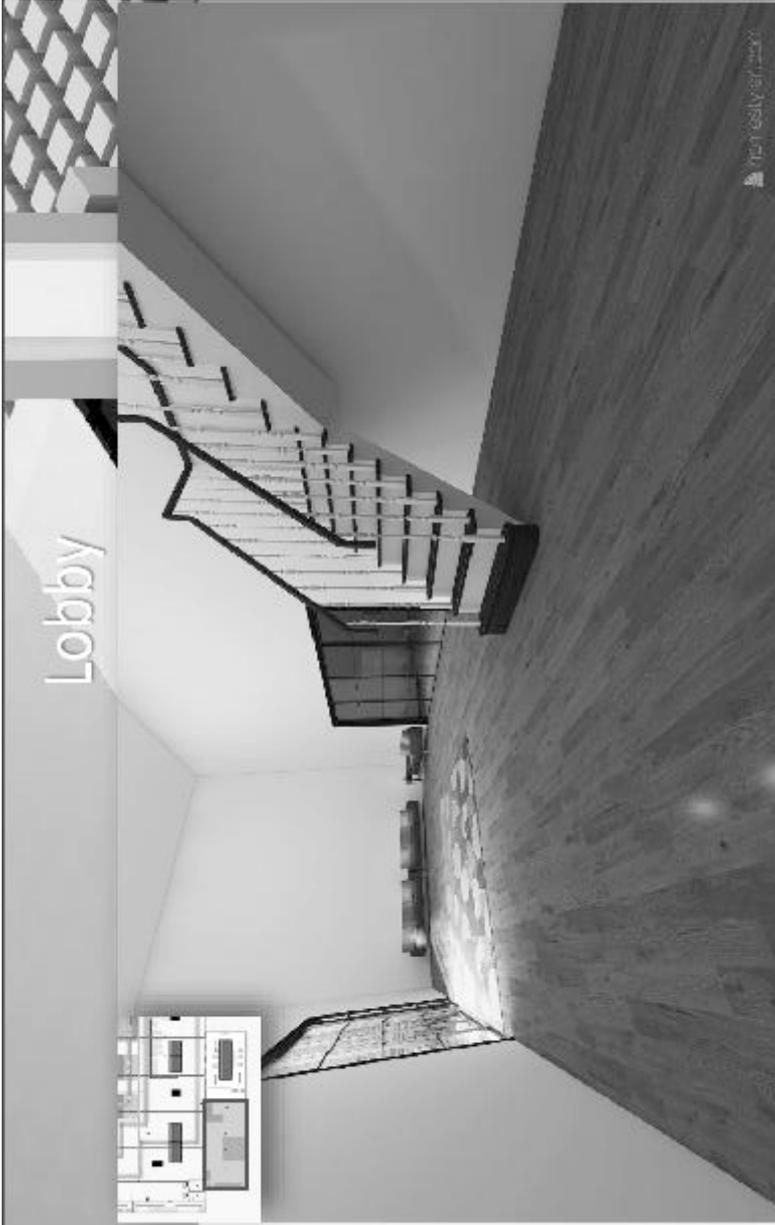
1. Lobby
2. Kantor
3. Ruang APD
4. Ruang Panel
5. Ruang Generator
6. Gudang
7. Rest Room
8. Toilet
9. Ruang Penyimpanan Material
10. Stasiun Kerja Mekanik
11. Stasiun Kerja Pengelasan
12. Stasiun Kerja Pengecatan
13. Stasiun Kerja Pengerrnigen
14. Stasiun Kerja Cuality Control
15. Stasiun Ruang Control
16. Ruang Penyimpanan Produk

Gambar 54. Gambar 3D Ruang Bengkel-2.



Design Stasiun Kerja

Gambar 55. Desain Stasiun Kerja.

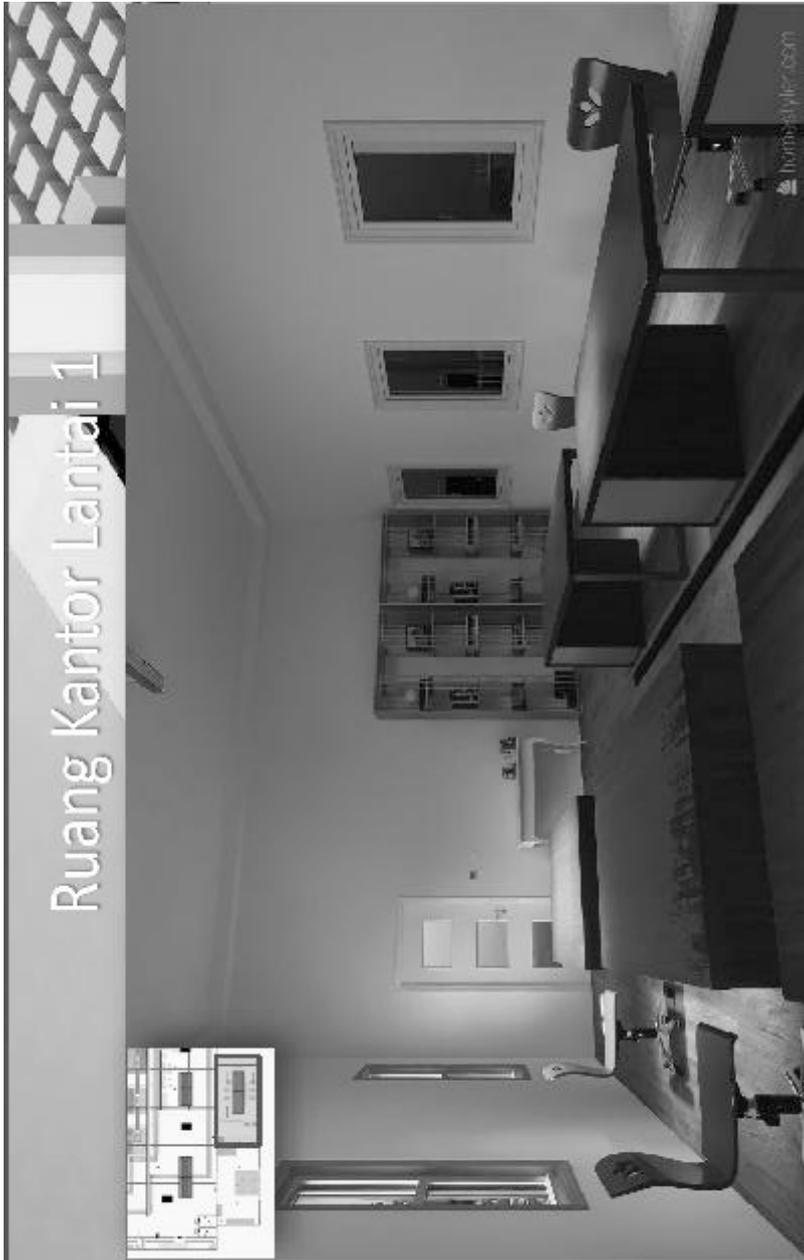


Gambar 56. Ruang Lobby.

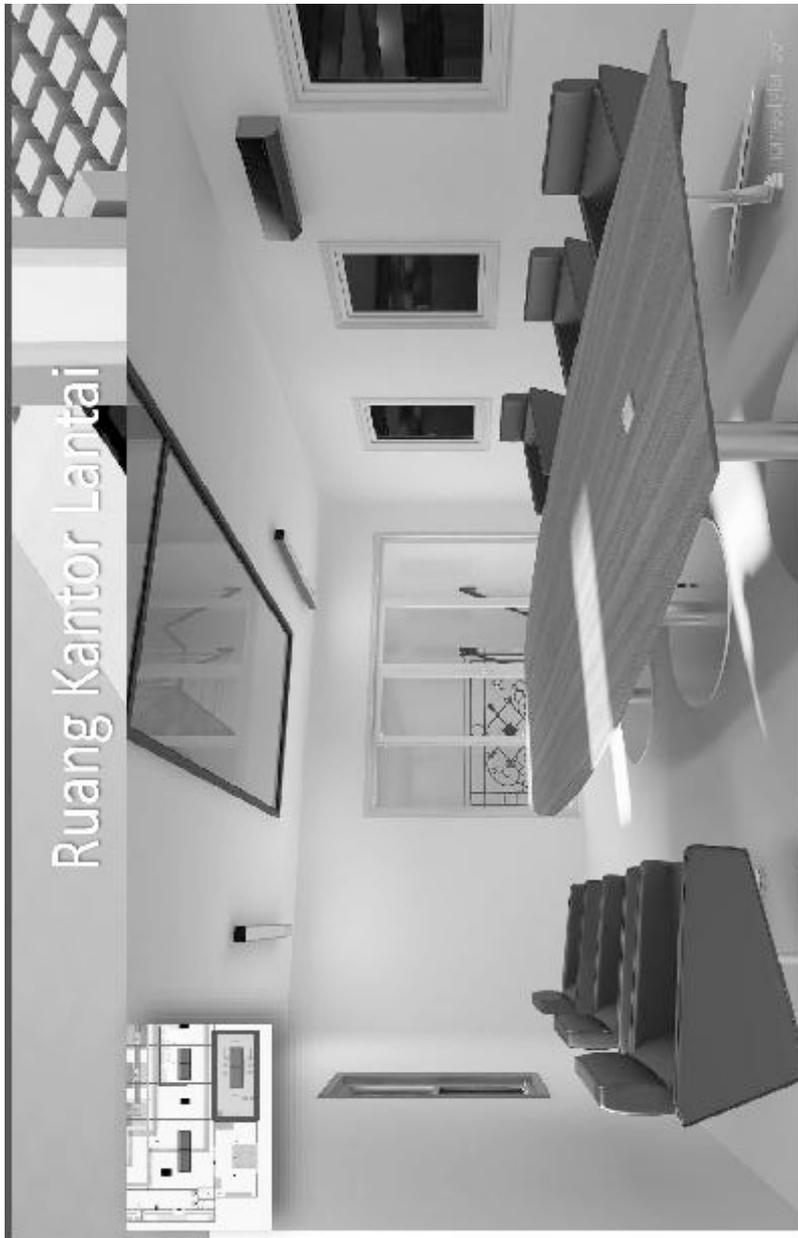


Ruang Kantor

Gambar 57. Ruang Kantor.



Gambar 58. Ruang Kantor Lantai-1



Ruang Kantor Lantai

Gambar 59. Ruang Kantor Lantai-2.



Gambar 60. Ruang APD.



Gambar 61. Ruang Panel.



Gambar 62. Ruang Generator.



Ruang Istirahat

Gambar 63. Ruang Istirahat.



Gambar 64. Ruang Toilet.



Gambar 65. Ruang Penyimpanan Material.



Gambar 66. Stasiun Kerja Material.



Gambar 67. Stasiun Kerja Pengelasan.



Gambar 68. Stasiun Kerja Pengecatan.



Gambar 69. Stasiun Kerja Pengeringan.



Gambar 70. Stasiun Kerja *Quality Control*.



Gambar 71. Ruang Penyimpanan Produk.

D. Flowchart

Kata *flowchart* berasal dari Bahasa Inggris yang berarti adalah diagram alir. *Flowchart* umumnya disusun berdasarkan algoritma dari sebuah program yang ingin dijalankan, guna untuk mempermudah pemahaman dari bahasa program. Penyusunan *flowchart* diharuskan sistematis serta berurutan dengan berdasarkan alur dari program itu sendiri. Agar lebih jelas, di bawah ini adalah pengertian dari *flowchart* menurut beberapa ahli.

Flowchart bisa digunakan untuk merancang sebuah proyek yang akan dibuat, yaitu dengan cara memetakan proyek tersebut ke dalam bentuk diagram alir agar lebih mudah dipahami dan membantu menyusun langkah untuk mewujudkan proyek tersebut. Selain itu, *flowchart* juga memiliki fungsi sebagai dokumentasi sebuah proses kerja dari proses pembuatan program tertentu. Dokumentasi sangat penting dalam pembuatan sebuah program yang dapat dijadikan referensi dalam pembuatan program selanjutnya. Maksud dari pengelolaan ini adalah untuk menciptakan program yang berkualitas dengan mempertimbangkan integritas prosedur yang dibuat dalam pengerjaan program itu sendiri. Algoritma sangat penting dalam proses pembuatan sebuah program. Hal tersebut menjadi alasan bahwa program memerlukan *flowchart* dalam pembuatannya. Dalam kata lain, *flowchart* dapat memenuhi kebutuhan representasi algoritma program yang direncanakan tersebut. Adapun fungsi lain dari algoritma, yaitu sebagai pengaudit dari proses kerja. Dikarenakan *flowchart* itu berbentuk diagram yang diuraikan, maka apabila sebuah program mengalami kesalahan, akan mudah mendeteksi dari mana sumber kerusakan program tersebut.

1. Alur Produksi Laboratorium/Bengkel

Memperhatikan ergonomik dan meminimalkan gerakan berlebihan di laboratorium dan bengkel las lengan robot, akan menekan biaya produksi dan waktu produksi dengan sangat



baik. Selain itu, juga mampu meningkatkan kenyamanan dalam bekerja, dikarenakan sudah didesain sesuai dengan alur produksi.

- a. *Flowchart* Produk
- b. *Flowchart* Pekerja

WORK INSTRUCTION		Doc. No.	
		Rev. No.	00
Judul : PENGGUNAAN MESIN LAS ROBOT (<i>WELDING ROBOT</i>)		Rev. Date	09/01/06
		Page	1/1
URAIAN KERJA	STANDAR	PIC	DOKUMENTASI
A. MENGHIDUPKAN			
1. ON-kan saklar pada <i>Panel Box</i> (Mesin Las dan <i>Controller</i>)	Saklar : ON	Operator	
2. ON-kan Mesin Las	Saklar : ON	Operator	
3. ON-kan <i>Controller</i>	Saklar : ON	Operator	
4. Lakukan pengaktifan Robot melalui <i>Teach Peandant</i> (TP).	<i>Teach Peandant</i> : <i>Emergency Stop</i>	Operator	
5. ON-kan pemanas/ <i>heater</i> pada regulator gas CO2	Saklar : ON <i>Stacker</i> : <i>check</i>	Operator	
6. Buka kran utama tabung CO2	Tabung CO2 : putar ke kiri	Operator	
7. Atur gas CO2 yang dibutuhkan (maks. 15 ml/kg) lewat <i>Teach Peandant</i> (TP).	Regulator & TP: 15 ml/kg	Operator	
B. MEMATIKAN			
1. Kunci <i>Teach Peandant</i> (TP) pada posisi TEACH	Kunci : TEACH	Operator	
2. Tutup keran tabung CO2	Tabung CO2 : putar ke kanan	Operator	
3. Buang sisa gas CO2 lewat <i>Teach Peandant</i> (TP)	TP & Regulator : Putar ke kanan	Operator	
4. OFF-kan <i>Controller</i>	Saklar : OFF	Operator	

5. OFF-kan Mesin Las			Saklar : OFF	Operator
6. OFF-kan saklar pada <i>Panel Box</i> (Mesin Las & <i>Controller</i>)			Saklar : OFF	Operator
7. OFF-kan Heater Regulator			Saklar : OFF	Operator
8. Bersihkan <i>Welding Robot</i> dan perengkapannya			Kondisi : bersih & rapi	Operator
Instruksi Khusus 5S dan Lingkungan			Instruksi Khusus K3: <input type="checkbox"/> Kacamata Safety <input type="checkbox"/> Baju kerja <input type="checkbox"/> Ear Plug <input type="checkbox"/> Kacamata Las <input type="checkbox"/> Topi <input type="checkbox"/> Filter Masker R <input type="checkbox"/> Masker	
	Nama/Jbtn	Td. Tangan	Catatan Revisi	
Disetujui				
Diperiksa				
Dibuat				



Bab 4

Time and Motion Study

A. Prosedur Kerja di Bengkel Las Lengan Robot

Sebelum menghitung *Time Study* dan *Motion Study* dibutuhkan pemahaman jelas mengenai prosedur kerja di Bengkel Las Lengan Robot. Berikut adalah penjabaran prosedur kerja di Bengkel Las Lengan Robot sesuai dengan *flowchart* pada bab sebelumnya.

1. Pekerja masuk pabrik dan menuju *lobby* untuk melakukan presensi.
2. Pekerja menuju ruang APD dan mengenakan APD sesuai dengan kebutuhan masing-masing pekerjaan, lalu mengecek kelengkapan dan ketepatan APD yang dikenakan. APD tersebut seperti helm, masker, pakaian/apron, sepatu, dan sarung tangan.
3. Masing-masing pekerja menuju stasiun kerja kemudian melakukan pengecekan di ruangannya meliputi mesin, kelengkapan peralatan kerja dan bahan, kelistrikan yang digunakan, dan 5S & 5R.

4. Pada ruang penyimpanan material, pekerja mengerjakan beberapa hal yaitu memastikan kesediaan kebutuhan material masing-masing pekerjaan, menyimpan material sesuai dengan spesifikasi dan menyimpan material berdasarkan ukuran di rak bahan dan material, mengisi spesifikasi material di draf/catatan bahan, serta menyuplai material ke Stasiun 1 (Mekanik) dengan memanfaatkan *conveyor*.
5. Pada Stasiun 1 (Stasiun Mekanik/Kerja Material/Pengolahan Bahan Baku), pekerja melakukan pekerjaan pengukuran material menggunakan alat ukur dan melakukan pemotongan bahan menggunakan alat pemotong bahan logam seperti gerinda secara manual atau semi otomatis. Setelah itu material menuju Stasiun 2 (Pengelasan).
6. Pada Stasiun 2 (Pengelasan), pekerja melakukan beberapa pekerjaan berikut.
 - a. Mengecek kelistrikan melalui pengamatan alat dan panel listrik. Panel kelistrikan berfungsi untuk mengatur suplai daya yang diperlukan dalam pengoperasian mesin-mesin pada las robot. Panel kelistrikan ditempatkan pada suatu tempat khusus untuk mempermudah menggunakannya dan disana juga dilengkapi dengan sistem pendingin untuk mendinginkan panel-panel tersebut. Mesin las robot biasanya berjalan selama 24 jam untuk mencapai target hasil produksi.
 - b. Mengecek kompresor untuk kesediaan angin dengan tekanan tertentu yang digunakan untuk mengoperasikan mesin jig dan sistem-sistem yang ada di mesin las lengan robot itu sendiri. *Jig* atau *Fixture* merupakan peralatan khusus yang memiliki fungsi untuk memegang, menjepit, dan menyangga benda kerja yang akan di las agar sesuai dengan standar hasil yang direncanakan dan juga untuk mempermudah proses dengan hasil yang akurat (presisi).



Alat *Jig* banyak dipergunakan untuk membantu kerja dari permesinan di antaranya *milling*, las manual, rivet las, *spot welding*, dll (Purnomo, F. H., 2017:71).

- c. Menjadi operator mesin las lengan robot dengan tugas yaitu, mengecek mesin las lengan robot termasuk kondisi fisik dan program, memastikan mesin las lengan robot beroperasi sesuai dengan program, memegang sistem control mesin las lengan robot yang berfungsi untuk mengaktifkan, mematikan, dan mengontrol mesin las lengan robot. Operasi las lengan robot berupa filter 1 (las dasar), filter 2 (penebalan las), filter 3 (filter pengelasan), dan filter 4 (capping/layer akhir) atau dapat menyesuaikan sesuai dengan kebutuhan pabrik. Setelah itu material dikirim ke Stasiun 3 (Pengecatan) menggunakan *conveyor*.
7. Pada stasiun 3 (Pengecatan), pekerja melakukan pekerjaan filter 1 (cat dasar), filter 2 (penebalan cat), dan filter 3 (*capping/layer* akhir) atau menyesuaikan dengan kebutuhan pabrik. Lalu material dinaikkan ke atas *conveyor* untuk dikirim ke Stasiun Pengeringan.
8. Pada Stasiun Pengeringan, pekerja meletakkan material pada mesin pengering. Setelah kering, material dikirim ke Stasiun *Quality Control* menggunakan *conveyor*.
9. Pada Stasiun *Quality Control*, pekerja melakukan pengecekan pada hasil pekerjaan akhir dan menentukan hasil pekerjaan tersebut layak atau tidak untuk dipasarkan.
10. Pada Penyimpanan Produk, pekerja melakukan penyimpanan hasil produksi sesuai dengan jenis produk.
11. Pada Ruang Kontrol, pekerja melakukan monitoring melalui komputer dan dapat mengakses atau mengendalikan *emergency respon planning*, termasuk kendali mesin las robot.



B. *Time Study*

Sebuah studi waktu dan gerak (atau studi gerak waktu) adalah teknik efisiensi bisnis yang menggabungkan *Time Study* karya Frederick Winslow Taylor dengan *Motion Study* karya Frank dan Lillian Gilbreth. Studi waktu dikembangkan dengan hasil menetapkan waktu standar, sementara studi gerak berkembang menjadi teknik untuk memperbaiki metode kerja. Kedua teknik tersebut menjadi terintegrasi dan disempurnakan menjadi metode yang diterima secara luas yang berlaku untuk perbaikan dan peningkatan sistem kerja. Pendekatan terpadu untuk perbaikan sistem kerja ini dikenal sebagai metode rekayasa dan diterapkan sampai dengan hari ini di banyak organisasi-organisasi atau bengkel kerja.

1. *Pengertian Time Study*

Time study berkaitan dengan penentuan total waktu yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan. Total waktu ini terdiri dari proses mengamati dan merekam, tujuannya adalah untuk memperkirakan waktu yang wajar diperlukan untuk melakukan setiap elemen operasi hingga pekerjaan selesai. *Time study* didefinisikan sebagai berikut.

- a. *Time study* berfungsi menentukan waktu yang diperlukan untuk melakukan setiap detail dasar operasi.
- b. *Time study* adalah teknik pengukuran kerja untuk mencatat waktu dan tingkat kerja untuk elemen-elemen pekerjaan tertentu yang dilakukan dalam kondisi tertentu dan untuk menganalisis data sehingga memperoleh waktu yang diperlukan untuk melaksanakan pekerjaan pada tingkat kinerja yang ditentukan.

2. *Tujuan Time Study*

Tujuan utama dari *time study* adalah untuk menentukan jumlah pekerjaan yang dilakukan oleh pekerja serta menghitung



waktu standar dalam masing-masing pekerjaan yang bekerja pada kecepatan rata-rata normal. Hal ini dilakukan melalui pengamatan langsung. *Time study* adalah teknik pengukuran pekerjaan dengan cara pengumpulan data berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Metode *time study* digunakan untuk menghitung nilai *standard time* suatu pekerjaan (Pawiro, 2015).

Menurut Trisiany dan Halim (2006), kegunaan utama dari *time study* adalah menghasilkan waktu standar suatu pekerjaan dengan kondisi tertentu, sehingga setelah itu dapat dihitung produktivitasnya. Tahap-tahap dalam menentukan *standard time*, yaitu

- a. mengukur *basic time*, untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas pekerjaan;
- b. menentukan *rate*, untuk memberi bobot pekerjaan yang diteliti;
- c. menghitung *standard time*.

201
•
•
•

3. Penggunaan *Time Study*

- a. Perencanaan tenaga kerja.
- b. Pencapaian standar biaya per unit *output* untuk berbagai pekerjaan yang digunakan untuk pengendalian biaya dan penganggaran untuk menentukan harga penjualan.
- c. Menentukan konten pekerjaan dan dengan demikian menetapkan upah dan insentif.
- d. Melakukan penjadwalan kerja untuk keperluan perencanaan produksi.
- e. Membandingkan efisiensi kerja atas berbagai operator yang mengoperasikan mesin.
- f. Membantu dalam metode studi:
 - 1) mengurutkan pekerjaan operator dan mesin;

- 2) membandingkan biaya menggunakan berbagai metode lain;
 - 3) memberikan perhatian lebih pada pekerjaan tertentu yang memakan lebih banyak waktu.
- g. Desain produk dengan menyediakan data dasar tentang biaya bahan alternatif dan metode yang diperlukan untuk memproduksi produk.

4. Manfaat *Time Study*

- a. *Time study* dapat diambil untuk memeriksa keluhan operator tentang tingkat waktu
- b. Selama *time study*, pengamat dapat mencatat ketidakkonsistenan dalam metode atau urutan gerak yang digunakan oleh masing-masing operator yang mengarah ke berbagai rekomendasi.
- c. Pengamatan selama *time study* dapat memungkinkan insinyur untuk merekomendasikan peningkatan lebih lanjut dalam metode kerja dan tata letak tempat kerja.
- d. Standar *output* mudah dikonversi menjadi biaya tenaga kerja standar per unit *output*.
- e. Standar *output* juga memfasilitasi evaluasi kapasitas alat berat yang membantu insinyur pabrik dalam memilih alat berat alternatif untuk pembelian dan penggunaan.
- f. Standar *output* memfasilitasi penjadwalan dan mengendalikan lini produksi, melalui penentuan jumlah peralatan, alat dan operasi yang diperlukan untuk memenuhi jadwal produksi dan melalui penyeimbangan waktu produksi untuk beberapa operasi waktu.

5. Prosedur *Time Study* Pengelasan

Setiap organisasi baik itu usaha bisnis maupun departemen pemerintah, harus selalu berusaha untuk memperbaiki efisiensi kerja. Efisiensi kerja meliputi efisiensi manusia, material, alat-



alat, dan dana. Rasio/perbandingan antara *output* dan input merupakan ukuran efisiensi. Kenaikan rasio ini merupakan perbaikan produktivitas.

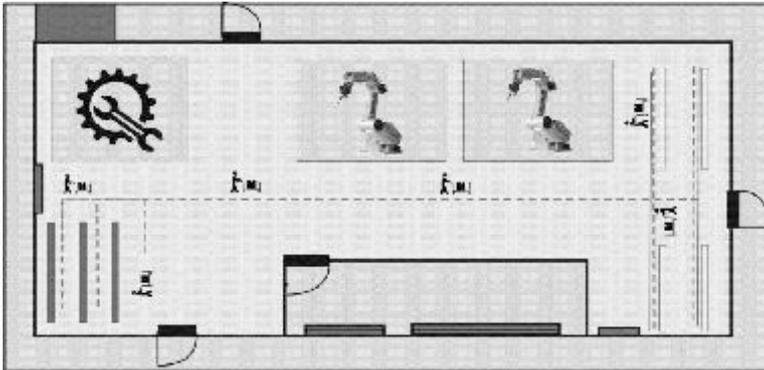
Peralatan yang digunakan dalam melakukan *time study* terdiri dari:

- a. *stopwatch*, yaitu arloji yang digunakan untuk menghitung waktu yang dibutuhkan dalam melakukan bagian tertentu dari pekerjaan;
- b. *study board*, yaitu papan datar yang digunakan untuk merekam atau mencatat waktu;
- c. *form time study*, yaitu formulir cetakan dari ukuran tetap digunakan untuk membuat *time study* dicatat dengan cara standar. Beberapa jenis formulir digunakan tergantung pada metode yang digunakan.

Jika belum memiliki waktu standar dalam mengerjakan produk ITC (*Injector Tester & Cleaner*), maka untuk mengurangi tingkat keterlambatan pengerjaan barang diperlukan penerapan waktu baku untuk mengetahui berapa lama produk ITC (*Injector Tester & Cleaner*) tersebut dibuat. Metode yang digunakan untuk menentukan waktu baku adalah dengan *Stopwatch Time Study* dikarenakan pekerjaan yang dilakukan oleh operator terjadi secara berulang-ulang.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan *time study* pada bengkel las lengan robot adalah sebagai berikut.

Proses Alur Pengelasan



Gambar 72. Ilustrasi Alur Produksi.

Tabel 14. Form Alur Kerja.

NO	Simbol	Proses	Keterangan
1	□	Pemindahan Bahan/ Produk	
2	-----	Alur Transportasi Pekerja	
3	—	Rak Bahan Baku	
4		Area Kerja Mekanik	
5		Area Kerja Pengelasan	
6	—	Packaging Produk	
7	—	Penyimpanan Produk	

a. Peralatan Menghitung *Time Study*

1) Alat Hitung

Alat yang digunakan untuk menghitung berbagai aspek, seperti jarak, kecepatan, waktu, dll. Adapun alat yang digunakan pada umumnya berupa *stopwacth*, kalkulator, dll.

2) Alat Perekam

Berfungsi untuk merekam setiap elemen pekerjaan yang dilakukan oleh pekerja terlatih. Agar memudahkan penghitungan *time study* dalam melihat perjalanan proses produksi dan sebagai alat bantu jika ada elemen yang terlewatkan.

3) Time Study Form

Media yang digunakan dalam perekapan data dari obeservasi yang dilakukan selama proses pengelasan dari awal hingga akhir. Setiap organisasi atau bengkel akan memiliki form yang berbeda sesuai dengan kebutuhan dan peralatan yang tersedia di dalam bengkel. Adapun *form time study* yang bisa digunakan di bengkel las robot adalah sebagai berikut.

Time Observation Sheet			Observer :				Leader Review			
Operator Name:			Observ Date :							
No	Step Description	Observation Point	Skor Percobaan				Avg Time	Low Time	Adjustment	Contingency Allowances
			1	2	3	4				
1	Pengelasan Produk									
	Pengambilan bahan material dari Rak Bahan	Pengambilan Bahan Material								
	Pengepakan bahan baku di area kerja material	Pengepakan Bahan Material								
	Setelah bahan material sudah siap las, bawa ke area kerja pengelasan	Pengelasan								



	Setelah bahan material selesai di las, selanjutnya bawa ke area pendinginan atau area <i>packaging</i>	Pendinginan / <i>Packaging</i>									
	Setelah selesai <i>packing</i> , simpan di dalam rak penyimpanan produk jadi	<i>Finishing</i>									
2											
3											

Tabel 15. Form Study Time.

Menggunakan form berisikan data selengkap mungkin agar hasil observasi waktu yang dilakukan dapat maksimal. Percobaan proses penghitungan tidak dilakukan sekali saja, semakin sering melakukan penghitungan proses produk, maka hasil rata rata waktu yang dihasilkan akan semakin akurat. Sejumlah referensi diambil untuk setiap elemen tergantung pada tingkat akurasi yang diinginkan dan lamanya siklus kerja. Jumlah waktu untuk mempelajari elemen dapat diatasi dengan rumus berikut.

$$N = \left[\frac{40\sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2$$

di mana N adalah ukuran sampel pekerja dan X berarti nilai waktu individu untuk berbagai elemen. Untuk setiap elemen, waktu standar ditetapkan terlebih dahulu. Faktor penilaian ditentukan dengan membandingkan kecepatan kerja aktual (dari pekerja yang diteliti) dengan kecepatan standar pekerja yang memenuhi syarat.

b. Langkah Pengukuran

Di dalam observasi yang dilaksanakan untuk pengukuran

waktu kerja di bengkel las lengan robot, perlu diperhatikan beberapa indikator yang sangat berpengaruh penting dalam validitas data yang didapatkan dari hasil observasi, yaitu:

- 1) karyawan yang terlatih, pemilihan karyawan terlatih sebagai operator di dalam proses pengambilan data;
- 2) material yang mendukung dan sesuai dengan proses sesungguhnya;
- 3) mesin dan peralatan yang digunakan harus sesuai dengan penggunaan peralatan pada proses yang sesungguhnya;
- 4) pengukuran yang dilakukan harus sesuai prosedur keselamatan;
- 5) melakukan perhitungan sesuai dengan form dan metode yang sudah disiapkan.

Standard time adalah “waktu seharusnya” yang dapat dicapai oleh tenaga ahli yang bekerja dengan standar rating untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (Pawiro, 2015). Pengertian lain *standard time* adalah suatu pengukuran pekerjaan dengan mengukur durasi proses pekerjaan suatu pekerjaan konstruksi. Yang nilainya berbeda karena perbedaan kemampuan tenaga kerja, kondisi lapangan, dan kondisi manajemen.

Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan untuk memperoleh *standard time* dengan cara *time study* sehingga didapat nilai produktivitas (Pramudiyanto dkk, 2018).

- 1) Mencatat waktu setiap kali pengamatan elemen-elemen pekerjaan di lapangan dan kemudian dimasukkan dalam lembar *time study* untuk memperoleh nilai *basic time* dari tiap pengamatan setiap elemen pekerjaan. Nilai *basic time* adalah nilai jam kerja untuk satu pekerjaan.

- 2) Nilai *basic time* dari tiap pengamatan elemen-elemen pekerjaan kemudian dijumlah dan dirata-rata untuk memperoleh *average basic time*.
- 3) Nilai *average basic time* kemudian dihitung dengan memperhatikan waktu *contingency* dan *relaxation* untuk memperoleh nilai *standard time* dari tiap elemen pekerjaan.
- 4) Setelah itu dihitung total *standard time* dari tiap elemen pekerjaan dengan cara mengalikan nilai *standard time* elemen pekerjaan dengan volume perolehan untuk elemen pekerjaan tersebut (volume). Perolehan dan total *standard time* haruslah berasal dari satu kali pengamatan dalam waktu tertentu.
- 5) Membandingkan volume total perolehan pekerjaan dengan total *standard time* untuk memperoleh nilai produktivitas suatu pekerjaan.
- 6) Mencatat waktu setiap kali pengamatan elemen-elemen pekerjaan di lapangan dan kemudian dimasukkan dalam lembar *time study* untuk memperoleh nilai *basic time* dari tiap pengamatan setiap elemen pekerjaan. Nilai *basic time* adalah nilai jam kerja untuk satu pekerjaan.
- 7) Nilai *basic time* dari tiap pengamatan elemen-elemen pekerjaan kemudian dijumlah dan dirata-rata untuk memperoleh *average basic time*.
- 8) Nilai *average basic time* kemudian dihitung dengan memperhatikan waktu *contingency* dan *relaxation* untuk memperoleh nilai *standard time* dari tiap elemen pekerjaan.
- 9) Setelah itu dihitung, total *standard time* dari tiap elemen pekerjaan dengan cara mengalikan nilai *standard time* elemen pekerjaan dengan volume



perolehan untuk elemen pekerjaan tersebut (volume) perolehan dan total *standard time* haruslah berasal dari satu kali pengamatan dalam waktu tertentu.

- 10) Membandingkan volume total perolehan pekerjaan dengan total *standard time* untuk memperoleh nilai produktivitas suatu pekerjaan.

C. *Motion Study*

Menurut Yanto & Ngaliman (2017), terdapat gerakan kerja yang efektif dan tidak efektif. Gerakan kerja efektif adalah gerakan kerja yang diperlukan dalam melaksanakan dan menyelesaikan suatu pekerjaan tersebut dengan efektif, sedangkan gerakan yang tidak efektif adalah gerakan-gerakan kerja yang tidak perlu dan yang tidak memberikan nilai tambah. Terdapat tiga jenis prinsip ekonomi gerakan, yaitu ekonomi gerakan dihubungkan dengan anggota tubuh, dihubungkan dengan pengaturan tempat kerja, dan dihubungkan dengan perancangan peralatan. Di bawah ini adalah penjelasan penerapan *motion study* pada bengkel las lengan robot.

1. *Pengertian Motion Study*

Motion study atau studi gerakan merupakan salah satu metode pemetaan sistem kerja dengan menganalisis gerakan anggota badan saat bekerja yang diuraikan dalam elemen-elemen gerakan sehingga dapat menghilangkan gerakan-gerakan yang tidak efektif, yang pada akhirnya dapat menghemat waktu kerja maupun pemakaian peralatan dan fasilitas kerja.

2. *Manfaat Motion Study*

- a. Memperbaiki kemampuan pekerja karena menerapkan metode yang baik, penggunaan alat yang baik, dan menghentikan kegiatan yang tidak perlu.
- b. Kehidupan mesin dapat ditingkatkan.
- c. Mengurangi kelelahan pekerja.

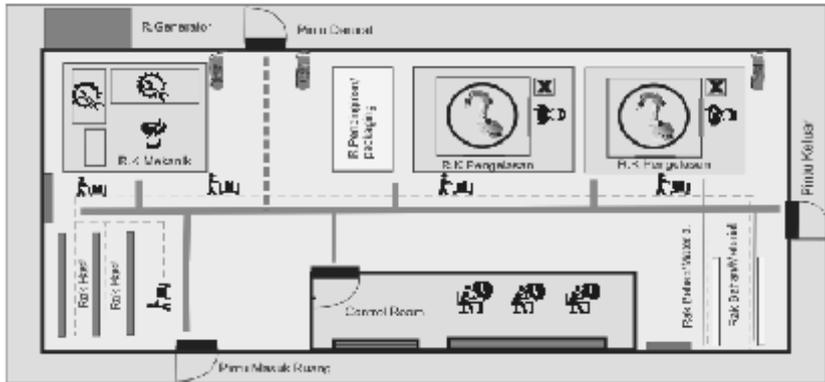
- d. Mengurangi biaya tenaga kerja karena pemborosan gerak berkurang dalam pabrik.

3. Langkah-Langkah *Motion Study*

Penerapan *motion study* seperti yang sudah dibahas pada bab sebelumnya, bertujuan untuk mengurangi gerakan-gerakan yang tidak memiliki nilai, guna memaksimalkan kinerja pada bengkel bila kita mengamati suatu pekerjaan dan memperhatikan setiap gerakan-gerakan yang mendukung pekerjaan tersebut. Berikut ini tahapan-tahapan dalam *motion study*.

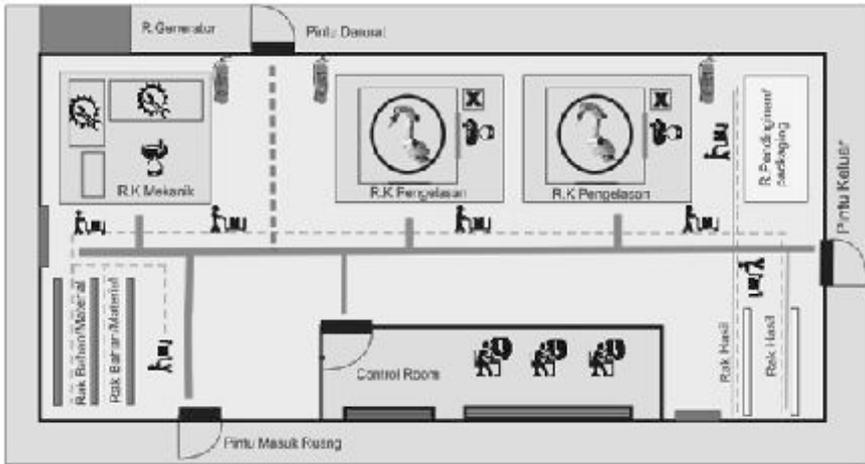
- a. Mempelajari proses pengelasan, sebelum kita menerapkan *motion study* di dalam bengkel las lengan robot, kita harus memahami proses pengelasan. Dengan tetap memperhatikan faktor material, peralatan, pekerja, dan teknis pengerjaan.
- b. Mengumpulkan semua fakta yang berkaitan dengan proses pengelasan di bengkel las lengan robot sebagai pertimbangan analisis.
- c. Memperhatikan desain ruang kerja. Desain ruang kerja sangat berpengaruh fatal terhadap penerapan *motion study*, jika desain pada bengkel tidak memiliki alur jelas. Bengkel las lengan robot memiliki alur produksi dan proses menggunakan beberapa peralatan. Tentunya akan sangat banyak membutuhkan gerakan. Untuk mengurangi gerakan yang tidak memiliki nilai, hal pertama adalah mendesain ruang kerja yang efisien dan memiliki alur sesuai proses pengelasan. Perhatikan ilustrasi desain ruang berikut.





Gambar 73. Desain ruang A.

Perhatikan alur transportasi ruang kerja bengkel di atas. Desain ruang kerja seperti ilustrasi di atas akan sangat banyak gerakan-gerakan yang tidak memiliki nilai. Mulai dari tahap pertama di pintu masuk ruang bengkel. Penempatan area kerja dan area penyimpanan memiliki jalur yang berlawanan dengan alur produksi. Hal yang pertama pada proses pengelesan adalah mengambil bahan baku/material dari rak bahan baku kemudian di bawa menuju ruang kerja mekanik. Ruang rak bahan ada di pojok kiri dan ruang kerja mekanik ada di pojok kanan atas. Pada dasarnya penetapan *motion study* akan sangat mengurangi banyak gerakan yang tidak memiliki nilai. Lalu bagaimana desain ruang kerja yang sesuai dengan alur kerja produksi agar menghilangkan gerakan yang tidak memiliki nilai? Perhatikan gambar kedua di bawah ini.



Gambar 74. Desain Ruang B.

Masuk ke dalam ruang kerja, area kerja yang pertama ditemukan adalah area penyimpanan bahan baku/material, area kedua adalah ruang kerja mekanik, ruang kerja pengelasan, ruang kerja pendinginan dan *packaging*, dan ruang rak hasil. Desain pada gambar kedua menunjukkan alur transportasi ruang bengkel sesuai dengan alur produksi dan pengelasan. Desain kedua sangat meminimalisir gerakan-gerakan yang tidak memiliki nilai dikarenakan alurnya searah dan sejalan dengan alur produksi.

4. Teknik *Motion Study*

Analisis THERBLIG: Therblig disarankan oleh Gilbreth (Gilbreth dieja mundur dengan satu transposisi). Therblig digunakan untuk menggambarkan elemen dasar gerakan atau gerakan tangan fundamental dari siklus kerja. Setiap jenis gerakan disebut *therblig* dan diwakili oleh warna yang pasti serta dengan satu atau dua kata untuk merekam yang sama. Satu operasi dapat terdiri dari banyak *therblig*. Berbagai *therblig* beserta lambangnya ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



 Search	 Use
 Find	 Disassemble
 Select	 Inspect
 Grasp	 Preposition
 Hold	 Release Load
 Transport Loaded	 Unavoidable Delay
 Transport Empty	 Avoidable Delay
 Position	 Plan
 Assemble	 Rest

Gambar 75. Analisis THERBLIG.



Micro Motion Study didefinisikan sebagai studi tentang elemen-elemen mendasar dari suatu operasi. Hal ini dilakukan dengan bantuan kamera film kecepatan tinggi untuk menghilangkan gerakan tidak perlu yang terlibat dalam operasi dan menyeimbangkan gerakan yang diperlukan. Elemen atau gerakan adalah subdivisi terbatas dari siklus kerja. Elemen-elemen ini dinyatakan dalam unit TMU di mana $1 \text{ TMU} = 0,0006 \text{ menit}$. Elemen-elemen gerak ini diklasifikasikan menjadi elemen-elemen dasar yang dikenal sebagai gerakan fundamental atau *therblig*.

D. Penerapan

1. *Work Study*

Penghitungan waktu kerja merupakan suatu usaha untuk mempelajari cara-cara kerja secara ilmiah ditinjau dari segi

efisiensi dan ekonomi untuk mencapai perbaikan cara kerja. Secara umum, penelitian kerja dan proses perhitungan waktu standar dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut.

a. Menyusun Metode Kerja (*Method Design*)

Method design adalah prosedur, teknik, alat bantu, atau alat untuk mendesain. *Method design* menawarkan sejumlah jenis aktivitas yang mungkin digunakan seorang desainer dalam keseluruhan proses desain. Prosedur desain konvensional, seperti menggambar, dapat dianggap sebagai metode desain, tetapi sejak tahun 1950-an prosedur baru telah dikembangkan yang dikelompokkan bersama di bawah nama “metode desain”. Berikut adalah urutan proses dalam menyusun metode desain.

1) Analisis Proses (*Process Charting*).

2) *Man-Machine Process/Chart*.

3) *Operations Analysis*.

b. Standardisasi Proses

Setelah ditemukan metode yang paling baik, sebagai hasil dari analisis proses, selanjutnya dibuat standardisasi proses pengerjaan.

c. Perhitungan Waktu Standar

Langkah berikutnya, menghitung waktu yang digunakan dalam mengerjakan pekerjaan-pekerjaan tersebut (*time study*). Perhitungan waktu standar dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu dalam menyusun metode desain, yang dibahas adalah pada proses alur produksi dari bahan baku material sampai pada produk jadi. Berikut ini merupakan tabel analisis produksi dari awal hingga akhir.



Tabel 16. Analisis Produksi.

Urutan Normal Pengelasan :

1. Penyimpanan Material
 - Pemilahan Material
 - Menyimpan sesuai spesifikasi
 - Menyimpan material berdasarkan ukuran
2. *Station 1* (Pengolahan Bahan Baku)
 - Pengukuran Penggunaan robot - manual
 - Pemotongan
3. *Station 2* (Pengelasan)
 - *Filter 1* (Las Dasar)
 - *Filter 2* (Penebalan Las)
 - *Filter 3* (Filter Pengelasan)
 - *Filter 4* (Caping/Layer Akhir)
4. *Station 3* (Pengecatan)
 - *Filter 1* (Cat Dasar)
 - *Filter 2* (Penebalan Cat)
 - *Filter 3* (Caping/Layer Akhir)
5. *Station Quality Control*
6. Penyimpanan Produk

d. Analisis Proses (*Process Charting*)

Sebelum menghitung *time study* pada proses produksi di laboratorium/bengkel las lengan robot, ukuran produk sangat menentukan perbedaan waktu produksi. Dalam hal ini, penghitungan *time study*, produksi menggunakan pengelasan pada produk penyambungan pipa besi. Namun, untuk menghitung *time study* pada produk yang berbeda bisa menggunakan metode yang sama.



Gambar 76. Contoh Produk Pengelasan Pipa (Sumber: Simpati Welding Group).

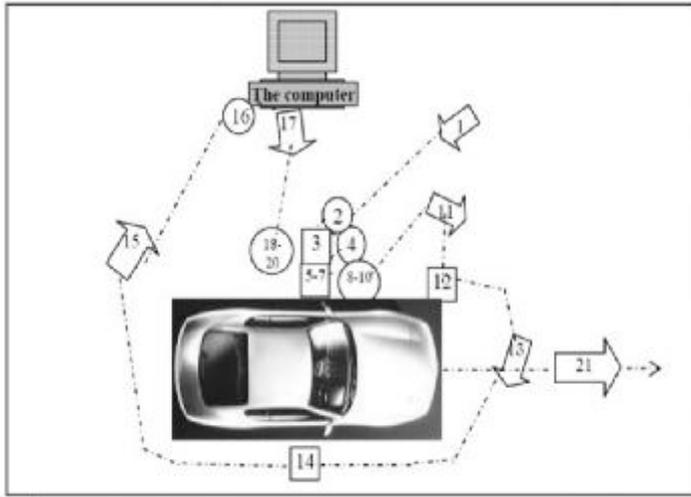
e. Man, Machine Proses – Chart

Tabel 17. Man Machine Chart Process.

No	Beroperasi	Transport	Memeriksa	Menunda	Penyimpanan	Deskripsi
1	○	→	□	D	▽	Teknisi ke ruang APD
2	○	→	□	D	▽	Memakai kelengkapan APD
3	○	→	□	D	▽	Memeriksa kelengkapan APD
4	○	→	□	D	▽	Menuju stasiun kerja
5	○	→	□	D	▽	Memeriksa kelengkapan peralatan kerja & mesin
6	○	→	□	D	▽	Memeriksa kondisi perlatan kerja dan mesin
7	○	→	□	D	▽	Barang masuk ke dalam area penyimpanan material
8	○	→	□	D	▽	Pemilahan material berdasarkan spesifikasi pada tempat penyimpanan
9	○	→	□	D	▽	Material dinaikkan ke atas <i>conveyor</i>
10	○	→	□	D	▽	Material menuju stasiun mekanik
11	○	→	□	D	▽	Pengukuran material
12	○	→	□	D	▽	Pemotongan material
13	○	→	□	D	▽	Material dinaikkan ke atas <i>conveyor</i>
14	○	→	□	D	▽	Material menuju stasiun pengelasan
15	○	→	□	D	▽	Pengelasan dasar
16	○	→	□	D	▽	Penebalan las



No	Beroperasi	Transport	Memeriksa	Menunda	Penyimpanan	Deskripsi
17						Filter pengelasan
18						<i>Capping</i>
19						Material dinaikkan ke atas <i>conveyor</i>
20						Material menuju stasiun pengecatan
21						Pengecatan dasar
22						Penebalan cat
23						<i>Capping</i>
24						Material dinaikkan ke atas <i>conveyor</i>
25						Material menuju stasiun QC
26						Proses <i>quality control</i>
27						Material dinaikkan ke atas <i>conveyor</i>
28						Material menuju stasiun ruang penyimpanan
29						Dipindahkan di ruang penyimpanan produk



Gambar 77. Diagram Alir (Sumber: Jurnal *Productivity Improvement*).

Tabel 1 Ringkasan diagram proses.

Proses	Simbol	Trak.
Operasi		9
Angkutan		6
Inspeksi		6

Gambar 78. Ringkasan Diagram Proses.

Kadang-kadang gambaran yang lebih baik tentang proses tersebut dapat diperoleh dengan meletakkan garis-garis aliran pada gambar denah daerah tempat kegiatan berlangsung. Sketsa tampilan rencana (diagram aliran) dari titik inspeksi No. 1 ditunjukkan pada Gambar 7. Garis digambar pada sketsa untuk menunjukkan jalur perjalanan teknisi dan simbol bagan proses dimasukkan ke dalam garis untuk menunjukkan apa yang sedang terjadi.

a. Penghitungan Waktu Proses

Proses penghitungan waktu dilakukan dengan menggunakan *timer* (penghitung waktu). Sebelum

memulai proses ini, pastikan semua alur proses produksi dipersiapkan dengan sebaik mungkin dan dilakukan oleh teknisi profesional. Penghitungan waktu produksi dilakukan sebagaimana pada proses produksi yang sebenarnya. Untuk menemukan waktu produksi yang sesungguhnya.

No	Deskripsi	Waktu (Detik)
1	Teknisi ke ruang APD	15
2	Memakai kelengkapan APD	600
3	Memeriksa kelengkapan APD	30
4	Menuju stasiun kerja	120
5	Memeriksa kelengkapan peralatan kerja & mesin	300
6	Memeriksa kondisi peralatan kerja dan mesin	300
7	Barang masuk ke dalam area penyimpanan	
8	Pemilahan material berdasarkan spesifikasi pada tempat penyimpanan	30
9	Material dinaikkan ke atas <i>conveyor</i>	10
10	Material menuju stasiun mekanik	20
11	Pengukuran material	600
12	Pemotongan material	600
13	Material dinaikkan ke atas <i>conveyor</i>	10
14	Material menuju stasiun pengelasan	20
15	Pengelasan dasar	50
16	Penebalan las	50
17	Filter pengelasan	50
18	<i>Capping</i>	50
19	Material dinaikkan ke atas <i>conveyor</i>	10
20	Material menuju stasiun pengecatan	20
21	Pengecatan dasar	50
22	Penebalan cat	50
23	<i>Capping</i>	50

No	Deskripsi	Waktu (Detik)
24	Material dinaikkan ke atas <i>conveyor</i>	10
25	Material menuju stasiun QC	20
26	Proses <i>quality control</i>	100
27	Material dinaikkan ke atas <i>conveyor</i>	10
28	Material menuju stasiun ruang penyimpanan	20
29	Dipindahkan di ruang penyimpanan produk	30

Jika dihitung dengan menggunakan timer, maka didapatkan waktu dalam memproduksi satu buah produk sebesar

$$\begin{aligned} \text{Penjumlahan total waktu} &= 2.945 \text{ detik} \\ &= 49 \text{ menit} \end{aligned}$$

Namun, di dalam laboratorium/bengkel las lengan robot, sistem produksinya adalah sistem produksi berlanjut. Dalam pendataan kali ini produksi pertama membutuhkan waktu sebesar 49 menit, untuk produksi kedua dan selanjutnya adalah

Poin ke-9 sampai 29

$$\begin{aligned} \text{Total waktu} &= 1.839 \text{ detik} \\ &= 30 \text{ menit} \end{aligned}$$

Jarak pengerjaan satu produk dan produk setelahnya adalah 60 detik.

Maka dalam satu jam laboratorium/bengkel las lengan robot mampu memproduksi 10 produk jadi dan 50 produk yang sedang diproses.



Bab 5

Penerapan 5S 5R

5S/5R merupakan konsep budaya tentang bagaimana seseorang memperlakukan tempat kerjanya secara benar. Jika tempat kerjanya tertata rapi, bersih, tertib maka pekerjaan bisa dilakukan dengan lebih mudah, efektif, dan efisien. Standar 5S merupakan landasan yang sangat mendukung untuk mendorong

kinerja dan meningkatkan keamanan serta kenyamanan di dalam ruang kerja. Tujuan 5S juga untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas tempat kerja (bengkel). Kegunaan lainnya dapat kita liat di bawah ini.



- Meningkatkan produktivitas karena pengaturan tempat kerja yang lebih efisien.
- Meningkatkan kenyamanan karena tempat kerja selalu bersih dan luas.
- Mengurangi bahaya di tempat kerja karena kualitas tempat kerja yang bagus/baik.

- Menambah penghematan karena menghilangkan pemborosan-pemborosan di tempat kerja.
- Menghilangkan kerancuan dan ketidakpastian.
- Kemampuan konsentrasi kerja lebih baik.
- Aliran transportasi internal yang lebih baik.

Teori 5S merupakan suatu metode penataan dan pemberdayaan area kerja yang lebih baik dan efisien. Metode ini dicetuskan pertama kali di Jepang. 5S menyediakan dasar metodologi yang didefinisikan oleh 5 kata Jepang yang diawali dengan penggunaan huruf "S". Jika diadopsi dalam terjemahan bahasa Inggris, dapat didefinisikan sebagai standardisasi.

Henry Ford, yang merupakan bapak pendiri Ford Motor, memulai aktivitas untuk menyempurnakan proses produksi pada awal abad ke-20. Kemudian Toyota memperbaiki desain Ford tersebut dengan mengembangkan *LEAN Production System* yang lebih adaptif terhadap kebutuhan dan perubahan. Sistem ini dikembangkan berdasarkan permintaan dan struktur untuk memastikan keberlangsungan dari konsep visual dan *factory*. Pada tahun 1950, Taichi Ono membuat konsep 4S dalam pekerjaan dan visual kontrol pada Toyota.

Konsep tersebut pada akhirnya disempurnakan menjadi 5S di sepanjang tahun 1960 dan 1970-an. Program 5R/5S merupakan adaptasi program 5S yang dikembangkan di Jepang dan sudah digunakan oleh banyak perusahaan di dunia. Singkatan 5R merupakan kependekan dari istilah: Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, dan Rajin. Istilah ini merupakan hasil penyerapan dari bahasa Jepang ke dalam bahasa Indonesia. Istilah asli dalam bahasa Jepang adalah 5S yang



kepanjangannya adalah *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, dan Shitsuke*. Metode ini digunakan sebagai panduan untuk melakukan penataan dan pembersihan tempat kerja. 5R ini sudah menjadi budaya dan hal wajib bagi berbagai perusahaan ternama dan diterapkan di tempat kerja di seluruh wilayah perusahaan pada umumnya.

Berikut adalah definisi atau pengertian dari 5R/5S.

A. Ringkas/Seiri

Seiri atau ringkas dapat didefinisikan sebagai pembagian dan pemilahan segala sesuatu yang berhubungan dengan bagian-bagian bengkel berdasarkan fungsi dan manfaatnya. Pemilahan ini tentu sangat bermanfaat untuk memudahkan kita dalam mencari dan menggunakan peralatan yang tersedia di tempat kerja. Secara umum, banyak para ahli mengatakan bahwa membedakan antara yang diperlukan dengan yang tidak diperlukan merupakan keputusan tegas untuk menerapkan manajemen stratifikasi untuk membuang yang tidak diperlukan itu (SIEN Consultant, 2008). Intinya adalah membagi segala sesuatu sesuai urutan kepentingannya, kemudian memilah peralatan berdasarkan kelompok prioritas. Memisahkan barang yang kurang diperlukan sehingga kita dapat berkonsentrasi terhadap barang yang benar-benar penting. Hal ini memerlukan perhatian kita di tempat (bengkel) bekerja. Kunci utama dalam penerapan *seiri* adalah

1. cek barang yang ada di area masing-masing;
2. tetapkan kategori barang-barang;
3. memberi label pada setiap barang;
4. menempatkan setiap barang sesuai kategori;
5. pindahkan barang yang telah diberi warna label ke tempat yang telah ditentukan.

Dari penjelasan secara umum di atas, jika ditarik ke dalam bengkel las lengan robot, Ringkas adalah kegiatan untuk memilah



antara barang yang diperlukan dan yang tidak diperlukan di area kerja. Tujuannya untuk efisiensi. Prinsip ringkas adalah hanya barang-barang yang diperlukan saja yang boleh berada di area kerja.

B. Rapi/Seiton

Rapi atau *seiton* adalah mengatur semua item yang diperlukan untuk memiliki tempat khusus (*set in order*). Segala sesuatu yang menjadi peralatan bengkel las lengan robot ditempatkan pada tempat yang sudah diatur untuk memudahkan proses produksi. Rapi adalah kegiatan untuk menentukan penataan letak yang baik sehingga kita mudah untuk menemukan barang yang dibutuhkan.

Prinsip Rapi adalah setiap barang yang berada di tempat kerja memiliki tempat yang jelas. Tujuan aktivitas ini adalah meningkatkan kecepatan kerja. Adapun tujuan lainnya adalah untuk

1. secara visual menunjukkan apa yang dibutuhkan dengan pemberian label dan penempatan yang jelas pada setiap komponen dan peralatan;
2. lebih efisien untuk mencari barang/dokumen (siluet/label);
3. menghemat waktu;
4. jarak tempuh yang lebih pendek.

Contoh sederhana pemberian label pada komponen bengkel las lengan robot bisa menggunakan tempelan stiker atau tulisan yang ditempatkan pada setiap bagian depannya agar memudahkan dalam mencari komponen yang diperlukan.

C. Resik/Seiso

Resik atau *seiso* didefinisikan untuk menjaga kebersihan area bengkel las lengan robot. Mengapa tempat kerja selalu ditekankan untuk menjaga kebersihan? Tempat kerja atau bengkel yang bersih menunjukkan kualitas produk dan proses yang baik. Selain itu, debu dan kotoran yang dibiarkan begitu saja akan memicu kontaminasi

produk dan potensi bahaya kesehatan. Tempat kerja yang bersih juga membantu mengidentifikasi abnormal kondisi. Resik adalah kegiatan untuk menghilangkan, menyingkirkan, atau membuang sampah, kotoran, dan barang asing untuk menjadikan tempat kerja yang bersih. Prinsip Resik adalah memeriksa dan membersihkan kondisi area kerja. Tujuan aktivitas ini adalah agar area kerja selalu bersih.

D. Rawat/*Seiketsu*

Rawat atau *seiketsu* didefinisikan untuk mempertahankan tempat kerja pada tingkatan tertentu dan membuat pembatasan yang jelas berupa penilaian dan tindakan untuk memberlakukan kinerja yang sesuai standar bengkel atau ruang kerja. Salah satu contoh pembatasan atau standardisasi pada bengkel las lengan robot adalah penggunaan temperatur suhu pada mesin las. Standardisasi juga bukan hanya diberlakukan di dalam penggunaan peralatan bengkel saja, tetapi diberlakukan untuk semua aspek yang berhubungan dengan bengkel las lengan robot, seperti penggunaan APD (Alat Pelindung Diri), kebersihan lingkungan kerja, dan lain sebagainya. Rawat berarti memelihara barang dengan teratur, rapi, bersih, dan sesuai standar. Prinsip Rawat adalah setiap orang memperoleh informasi yang dibutuhkan di area kerja tepat waktu. Tujuannya adalah Standardisasi *Visual Control System*.

E. Rajin/*Shitzuke*

Rajin atau *shitzuke* didefinisikan untuk mempertahankan kedisiplinan dan menjaga kinerja agar sesuai standar operasional. Mengapa rajin atau *shitzuke* diperlukan di dalam bengkel las lengan robot? Tujuannya untuk mempertahankan penyortiran, penyimpanan, kualitas, dan aktivitas setiap hari yang dilakukan di bengkel las lengan robot. Namun, di dalam menjaga agar tetap berjalan di bengkel las lengan robot, diperlukan pengawasan dan penerapan tegas di dalam setiap kegiatan yang berlangsung di bengkel las lengan



robot. Karena kebiasaan baik itu sangat sulit dilakukan dan disiplin terhadap pekerjaan membutuhkan komitmen yang tinggi. Rajin berarti melakukan sesuatu yang benar sebagai kebiasaan. Prinsip Rajin adalah lakukan apa yang harus dilakukan dan jangan lakukan apa yang tidak boleh dilakukan. Tujuannya adalah konsistensi.

Setelah dapat melaksanakan kelima poin di atas, terdapat banyak manfaat yang didapatkan bengkel las lengan robot, antara lain:

1. tempat kerja yang lebih bersih dan lebih aman;
2. bermanfaat untuk peningkatan kualitas produk;
3. memberikan pelayanan pada pelanggan yang lebih baik;
4. efisiensi akan meningkat;
5. mengurangi stres pekerja;

Berikut adalah penerapan dari 5R/5S pada Bengkel Las Lengan Robot.

228



A. Ringkas/Seiri



Gambar 79. Desain Ruang Ringkas.

Hal pertama yang harus diperhatikan dalam penerapan ringkas pada bengkel las lengan robot adalah mendesain ruangan seringkas dan efisien mungkin, agar mampu membedakan mana alat kerja yang akan digunakan. Di dalam bengkel las lengan robot, semua proses/alur kerja harus diatur sesuai dengan desain tempat. Setelah menyesuaikan alur/proses kerja dengan desain tempat, langkah selanjutnya adalah menata alat dan peralatan sesuai dengan proses kerja yang berlangsung karena tidak semua peralatan digunakan pada saat melakukan suatu proses kerja.

Prinsip kerja resik pada bengkel las lengan robot antara lain

1. pengecekan barang yang ada di area kerja masing-masing;
2. memisahkan barang yang digunakan dan tidak digunakan;
3. inventarisir, menempatkan barang-barang pada area yang mudah dijangkau;
4. menyiapkan tempat untuk menyimpan, membuang, dan mengoperasikan benda/peralatan;
5. memindahkan barang yang tidak digunakan pada satu ruang penyimpanan.

229



Gambar 80. Penyimpanan Peralatan Mekanik.



Gambar 81. Penyimpanan Peralatan Mekanik.

230
•
•
•



Gambar 82. Ruang Penyimpanan Peralatan.



Gambar 83. Contoh Penerapan Tidak Resik.



Gambar 84. Contoh Penerapan Tidak Resik 2.

Di dalam bengkel las lengan robot, beberapa kerugian yang ditimbulkan jika tidak menerapkan resiko antara lain:

1. menjadikan ruang kerja kotor dan tidak beraturan;
2. menyulitkan dalam pengambilan material atau alat yang akan digunakan;
3. menimbulkan bahaya dan kerugian material ketika menempatkan peralatan dan bahan secara sembarang;
4. menimbulkan penyakit akibat kerja.

B. Rapi/Seiton

Rapi merupakan kegiatan menyimpan barang sesuai dengan tempat yang sudah ditentukan. Di dalam desain las lengan robot sudah dipaparkan dan diberikan pembatasan ruang kerja dan penyimpanan, yang bertujuan untuk mencapai nilai kerapian optimal di bengkel las lengan robot. Kerapian akan menentukan kecepatan dalam pengambilan dan penyimpanan barang yang digunakan.

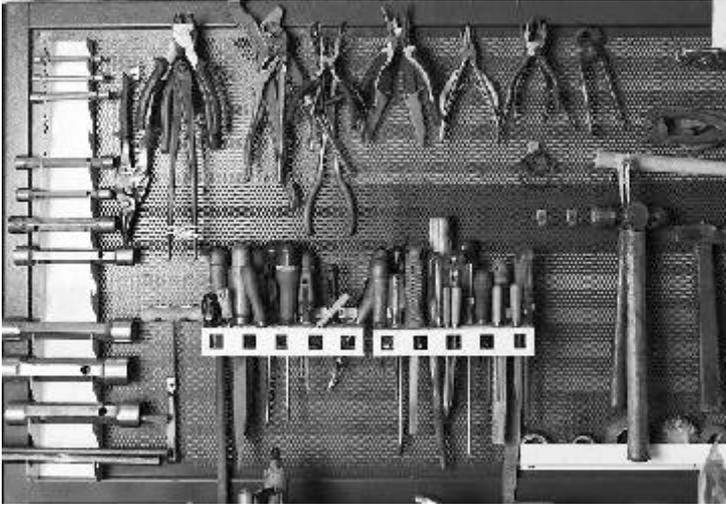
232



Langkah-langkah dalam menerapkan prinsip rapi di bengkel las lengan robot antara lain:

1. merancang metode dan lokasi penempatan yang hendak digunakan atau diperlurkan di bengkel las lengan robot sehingga mudah didapatkan dan dikembalikan ke tempat penyimpanan;
2. memilah penempatan barang sesuai dengan intensitas digunakannya;
3. memberikan label pada setiap alat yang tersedia di bengkel las lengan robot;
4. melakukan pencatatan saat peminjaman dan pengembalian.

Di bawah ini adalah contoh perbandingan penerapan rapi di dalam bengkel.



Gambar 85. Kerapian Peralatan Mekanik Bengkel.



Gambar 86. Kerapian Ruangan Kerja.



Gambar 87. Ruang Bengkel yang Tidak Rapi.

C. Resik/Seiso

234



Resik merupakan proses perawatan melalui kegiatan membersihkan peralatan maupun area kerja agar tetap dalam kondisi yang baik dan siap untuk digunakan. Kebersihan area kerja menjadi tanggung jawab seluruh orang yang bertugas di bengkel.

Langkah-langkah dalam menerapkan prinsip resik di bengkel las lengan robot adalah sebagai berikut.

1. Penyediaan peralatan kebersihan di beberapa titik ruang kerja yang intersitas kotornya tinggi. Contoh peralatan kebersihan yang digunakan adalah sapu, kain pel, alat penyedot air, sabun pembersih, sekop, dll.
2. Penerapan jadwal petugas kebersihan pada masing-masing ruang kerja atau ruang bengkel secara keseluruhan.
3. Kebersihan alat dan ruang kerja dilakukan secara teratur.
4. Penggantian peralatan yang sudah tidak layak pakai agar tidak membahayakan para pekerja.

D. Rawat/*Seiketsu*

Rawat atau *seiketsu* merupakan kegiatan untuk mempertahankan hasil yang telah dicapai pada 3R sebelumnya. Sudah menjadi kewajiban manajemen bengkel untuk membuat aturan/standardisasi perawatan pada bengkel las lengan robot. Salah satu contoh perawatan bisa dengan menentukan jadwal pembersihan rutin peralatan, pengecekan peralatan secara berskala, dan pengecekan mekanisme peratan utama dengan mendatangkan teknisi ahli yang berkaitan dengan peralatan.

Langkah-langkah dalam menerapkan prinsip rawat di bengkel las lengan robot antara lain

1. penetapan jadwal *monitoring* peralatan;
2. penataan dan penetapan teknisi yang bertugas dalam perawatan alat;
3. adanya *briefing* rutin sebagai alat komunikasi antarpekerja untuk mengetahui kendala dalam peralatan.

235



E. Rajin/*Shitsuke*

Rajin atau *shitsuke* merupakan pemeliharaan kedisiplinan di setiap pekerja yang menjalankan pekerjaan di bengkel las lengan robot, agar tercipta budaya 5R dan menjadi kebiasaan pada pekerja. Langkah-langkah dalam menerapkan prinsip rajin di bengkel las lengan robot antara lain

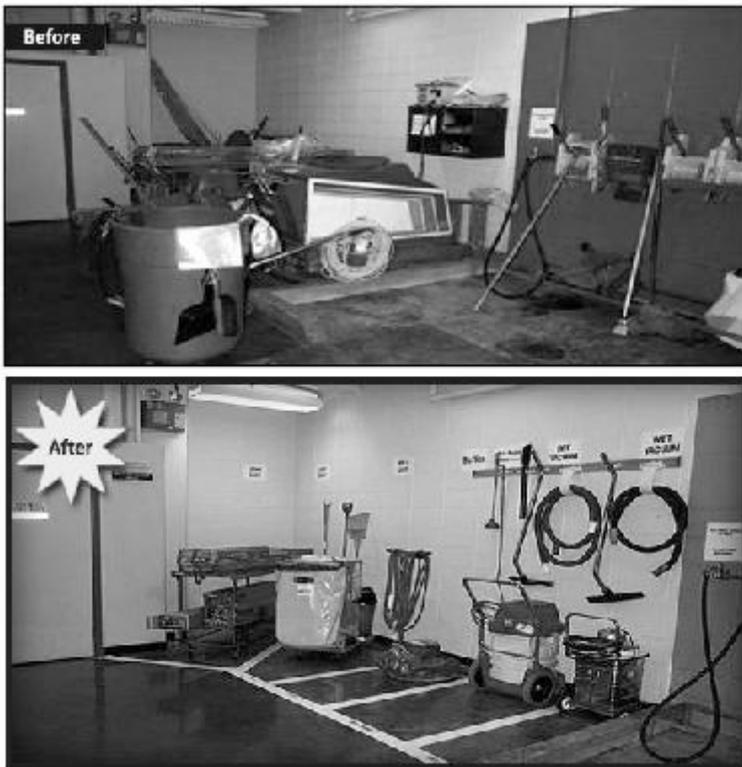
1. memiliki target pencapaian;
2. memberikan teladan kepada pekerja;
3. memberikan kesempatan belajar kepada pekerja untuk menerapkan prinsip 5R;
4. membuka komunikasi antarpekerja agar penerapan 5R tetap berjalan.



Gambar 88. Perubahan Sebelum dan Setelah Menerapkan Prinsip 5R.

F. Poster

236
●
●



Gambar 89. Poster Sebelum dan Setelah Hasil Perbaikan.



Simpan Pada Tempatnya



Menjaga Anda Tetap Aman

Gambar 90. Poster Simpan Pada Tempatnya.



Bab 6

Emergency Response Planning

Bengkel las lengan robot tidak akan luput dari bencana/kecelakaan kerja. Penggunaan teknologi yang membutuhkan daya tinggi, robot yang bergerak dinamis, serta material yang memiliki potensi bahaya, tentunya mempunyai kemungkinan akan terjadinya kecelakaan kerja. Selain bencana/kecelakaan yang timbul atau disebabkan secara langsung akibat produksi di bengkel, bencana juga bisa timbul dari faktor alam. Namun, semua bencana ada pencegahan dan penanganan. Setiap bengkel las lengan robot harus mampu memberikan penanganan pertama ketika terjadinya kecelakaan kerja. Oleh karena itu, perlu diberikan edukasi penanganan pertama kecelakaan kerja. Berikut ini adalah jenis-jenis kecelakaan kerja dan cara penanganan yang sesuai standar.

A. Kebakaran

Kebakaran dalam bengkel las lengan robot biasanya ditimbulkan dari aliran arus pendek/korsleting. Namun, tidak menutup kemungkinan kebakaran akan timbul dari faktor lainnya. Di bawah

ini akan dijelaskan apa saja faktor yang dapat menyebabkan kebakaran dan cara penanganannya.

1. Penyebab

- a. Faktor terjadinya kebakaran karena alam, yaitu
 - 1) petir (misal: sambaran petir pada bahan mudah terbakar), gempa bumi (misal: gempa bumi yang mengakibatkan terputusnya jalur gas bahan bakar), gunung meletus (dikarenakan lava pijar yang panas membakar tumbuhan kering di sekitarnya).
 - 2) panas matahari (misal: panas matahari yang memantul dari kaca cembung ke dedaunan kering di sekitarnya).
- b. Faktor terjadinya kebakaran karena manusia, yaitu:
 - 1) disengaja (pembalakan liar, balas dendam, dsb).
 - 2) kelalaian (lupa mematikan tungku pembakaran saat akan meninggalkan bengkel, dsb).
 - 3) kurang pengertian (membuang rokok sembarangan, merokok di dekat tempat pengisian bahan bakar, dsb).
- c. Faktor penyebab kebakaran karena binatang: tikus, kucing dan binatang peliharaan lainnya yang berpotensi menimbulkan kebakaran akibat terdapat sumber api di sekitar bengkel tanpa pengawasan, dsj.

2. Pencegahan

- a. Mengadakan penyuluhan mengenai bahaya kebakaran dari pemerintah kepada masyarakat.
- b. Pengawasan bersama terhadap segala potensi-potensi kebakaran secara bersama-sama saling mengingatkan.
- c. Menyediakan sarana pemadam kebakaran aktif maupun pasif di area yang berpotensi tinggi terjadi kebakaran.



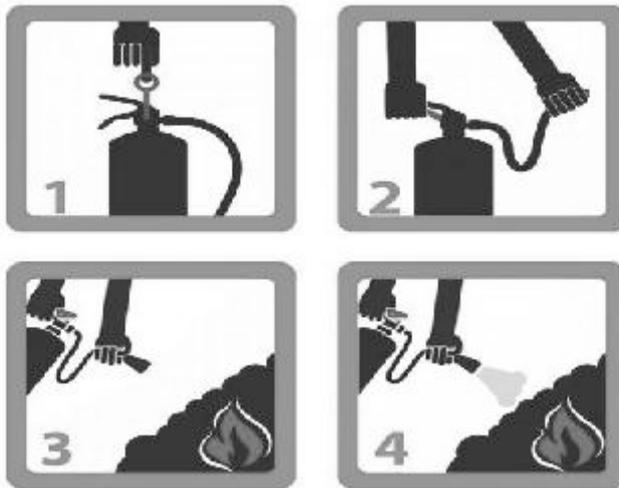
3. Penanganan

Penanganan kebakaran di bengkel las lengan robot dapat dilakukan dengan penanganan awal menggunakan APAR. Kebakaran dengan intensitas rendah mampu dipadamkan menggunakan APAR. Namun, jika diluar dugaan terjadi kebakaran besar, APAR dapat digunakan sebagai alat pembantu memadamkan api pada jalur menuju akses keluar.

APAR memiliki berbagai jenis sesuai dengan kebutuhan tempat. Namun pada bengkel las lengan robot jenis APAR yang digunakan adalah APAR CO2. APAR ini mampu memadamkan api akibat aliran arus listrik. Di bawah ini adalah pemaparan bagaimana cara penggunaan APAR yang baik dan benar.

- a. Tarik kunci pengaman atau segel.
- b. Pegang bagian ujung selang dan arahkan ujung selang ke sumber api.
- c. Tekan tuas.
- d. Kibaskan ujung selang pada sumber api secara perlahan sampai api padam.

241
•
•
•



Gambar 91. Cara Menarik Pengunci yang Benar.



Gambar 92. Cara Memegang Ujung Selang yang Benar.



242





Gambar 93. Penempatan APAR pada Bengkel Las Lengan Robot.

B. Kotak P3K



Gambar 94. Kotak P3K.

(Sumber : India Mart)

Dilihat dari definisi tempat kerja, yaitu suatu tempat yang di dalamnya terdapat tenaga kerja yang bekerja atau yang sering dimasuki tenaga kerja untuk urusan suatu usaha serta adanya sumber-sumber bahaya. Jadi dapat dipastikan bahwa di tempat kerja pasti

terdapat potensi bahaya yang mengancam keselamatan dan kesehatan pekerja.

Adanya potensi bahaya di tempat kerja terkadang disadari oleh pekerja, tetapi mereka tidak mengerti dampak yang ditimbulkannya dan cara mengendalikannya. Akhirnya mereka membiarkannya begitu saja dan terbiasa dengan keberadaan potensi bahaya tersebut. Padahal jika terjadi kecelakaan kerja dapat mengakibatkan cederanya pekerja bahkan menimbulkan kematian. Oleh karena itu, dalam rangka memberikan perlindungan bagi pekerja yang mengalami kecelakaan di tempat kerja perlu dilakukan pertolongan pertama secara cepat dan tepat.

Pemerintah mengatur pelaksanaan P3K di tempat kerja dalam peraturan perundangan. Pada Pasal 3 ayat (1) huruf (e) Undang-Undang No.1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja disebutkan bahwa: “Dengan peraturan perundangan ditetapkan syarat-syarat keselamatan kerja untuk memberi pertolongan pada kecelakaan”. Hal ini mengindikasikan bahwa perlu adanya peraturan pelaksanaan yang khusus mengatur tentang pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K). Pada tahun 2008, Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi mengeluarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor: Per.15/Men/VIII/2008 tentang Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan di Tempat Kerja.

Pasal 2 ayat (1) dan (2) Permenakertrans No.Per.15/Men/VIII/2008 menyebutkan bahwa: “Pengusaha wajib menyediakan petugas P3K dan fasilitas P3K di tempat kerja” serta “Pengurus wajib melaksanakan P3K di tempat kerja”. Hal ini menunjukkan adanya kewajiban bagi pihak perusahaan/tempat kerja untuk melaksanakan P3K sekaligus menyediakan petugas P3K dan fasilitas P3K di tempat kerjanya untuk memberikan perlindungan kepada pekerja saat kecelakaan terjadi.

1. Perban.
2. Kain kasa gulung dan steril.
3. Peniti.
4. Sarung tangan lateks.
5. Pinset.
6. Gunting.
7. Larutan povidone-iodine untuk disinfektan luka.
8. Tisu pembersih bebas alkohol.
9. Cairan untuk membersihkan benda asing pada luka, seperti larutan garam atau air steril.
10. Krim atau salep antiseptik.
11. Salep luka bakar.
12. Plester luka.
13. Obat pereda gatal akibat gigitan serangga atau alergi.
14. Obat antinyeri, seperti paracetamol. Obat ini juga bisa digunakan sebagai pereda demam.
15. Obat flu dan batuk.
16. Obat tetes mata.
17. Obat darurat (P3K) jika anggota keluarga ada yang menderita penyakit tertentu, misalnya *inhaler* untuk penderita.

245



Gambar 95. Penempatan Kotak P3K.

18. Termometer.

C. Hydrant

Fungsi *hydrant* dalam sistem proteksi kebakaran memang sudah tidak diragukan lagi. Sistem ini sangat mumpuni untuk memadamkan api skala besar.

Semua sistem pemadam kebakaran memang bertujuan sama, yakni memadamkan api dan melindungi gedung atau aset Anda. Namun, perbedaan dari berbagai sistem proteksi kebakaran dapat dilihat dari medianya atau sistem cara kerjanya. Sistem *fire hydrant* memadamkan api dengan media air bertekanan. Pengoperasian sistem ini pun dilakukan secara manual. Lalu apa yang menjadikan *hydrant* istimewa?

Sistem *hydrant* didesain agar dapat memadamkan api skala besar. Masing-masing komponen hingga media telah diatur agar dapat memadamkan kebakaran selama 30 menit lamanya. *Hydrant* berfungsi untuk melindungi gedung-gedung publik seperti sekolah, mall, dan bangunan lainnya. Selain itu, juga dapat melindungi gedung usaha Anda. Agar tahu lebih lengkap mengenai fungsi *hydrant*, ada baiknya kita menilik dulu komponen-komponen di dalamnya. Yuk, simak komponen dan fungsi *hydrant* dalam sistem proteksi kebakaran ini!

1. *Reservoir* (Tandon Air)

Reservoir adalah tandon penampung pasokan air yang akan dijadikan media dalam sistem *hydrant* untuk memadamkan api. Tandon ini juga biasa dikenal sebagai *ground tank* karena umumnya diletakkan di bawah tanah. Sebuah *reservoir* dipersiapkan dengan menyediakan air untuk memadamkan api selama 30 menit.

2. *Jockey Pump Unit*

Jockey pump adalah komponen yang digunakan untuk menstabilkan tekanan air yang akan dialirkan dari *reservoir* menuju jaringan *output*. Tujuannya agar tekanan air tetap stabil dan tidak merusak sistem jaringan *hydrant*.





Gambar 96. Jockey Pam Unit.

3. *Electric Pump Unit*

Electric pump merupakan pompa yang bekerja untuk mengalirkan air dari *reservoir* menuju jaringan *output*. *Electric pump* dapat bekerja dengan tenaga listrik dari PLN.

4. *Diesel Pump Unit*

Jika tidak ada listrik di lokasi kebakaran, *diesel pump*-lah pompa yang akan berfungsi untuk memompa air dari tandon air ke jaringan *output hydrant*. Namun bila listrik PLN kembali menyala, pompa ini berfungsi menstabilkan tekanan sistem *hydrant*.

5. *Hydrant Pillar*

Jika bicara tentang fungsi *hydrant*, mungkin *hydrant pillar*-lah yang langsung muncul di benak Anda. *Hydrant pillar* adalah komponen *hydrant* jaringan *output* yang mengaliri air dari *reservoir* dan dihubungkan dengan *fire hose* agar dapat menjangkau lokasi kebakaran. *Hydrant pillar* ada yang berjenis *one way*, *two way*, dan *three way*.



Gambar 97. Diesel Pamp Unit.

6. *Siamese Connection*

248

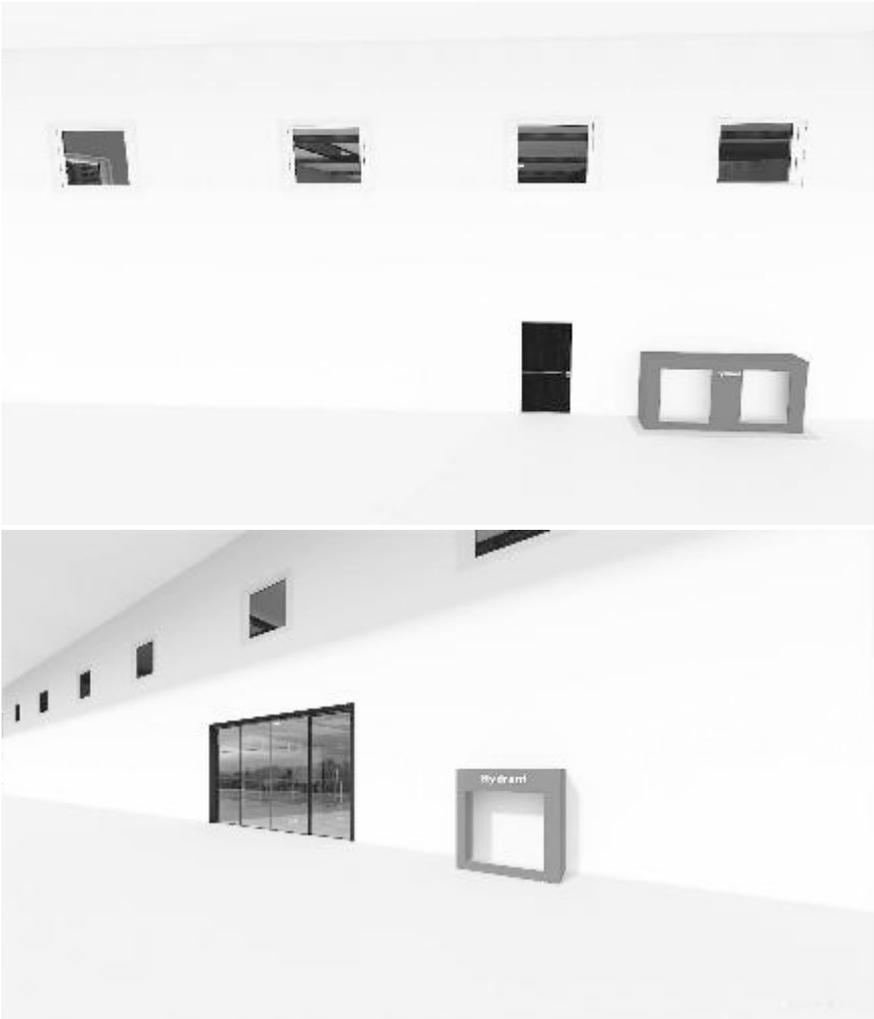


Siamese Connection adalah aksesoris pendukung yang dapat menghubungkan dan membantu proses penyuplai air dari mobil pemadam kebakaran menuju sistem *hydrant*. Hal tersebut akan dibutuhkan bila air dari tandon habis.

7. *Hydrant Box Unit*



Gambar 98. Hydrant Box.



Gambar 99. Penempatan *Hydrant Box*.

Hydrant box adalah *box* tempat penyimpanan yang berisi aksesoris pendukung untuk mengalirkan air dari jaringan *hydrant* menuju titik kebakaran. Nah, itu dia fungsi *hydrant* dan komponen-komponennya. Selalu pastikan Anda menggunakan sistem proteksi kebakaran yang baik, ya!

D. Fire Sprinkler

Prinsip kerja *fire sprinkler* sangatlah kompleks jika diperhatikan dan dilihat lebih seksama. *Fire sprinkler* memiliki banyak komponen untuk menjalankan *fire sprinkler system* ini, *fire sprinkler* tidak terlepas dari tandon air yang menyediakan pasokan air ketika terjadi bencana kebakaran. Sehingga dibutuhkan analisis yang matang untuk pembuatan *fire sprinkler* ini.

Sistem *fire sprinkler* di Indonesia diatur dalam Standard Nasional Indonesia (SNI) 03-3989- 2000 tentang tata cara perencanaan dan pemasangan sistem *sprinkler* otomatis untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung.

Prinsip kerja *fire sprinkler* sangat canggih dan merupakan terobosan mutakhir yang pernah dibuat dalam sejarah umat manusia. *Fire sprinkler* merupakan sistem yang digunakan untuk memadamkan kebakaran ketika terjadi kebakaran di sebuah bangunan.

250



Fire Sprinkler akan menyala secara otomatis ketika ada api yang akan menyebabkan kebakaran. Sehingga alat ini bisa diandalkan ketika suatu gedung atau ruang yang sudah terpasang dengan *fire sprinkler* tidak ada orang yang mengetahui sumber api, *fire sprinkler* dapat bekerja dengan otomatis untuk memadamkan kebarakan. Apalagi prinsip kerja *fire sprinkler* dipadukan dengan alarm *smoke detector* atau alarm *fire detector* tentunya kebakaran akan lebih diminimalkan kerugiannya.

Berikut beberapa prinsip kerja *fire sprinkler* saat terjadi kebakaran pada sebuah gedung.

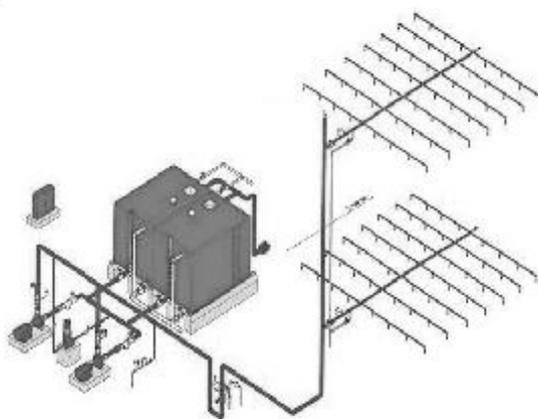
1. *Fire Sprinkler* akan bekerja ketika mendapatkan suhu dari panas api sekitar 68°C yang akan terbuka dan air akan keluar pada kepala *sprinkler*.
2. *Clapper* pada *alarm valve* akan terbuka dan menyebabkan *seat* pada *alarm check valve* terbuka, kemudian air akan mengalir ke pipa alarm trim dan mengaktivasi alarm.

3. Aliran air akan berhenti mengalir ke *pressure switch*, alarm gong dan juga ke *fire sprinkler*.



Gambar 100. Sensor *Fire Sprinkler*.

(Sumber : India Mart)



Gambar 101. Sensor *Fire Sprinkler*.

(Sumber : India Mart)

Standar instalasi *fire sprinkler* harus sesuai dengan desain gedung, sistem pipa *sprinkler* harus dapat ditahan dengan sempurna oleh kerangka gedung dan dengan tambahan beban pipa tersebut yang telah berisi air. Beban yang ditanggung oleh kerangka gedung ini minimum sebesar 113 Kg yang berada pada titik gantungan. Pemilihan kepala *sprinkler* juga harus diperhatikan. Dalam standar instalasi *fire sprinkler* disebutkan bahwa dalam pemasangan di area tempat pengolahan kertas, pabrik alkali, pabrik pupuk organik, ruang

penguapan, ruang penyepuhan listrik, ruang penyimpanan garam, dan ruang lain yang mempunyai potensi terkena uap korosif harus dipilih kepala *sprinkler* yang memiliki bahan yang tahan korosi, atau kepala *sprinkler* diberi lapisan pelindung sesuai dengan syarat pabrik. Ukuran kepala *sprinkler* berbeda-beda menyesuaikan dengan tempat yang diproteksi, misalnya untuk tempat yang berpotensi terhadap kebakaran ringan cukup menggunakan kepala *sprinkler* dengan ukuran lubang 10 mm, kebakaran sedang 15 mm, sedangkan untuk tempat berpotensi terjadi kebakaran besar menggunakan kepala *sprinkler* dengan ukuran yang lebih besar, yaitu 20mm.



Gambar 102. Desain 3D instalasi *Fire Sprinkler*.

E. Terbakar Las

Pada pengelasan, banyak faktor-faktor yang riskan dapat menyebabkan kecelakaan bagi pekerja las. Misalnya adalah terjadinya kecelakaan luka bakar karena terkena loncatan bunga api las, logam panas, dan busur cahaya. Terjadinya luka bakar dapat diakibatkan oleh logam panas karena adanya benda kerja yang meleleh lalu terbakar dengan suhu antara 1200 – 1500 derajat Celcius, juga karena sinar ultra violet dan sinar infra merah. Jika terjadi luka bakar pada kulit maka

dapat mengakibatkan kulit melepuh atau terkelupas, dan yang fatal adalah menyebabkan kanker kulit. Jika terjadi luka bakar pada mata mengakibatkan iritasi yang sangat fatal menyebabkan katarak pada mata bahkan kebutaan. Luka bakar yang diakibatkan oleh loncatan bunga api adalah loncatan logam cair yang ditimbulkan oleh cairan logam. Meskipun bunga api itu kecil, tapi dapat melubangi kulit melalui pakaian kerja yang tidak aman atau pakain kerja yang longgar.

Untuk pencegahan luka bakar pada pengelasan dapat dilakukan oleh pekerja las atau operator las dengan menggunakan apron atau jaket kulit, sarung tangan kulit, baju kerja yang lengkap meliputi baju kerja dari bahan katun, topi kulit terutama untuk pengelasan posisi di atas kepala, sepatu kerja, helm atau kedok las, *google glass* atau kacamata bening terutama saat membuang terak.

Tujuan pertolongan pertama pada luka bakar adalah untuk mencegah terjadinya infeksi, mengurangi rasa sakit, dan juga untuk mengatasi peristiwa syok yang mungkin dialami korban. Caranya adalah dengan menurunkan suhu di sekitar luka bakar sehingga dapat mencegah luka pada jaringan di bawahnya berkembang lebih parah lagi.

Terdapat tiga tingkatan luka bakar, yaitu luka bakar tingkat I, II, dan III. Luka bakar tingkat I adalah luka bakar ringan dengan tingkat kerusakan jaringan hanya di bagian luar lapisan kulit, misalnya jika kulit terkena sengatan sinar matahari atau kontak langsung dengan objek yang panas seperti air mendidih. Luka bakar tingkat I biasanya tidak disertai kepelepuhan pada kulit, gejalanya berupa kulit kemerahan pada bagian yang terbakar, bengkak ringan dan nyeri, tetapi kulit tidak terkoyak karena melepuh. Jika terdapat korban luka bakar tingkat I, pertolongan pertama yang dapat dilakukan adalah menyiram bagian luka yang terbakar dengan air mengalir atau kompres dengan air dingin dan lakukan sampai rasa sakit menghilang, menutup luka bakar dengan kain perban steril untuk mencegah infeksi, kemudian



jangan memberi mentega atau minyak pada luka bakar ataupun obat-obatan lain atau ramuan tanpa persetujuan dokter.

F. Tersengat Aliran Listrik

Tersengat listrik atau kesetrum adalah suatu kondisi gawat darurat ketika seseorang mengalami kontak langsung dengan aliran listrik. Maka dari itu, orang yang kesetrum alias tersengat listrik harus segera mendapatkan pertolongan pertama.

Arus listrik bertegangan rendah (kurang dari 500 volt) umumnya tidak menyebabkan cedera yang serius. Namun, risiko yang lebih besar dapat Anda alami apabila tegangan listrik lebih tinggi dari 500 volt. Beberapa penyebab seseorang tersengat atau kesetrum listrik adalah:

1. sambaran petir;
2. salah memperbaiki alat-alat listrik, kabel, atau alat elektronik lainnya;
3. kontak dengan kabel, alat listrik, atau alat elektronik;
4. kontak dengan alat-alat di lingkungan kerja;
5. menyentuh atau menggigit sumber listrik dengan bahan logam. Umumnya ini terjadi pada anak-anak.

Efek kesetrum listrik pada tubuh dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Mulai dari ukuran tubuh, luasnya bagian tubuh yang mengalami kontak dengan arus listrik, kekuatan arus listrik, dan lamanya korban tersengat listrik.

Tanda-tanda dan gejala tersengat listrik cenderung bervariasi pada setiap orang yang mengalaminya. Secara umum, beberapa gejala kesetrum listrik antara lain mengalami:

1. kejang;
2. luka bakar;
3. sakit kepala;
4. mati rasa atau kesemutan;
5. hilang kesadaran;



6. masalah pada pendengaran atau penglihatan;
7. detak jantung tidak beraturan.

Jika korban mengalami cedera luar, ia akan mengalami luka bakar di kulit. Sementara jika cedera terdapat di bagian dalam tubuh, risikonya adalah kerusakan pada organ tubuh, tulang, otot, dan sistem saraf. Pada kasus yang parah, Anda juga bisa mengalami gangguan detak jantung hingga henti jantung.

Sebelum menolong korban yang tersengat listrik, sebaiknya Anda perlu berhati-hati agar Anda juga tidak ikut tersengat listrik. Guna melindungi diri sendiri saat menolong orang tersengat atau kesetrum listrik, ikuti panduan pertolongan pertama berikut ini.

1. Matikan aliran listrik di lokasi kejadian

Sebelum menolong korban tersengat listrik, perhatikan keadaan di sekitar Anda. Pastikan Anda tidak berada di dekat area sumber listrik. Jika memungkinkan, segera putuskan aliran listrik di lokasi kejadian. Anda bisa mencari kotak sekering atau panel listrik yang berguna untuk memadamkan listrik. Apabila tidak bisa dimatikan, pindahkan atau jauhkan korban dari sumber listrik menggunakan benda yang tidak dialiri listrik atau isolator. Jauhkan sumber listrik dengan mendorongnya dengan sapu, beri jarak dengan korban pakai bangku, tutup sumber listrik dengan tumpukan koran, buku tebal, kayu, atau keset. Dilarang menyentuh aliran listrik menggunakan barang yang basah atau berbahan logam. Jika sumber listrik masih belum dapat dipadamkan, jaga jarak Anda minimal enam meter dari korban yang masih kesetrum listrik guna melindungi diri dari sumber aliran listrik.

2. Cari pertolongan medis

Jika ada orang terdekat Anda yang tersengat listrik, segera hubungi unit gawat darurat untuk memanggil ambulans. Anda juga dapat segera mencari pertolongan medis ke rumah sakit atau unit gawat darurat terdekat.



3. Jangan pindahkan korban

Jangan memindahkan posisi korban yang kesetrum listrik, kecuali apabila ia berada di lokasi yang tidak aman atau terancam akan kembali mengalami sengatan listrik.

4. Periksa tubuh korban

Sambil menunggu bantuan medis datang, lakukan pertolongan pertama dengan memeriksa tubuh korban dengan seksama dari kepala, leher, hingga kaki. Jika korban mengalami nyeri pada tangan atau kaki maka dapat mengindikasikan kemungkinan adanya patah tulang akibat sengatan listrik. Apabila dirinya menunjukkan tanda-tanda syok (lemas, muntah, pingsan, napas cepat, atau wajah sangat pucat), baringkan dengan posisi kepala sedikit lebih rendah dari tubuh dan kondisi kaki terangkat. Lalu, tutupi tubuh korban menggunakan selimut atau jaket. Selain itu, cek pula pernapasan dan denyut nadi korban. Jika pernapasan dan denyut nadi korban tampak melemah atau melambat, segera lakukan teknik *cardio pulmonary resuscitation* (CPR) atau napas buatan. Sebaiknya, jangan tinggalkan korban seorang diri seraya menunggu bantuan medis datang.

5. Obati luka bakar

Jika korban mengalami luka bakar, lepaskan pakaian atau benda apa pun yang menempel di kulitnya agar luka bakar tidak meluas. Kemudian, bilas area yang terbakar dengan air dingin yang mengalir hingga rasa sakitnya mereda. Selanjutnya, lakukan pertolongan pertama luka bakar dengan cara menutup luka menggunakan perban atau kain kasa.

6. Lakukan teknik pernapasan buatan

Apabila diperlukan, lakukan teknik pernapasan buatan dan resusitasi jantung paru-paru kepada korban. Teknik tersebut dapat diberikan apabila korban kesetrum listrik tidak bernapas dan denyut nadinya melemah. Pastikan Anda memahami cara



melakukan teknik CPR guna menghindari kesalahan yang justru dapat berakibat fatal.

Sumber listrik bisa jadi berbahaya apabila digunakan secara tidak hati-hati. Maka dari itu, agar tidak tersengat listrik lakukan beberapa hal berikut ini.

- Jauhkan kabel listrik dari jangkauan anak-anak, terutama kabel listrik yang tersambung dengan stop kontak (colokan).
- Ajari anak mengenai bahaya listrik.
- Gunakan alat pengaman pada seluruh stop kontak di rumah Anda.
- Hindari melakukan kontak langsung dengan alat listrik dan elektronik dalam kondisi tangan basah atau sesaat setelah mandi.
- Hindari bahaya listrik di lingkungan kerja. Pastikan selalu mengikuti instruksi keselamatan diri saat menggunakan peralatan listrik untuk bekerja.

G. Emergency Exit

Tangga darurat/*emergency exit* sebagai pintu evakuasi bila terjadi sesuatu di perkantoran, mall, atau apartemen. Bila terjadi kebakaran atau gempa bumi, *lift* dan *escalator* akan mati. Maka jalan alternatif atau jalan satu-satunya untuk menyelamatkan diri adalah melalui tangga darurat/*emergency exit*. Tangga darurat/*emergency exit* dibuat dengan mudah yang berbentuk vertikal ke bawah yang mampu digunakan oleh anak kecil, orang dewasa, dan orang cacat.

Namun disayangkan tidak semua orang mengerti akan kegunaan tangga darurat. Kebanyakan mereka menggunakan tangga darurat hanya untuk turun dan naik tanpa keadaan darurat yang terjadi. Umumnya terjadi dikarenakan mereka malas menunggu lift atau berjalan menuju tangga biasa yang telah disiapkan untuk naik dan turun. Bahkan banyak pula yang mengganjal pintu tangga darurat

dengan berbagai macam seperti menggunakan kertas, kayu, permen karet sampai ada pula yang sengaja merusak pintu tangga darurat yang bertujuan agar mereka dapat mudah mengakses pintu tangga darurat.

Bila digunakan tidak pada semestinya maka tanpa mereka sadari efek dari perbuatannya tersebut banyak, seperti pencurian yang kabur melalui tangga darurat, melakukan pelecehan seksual, dan bahkan pembunuhan. Maka dari itu untuk mengurangi kejadian tersebut berikut ini yang harus diperhatikan saat menggunakan tangga darurat atau *emergency exit*.

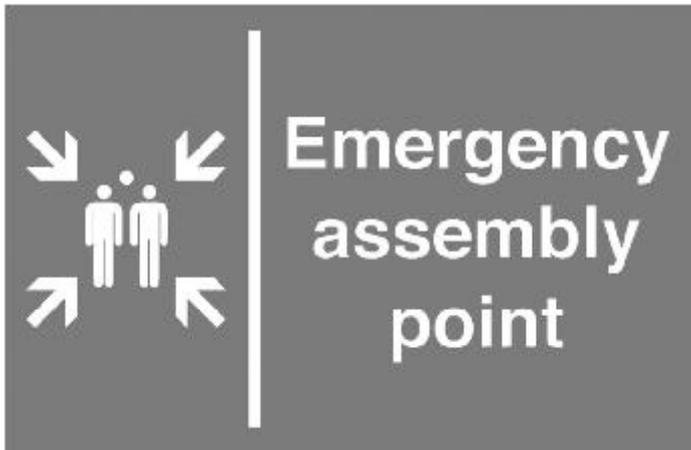
1. Jangan mengganjal pintu tangga darurat/*emergency exit*.
2. Jangan letakkan barang di tangga darurat/*emergency exit*.
3. Jangan menggunakan tangga darurat untuk istirahat, makan/minum/merokok, menyimpan barang dan mengakses untuk naik dan turun apabila tidak terjadi kebakaran atau gempa bumi.
4. Pastikan petunjuk jalan dan lampu *exit* menyala.
5. Laporkan kepada pihak pengelola gedung atau *safety officer* setempat atas kerusakan dari tanda-tanda *emergency* yang berada di setiap tangga darurat atau pintu yang tidak dapat dibuka dan kerusakan pada perlengkapan *fire emergency* lainnya.
6. Berpeganganlah pada *handrill*.
7. Dilarang lari (lebih baik jalan cepat).
8. Jangan membawa barang yang terlalu banyak dan berat kecuali barang atau dokumen penting saja.
9. Jangan panik.
10. Tinggalkan gedung melalui pintu tangga darurat lalu tutup kembali dan jangan diganjal.





Gambar 103. Pintu Darurat.

H. Titik Kumpul Bencana



Gambar 104. Emergency Assembly Point.

Menurut Permen PUPR No.14 Tahun 2017, titik kumpul adalah tempat yang digunakan bagi pengguna bangunan gedung dan pengunjung bangunan gedung untuk berkumpul setelah proses evakuasi. Pasal 33 ayat (2) pada Permen tersebut menyatakan

perancangan dan penyediaan titik kumpul harus memperhatikan:

- kesesuaian sebagai lokasi akhir yang dituju dalam rute evakuasi;
- keamanan dan kemudahan akses pengguna bangunan gedung dan pengunjung bangunan gedung;
- jarak aman dari bahaya termasuk runtuh bangunan gedung;
- kemungkinan untuk mampu difungsikan secara komunal oleh para pengguna bangunan gedung dan pengunjung bangunan gedung;
- kapasitas titik berkumpul.

Dalam kasus kebakaran atau keadaan darurat lainnya, karyawan, kontraktor, atau tamu perusahaan yang tidak familier dengan tempat kerja harus dapat keluar dari gedung dengan aman dan cepat menuju titik kumpul.

Sering kali, titik kumpul ini juga digunakan tim tanggap darurat untuk memastikan semua orang sudah berada di lokasi titik kumpul dan untuk mengidentifikasi orang yang hilang atau tidak berada di titik kumpul setelah proses evakuasi dilakukan.

Saat menentukan titik kumpul di tempat kerja, sebaiknya Anda memperhatikan beberapa hal berikut ini.

1. Lakukan penilaian risiko sebagai tahap awal

Untuk mengetahui berapa banyak jumlah titik kumpul yang dibutuhkan dan di mana lokasi titik kumpul yang tepat, Anda perlu mengetahui terlebih dahulu tentang jenis keadaan darurat apa saja yang berpotensi terjadi di tempat kerja Anda dan risiko atau bahaya apa yang dihadapi karyawan Anda. Salah satu cara untuk mengetahui itu semua adalah dengan penilaian risiko.

Penilaian risiko juga akan menunjukkan jenis bahaya apa saja yang mungkin akan ditemukan karyawan Anda selama proses evakuasi atau dekat dengan area yang akan Anda jadikan lokasi titik kumpul.

2. Pilih lokasi titik kumpul yang aman dan mudah diakses

Lokasi titik kumpul di tempat kerja Anda harus berada pada jarak yang aman dari bahaya, termasuk memperhitungkan kemungkinan bahaya runtuh gedung, bahaya kebakaran, dan bahaya lainnya. Pastikan juga titik kumpul berada cukup jauh sehingga tidak menghalangi kendaraan penanggulangan keadaan darurat.

Menjadikan lobi atau dekat area pintu keluar bukanlah solusi yang tepat. Hindari menentukan lokasi titik kumpul di area yang terdapat banyak instalasi listrik, lalu lintas ramai, atau medan berbahaya.





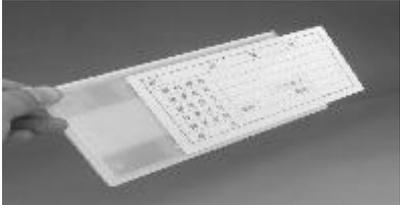
Bab 7

Peralatan Bengkel Las Lengan Robot

Berikut ini merupakan peralatan wajib yang digunakan di dalam laboratorium/bengkel las lengan robot. Di luar itu adalah peralatan-peralatan tambahan yang menyesuaikan kebutuhan produksi masing-masing bengkel.

A. Daftar Peralatan Ruang Material Bengkel Las Lengan Robot

No	Nama Peralatan	Deskripsi	Ilustrasi Alat
1	Rak bahan dan material	Sebagai wadah/ rak penyimpanan bahan-bahan material yang menjadi bahan utama dalam proses pengelasan, ukuran disesuaikan dengan produksi dan kebutuhan ruang.	

2	Tangga	Tangga di dalam laboratorium bengkel las lengan robot, digunakan sebagai alat bantu dalam pengambilan material yang berada pada posisi ketinggian diluar jangkauan teknisi.	
3	Draf dan catatan bahan	Jumlah sesuai kebutuhan dalam rak, terbuat dari plastik, dan kertas. Ukurannya menyesuaikan dengan lebar besi.	

Daftar Peralatan Ruang Mekanik Bengkel Las Lengan Robot

264



No	Nama Peralatan	Deskripsi	Ilustrasi Alat
1	Meja perkakas	Sebagai wadah/ rak penyimpanan perkakas dan <i>toolkit</i> kerja mekanik. Meja memiliki skat dan laci yang menyusun untuk perkakas kerja. Bertujuan agar tercapai nilai penerapan 5S5R.	

2	Toolkit	<p>Toolkit merupakan peralatan wajib dan standar bagi ruang mekanik.</p> <p>Toolkit berisikan perkakas-perkakas untuk operasional di ruang kerja mekanik.</p>	
3	Perkakas set	<p>Perkakas set terdiri dari peralatan-peralatan seperti pada ilustrasi, yaitu ragam, pemotong (besi, logam), bor, mata bor, gerinda, pisau gerinda, dan peralatan serupa lainnya.</p>	
4	Pemotong bahan logam	<p>Pemotong ini digunakan untuk memotong material sesuai dengan kebutuhan.</p>	
5	Poster K3	<p>Poster K3 digunakan sebagai alat utama pengingat keselamatan kerja di ruang kerja.</p>	

6	Peralatan sesuai dengan kebutuhan masing-masing bengkel	Menyesuaikan kebutuhan produksi.	
---	---	----------------------------------	---

B. Daftar Peralatan Ruang Pengelasan Bengkel Las Lengan Robot

No	Nama Peralatan	Deskripsi	Ilustrasi Alat
1	Robot las	Lengan robot las.	
2	Panel listrik las	Panel kelistrikan pada mesin las robot merupakan suatu sumber suplai daya yang dibutuhkan oleh mesin las robot itu sendiri.	
3	Panel control robot	Panel control programing robot	

4	Pembatas area las	Sebagai pelindung dan pembatas area las, agar tidak memberikan efek negatif ke luar area kerja pengelasan.	
5	Meja material	Sebagai penopang material pada saat melakukan proses pengelasan.	
5	Poster K3	Poster K3 digunakan sebagai alat utama pengingat keselamatan kerja di ruang kerja.	



C. Daftar Peralatan Ruang Pengecatan Bengkel Las Lengan Robot

No	Nama Peralatan	Deskripsi	Ilustrasi Alat
1	Cat elektrik	Cat listrik yang digunakan sebagai pewarna material hasil pengelasan.	

2	Meja pengecatan	Sebagai wadah dan tempat material pada saat melakukan proses pengecatan.	
3	Paint zoom	Sebagai alat pengecatan yang lebih praktis dan fleksibel.	
5	Poster K3	Poster K3 digunakan sebagai alat utama pengingat keselamatan kerja di ruang kerja.	
6	Pembatas area cat	Sebagai pelindung dan pembatas area cat, agar tidak memberikan efek negatif ke luar area kerja pengecatan.	

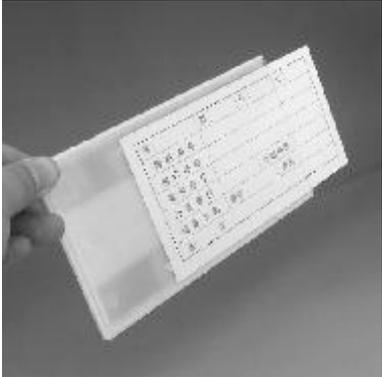
D. Daftar Peralatan Ruang Pengeringan Bengkel Las Lengan Robot

No	Nama Peralatan	Deskripsi	Ilustrasi Alat
1	Meja	Sebagai wadah dan tempat material pada saat melakukan proses pengeringan.	
2	Pembatas area cat	Sebagai pelindung dan pembatas area cat, agar tidak memberikan efek negatif ke luar area kerja pengecatan.	
3	Mesin pengering	Mesin pengering cat agar waktu produksi lebih efisien dan tidak perlu menunggu terlalu lama sampai proses pengecatan selesai.	
4	Selang pengering	Sambungan dan penyalur panas dari mesin pengering ke material yang dicat.	

5	Poster K3	Poster K3 digunakan sebagai alat utama pengingat keselamatan kerja di ruang kerja.	
---	-----------	--	--

E. Daftar Peralatan Ruang *Quality Control* Bengkel Las Lengan Robot

No	Nama Peralatan	Deskripsi	Ilustrasi Alat
1	Rak bahan dan material	Sebagai wadah/rak penyimpanan produk yang telah dibuat, ukuran disesuaikan dengan produksi dan kebutuhan ruang.	
2	Tangga	Tangga di dalam laboratorium bengkel las lengan robot, digunakan sebagai alat bantu dalam pengambilan material yang berada pada posisi ketinggian di luar jangkauan teknisi	

3	Draf dan catatan bahan	Jumlah sesuai kebutuhan dalam rak, terbuat dari plastik, dan kertas. Ukurannya menyesuaikan dengan lebar besi.	
---	------------------------	--	---

F. Daftar Peralatan Ruang Kontrol Bengkel Las Lengan Robot

No	Nama Peralatan	Deskripsi	Ilustrasi Alat
1	Kursi kerja	Sebagai tempat duduk pekerja operator yang bertugas.	
2	Meja kerja	Sebagai meja kerja operator yang bertugas.	
3	Panel control robot	Panel control programing robot	

4	Panel kontrol listrik	Panel kelistrikan pada mesin las robot merupakan suatu sumber suplai daya yang dibutuhkan oleh mesin las robot itu sendiri.	
5	Monitor control	Layar <i>monitoring</i> yang menampilkan kondisi peralatan robot bengkel.	
6	Komputer set	Sebagai <i>operator control</i> .	

G. Alat Pelindung Diri (APD)



Keterangan :

1	Topi kerja	: Alat pelindung kepala
2	Kacamata Hitam	: Alat pelindung mata
3	Respirator	: Alat pelindung pernafasan
4	Pakaian kerja (Wear Pack)	: Alat pelindung badan
5	Apron Tangan	: Alat pelindung tangan
6	Sarung Tangan Kombinasi	: Alat pelindung tangan
7	Apron Dada	: Alat pelindung dada

8	Apron Kaki	: Alat pelindung kaki
9	Sepatu kerja (Safety Shoes)	: Alat pelindung kaki



Bab 8

Pengembangan Media Pengenalan Bengkel Las Lengan Robot Berteknologi *Virtual Reality*

Virtual Reality

Menurut Mandal (2013), *Virtual Reality* atau yang biasa dikenal dengan VR merupakan istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan lingkungan virtual hasil olahan komputer yang dapat dipindahkan dan dimanipulasi oleh pengguna secara *real time*. Lingkungan virtual dapat ditampilkan pada sebuah tampilan yang terpasang di kepala, monitor komputer, atau layar proyeksi. Sistem pelacakan kepala dan tangan digunakan untuk memungkinkan pengguna dalam mengamati, bergerak, dan memanipulasi lingkungan virtual. Menurut Rathburn (2021), *virtual reality* merupakan sebuah dunia tiruan yang dibuat menggunakan komputer dan dapat diatur oleh orang yang mengoperasikannya. Heinich, dkk (2002) juga menjelaskan bahwa *virtual reality* merupakan lingkungan tiga dimensi hasil olahan komputer di mana pengguna dapat beroperasi sebagai peserta aktif. Selain itu, Burdea (2003) mendefinisikan *virtual reality* adalah sebuah simulasi di mana grafik komputer digunakan untuk menciptakan dunia maya yang tampak realistis. Berdasarkan beberapa definisi

tersebut, dapat disimpulkan bahwa *virtual reality* atau yang biasa dikenal dengan VR merupakan sebuah dunia tiruan tiga dimensi hasil olahan komputer yang dapat dimanipulasi oleh pengguna secara *real time*.

Virtual reality saat ini sudah banyak diimplementasikan di berbagai bidang atau sektor, seperti penerbangan, militer, kedokteran, hiburan, arsitektur, dan tak terkecuali dunia pendidikan (Jamil, 2018). Dunia pendidikan saat ini memanfaatkan VR sebagai media pembelajaran dalam menyampaikan materi kepada peserta didik. *Virtual reality* dianggap lebih mampu dalam hal menjelaskan sebuah materi. Oleh karena itu, VR mulai banyak diterapkan sebagai media pembelajaran di dunia pendidikan saat ini.

Salah satu penerapan VR sebagai media pembelajaran di dunia pendidikan saat ini adalah laboratorium virtual. Babateen (2011) mengatakan bahwa laboratorium virtual merupakan lingkungan belajar tiruan atau maya yang dapat memberikan stimulus seperti saat praktik di laboratorium pada kehidupan nyata. Totiana, dkk (2012) juga menjelaskan bahwa laboratorium virtual adalah media pembelajaran berbasis komputer yang dapat melakukan kegiatan simulasi di sebuah laboratorium. Adapun menurut Fridman (2014), laboratorium virtual adalah perancangan dan pengimplementasian perangkat lunak yang dapat diskalakan dengan sistem komputer terkait peralatan laboratorium sehingga peserta didik dapat dengan mudah mengakses peralatan kapanpun dan dimanapun mereka berada. Berdasarkan definisi dari beberapa ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa laboratorium virtual merupakan sebuah lingkungan belajar tiruan berupa laboratorium yang memungkinkan peserta didik untuk melakukan praktikum seperti praktik di dalam laboratorium pada kehidupan nyata.

Laboratorium virtual saat ini sudah banyak digunakan sebagai media pembelajaran. Hal ini dikarenakan laboratorium virtual

memiliki banyak manfaat ketika diterapkan dalam pembelajaran. Coles, dkk. (2011) menjelaskan bahwa penerapan laboratorium virtual dapat mengurangi risiko kecelakaan kerja saat praktikum dan dapat menghemat biaya pengeluaran maupun perawatan peralatan praktik. Heinich, dkk. juga (2002) menjelaskan bahwa ada tiga keuntungan dari penerapan laboratorium virtual pada pembelajaran. Adapun tiga keuntungan tersebut adalah (1) aman, laboratorium virtual memberikan pengalaman praktikum kepada peserta didik secara virtual sehingga jauh dari risiko bahaya kecelakaan kerja; (2) luas, laboratorium virtual memberikan kesempatan yang luas kepada peserta didik untuk menjelajahi lingkungan virtual yang telah dibuat; (3) berkesempatan mendapatkan ilmu yang lebih, laboratorium virtual menjanjikan peserta didik dengan keselamatan dari kecelakaan kerja sehingga peserta didik dapat melakukan eksperimen yang lebih dan memungkinkan untuk mendapat ilmu yang lebih.

Oculus Quest

PERLENGKAPAN



PENGISIAN DAYA

Untuk memulai, colokkan kabel pengisi daya ke *headset* VR Anda dan sumber daya untuk mulai mengisi daya. Indikator pengisian daya akan berubah menjadi hijau setelah baterai terisi penuh. Jika Anda belum mengisi daya Quest 2 atau Quest untuk pertama kali,

tetap hubungkan *headset* VR Anda ke sumber daya hingga baterai penuh saat menjalankan pembaruan awal.



PEMBUATAN AKUN

278
•
•

Jika Anda baru mengenal Oculus, khususnya Quest 2 atau Quest, Anda perlu membuat akun Facebook untuk menggunakan perangkat, aplikasi, dan Oculus Store. Anda dapat membuat akun Facebook dengan memilih tombol “Sign Up” di layar pertama saat proses penyiapan perangkat pada aplikasi Oculus di ponsel atau bisa mendaftar melalui situs web Facebook (<https://www.facebook.com/>) secara langsung. Segala aktivitas atau pembelian aplikasi akan terhubung dan tersimpan pada akun Facebook Anda. Jika sudah memiliki akun Facebook, silakan mengisi data pilih tombol “Login”.

IPD DAN JARAK LENSA

Ada dua istilah yang sering digunakan saat melakukan penyesuaian penggunaan, “IPD” dan “jarak lensa”. IPD adalah singkatan dari *Inter Pupillary Distance*, yaitu jarak terdekat antara kedua pupil mata Anda. Sementara jarak lensa mengacu pada jarak antara titik paling jelas pada kedua lensa di dalam *headset* VR Anda.

Jika Anda tidak yakin berapa IPD Anda, cara terbaik untuk memastikan pengukuran yang paling akurat adalah dengan menemui dokter mata. Jika Anda sudah mengetahui IPD Anda, tabel di bawah

ini menunjukkan pengaturan jarak lensa mana yang disarankan.

● Jarak IPD	● Pengaturan jarak lensa
● 61 mm atau lebih kecil	● 1 (tersempit, 58 mm)
● 61 mm sampai 66 mm	● 2 (tengah, 63 mm)
● 66 mm atau lebih besar	● 3 (terlebar, 68 mm)

Untuk mengubah jarak lensa pada Oculus Quest 2 Anda, sesuaikan lensa secara perlahan dengan menggesernya bersama-sama atau terpisah.

PERSIAPAN PENGGUNAAN

1. Setelah mengetahui IPD Anda sesuaikan lensa secara perlahan dengan menggesernya ke kiri, lalu ke kanan hingga terpasang pada posisi yang memungkinkan Anda melihat apa yang ada di layar dengan paling jelas.



2. Sesuaikan *strap* samping. Untuk melakukan ini, gerakkan dua *slider* di kedua sisi *strap* atas.
 - Untuk melonggarkan *strap* samping, gerakkan *slider* ke arah *strap* atas. Untuk mengencangkan *strap* samping, jauhkan *slider* dari *strap* atas.
 - Setelah Anda memindahkan *slider*, tengahkan kembali *strap* atas di antara *slider* sehingga kedua sisinya sama, dan *strap* atas berada di tengah kepala saat Anda memasang *headset* VR.

- Anda harus melepaskan *headset* VR dari kepala Anda untuk menyesuaikan kembali tali samping dengan penggeser.



3. Jika Anda memakai kacamata, pastikan untuk memasukkan *spacer* kacamata. Saat Anda siap untuk memasang *headset* VR, kenakan dari depan ke belakang.
4. Letakkan *headset* VR di kepala Anda, lalu lepas jika akan melakukan penyesuaian tambahan pada *strap* samping sesuai kebutuhan.
5. Setelah Anda mengatur semua *strap* samping, pasang kembali *headset* VR dan sesuaikan *strap* atas. Anda dapat menyesuaikan *strap* atas dengan melepaskan *velcro* dan memasangnya kembali sehingga *headset* VR bisa bersandar ringan di kepala Anda dan gambarnya terlihat jelas.



6. Anda dapat menyesuaikan kesesuaian dan kejelasan *headset* VR dengan menggerakkan lengan *headset* VR di kedua sisi ke atas dan ke bawah untuk menyesuaikan sudut *headset* VR dengan wajah Anda.





PENGATURAN AWAL

1. Buka aplikasi Oculus di ponsel Anda yang kompatibel. Jika Anda belum memiliki aplikasi Oculus, Anda dapat mengunduhnya dari App Store atau Google Play Store.
2. Saat Anda membuka aplikasi Oculus, Anda perlu melanjutkan proses penyiapan yang diperlukan yang meliputi:
 - masuk ke aplikasi Oculus dengan akun Facebook yang sudah terdaftar;



- mengatur profil VR;



- menyesuaikan pengaturan privasi dan preferensi;



- membuat PIN Oculus Store;



- menambah informasi pembayaran.



3. Setelah Anda menyelesaikan langkah-langkah penyiapan akun di atas, Anda akan diminta untuk memilih jenis *headset* VR Anda lalu pilih yang sesuai.





4. Jika Anda tidak melihat *headset* VR Anda terdaftar, pastikan *bluetooth* ponsel Anda telah dihidupkan. Jika Anda masih tidak melihatnya, hapus aplikasi Oculus lalu instal ulang.
5. Setelah terdeteksi, pilih tombol “Pair”. *Headset* VR Anda akan tersambung secara otomatis, atau bisa dengan memasukkan kode pemasangan yang ditampilkan saat Anda berada di VR.



6. Setelah *headset* VR Anda tersambung, Anda dapat menyambungkan *headset* VR ke Wi-Fi untuk mulai menggunakannya.

MENETAPKAN GUARDIAN

Guardian memungkinkan Anda membuat batasan dalam VR yang muncul saat Anda terlalu dekat dengan tepi area bermain. Jika Anda menyiapkan guardian dengan Oculus Quest 2, Quest, atau Rift S untuk pertama kalinya, silakan ikuti petunjuk di layar yang muncul.





Saat menyiapkan guardian, area bermain Anda akan ditampilkan sebagai salah satu ukuran berikut.

1. **Below Minimum:** Jika area bermain Anda di bawah minimum, berarti tidak memenuhi persyaratan 1 m x 1 m untuk menggunakan guardian.
2. **Minimum:** Anda memiliki cukup ruang dengan area bermain minimum yang diperlukan, tetapi beberapa aplikasi mungkin merekomendasikan setidaknya 2 m x 2 m untuk pengalaman terbaik.
3. **Recommended:** Anda memiliki area bermain yang direkomendasikan untuk pengalaman *Roomscale*. Ini berarti area bermain Anda memenuhi atau melebihi ruang 2 m x 2 m yang diperlukan untuk menyiapkan guardian.

Untuk mengatur ulang guardian Anda di VR:

1. pilih "Settings" dari toolbar bawah;
2. pilih "Guardian" di menu sebelah kiri;
3. pilih "Adjust Guardian";
4. ikuti petunjuk di layar untuk mengatur ulang guardian Anda.

Setelah guardian disiapkan, Anda dapat membuat penyesuaian tambahan kapan saja dari opsi panel pengaturan guardian di VR.



Pengaturan yang dapat Anda sesuaikan meliputi hal-hal berikut.

1. *Headset distance sensitivity*: Menurunkan sensitivitas jarak berarti Anda tidak akan diberi tahu sampai Anda lebih dekat ke tepi batas guardian.
2. *Controller distance sensitivity*: Menurunkan sensitivitas jarak berarti Anda tidak akan diperingatkan sampai Anda lebih dekat ke tepi batas guardian.
3. *Headset speed sensitivity*: Menurunkan sensitivitas kecepatan berarti Anda akan lebih sedikit diwaspadai saat melakukan gerakan cepat di dekat tepi batas.
4. *Controller speed sensitivity*: Menurunkan sensitivitas kecepatan berarti Anda akan lebih sedikit diwaspadai saat melakukan gerakan cepat di dekat tepi batas.
5. *Clear Boundary History*: Memilih opsi ini akan menghapus semua peta guardian yang ada dari Oculus Quest Anda.

BAHASA

Bahasa yang Anda lihat di aplikasi Oculus berdasarkan pada bahasa yang Anda pilih di pengaturan ponsel Anda. Jika bahasa yang Anda pilih dari pengaturan ponsel Anda tidak didukung di aplikasi Oculus, bahasa di aplikasi Oculus akan menjadi bahasa yang didukung Oculus di lokasi Anda. Jika tidak ada bahasa yang didukung Oculus tersedia di lokasi Anda, bahasa akan menjadi bahasa Inggris.

AKSES WI-FI

Oculus Quest 2 atau Quest Anda membutuhkan koneksi Wi-Fi untuk menggunakan dan mengakses sebagian besar fitur dan konten yang ada.

Untuk menyambungkan Wi-Fi dari Oculus Quest 2 atau Quest:

1. Tekan  di *Touch Controller* kanan Anda untuk memunculkan menu universal Anda.
2. Pilih  lalu pilih "Wi-Fi".

3. Pilih jaringan Wi-Fi yang ingin Anda sambungkan lalu masukkan kata sandi Wi-Fi.
4. Pilih “Connect”.

Untuk menyambungkan Wi-Fi dari aplikasi Oculus di ponsel:

1. nyalakan *headset* VR Anda dan buka aplikasi Oculus di ponsel;
2. pilih “Devices” lalu pilih *headset* VR yang sedang Anda gunakan;
3. pilih “Wi-Fi” lalu pilih jaringan Wi-Fi baru yang ingin Anda sambungkan dan masukkan kata sandi.

PENGGUNA KACAMATA

Sebelum Anda mengenakan Oculus Quest 2 atau Quest dengan kacamata, periksa untuk memastikan lebar dan tinggi bingkai Anda memiliki ukuran sebagai berikut.

1. Lebar: 142 mm atau kurang
2. Tinggi: 50 mm atau kurang

Setelah Anda memastikan kacamata Anda memiliki ukuran yang tepat, masukkan *spacer* kacamata ke *headset* VR Anda untuk memberikan ukuran yang lebih besar.

Untuk memasukkan *spacer* kacamata:

1. lepaskan busa antarmuka wajah dari *headset* VR dengan hati-hati;
2. ambil *spacer* kacamata yang disertakan dengan *headset* VR Anda, dan pasang ke *headset* VR dengan menekannya ke tempat busa antarmuka wajah;



3. masukkan kembali busa antarmuka wajah ke tempatnya di atas *spacer* kacamata.



Saat Anda memakai *headset* VR dengan kacamata, kenakan dari depan ke belakang. Saat Anda melepas *headset* VR, tarik ke depan lalu lepas.

MENGUNDUH APLIKASI

Anda dapat mengunduh aplikasi baru dari Oculus Store di ponsel Anda atau langsung di Oculus Quest 2 atau Quest. Setiap kali Anda membeli atau mengunduh sesuatu akan muncul di panel .

287
●
●
●



Untuk mengunduh aplikasi baru dari *headset* VR:

1. tekan  pada *Touch Controller* kanan Anda untuk memunculkan menu universal Anda;
2. pilih ;
3. pilih apa yang ingin Anda unduh;
4. pilih harga untuk membelinya, atau pilih aplikasi “Free” jika ingin unduh gratis.

Untuk mengunduh aplikasi baru dari ponsel:

1. buka aplikasi Oculus dan pilih “Store” dari menu bawah;
2. pilih yang ingin Anda unduh;
3. pilih harga untuk membelinya, atau pilih aplikasi “Free” jika ingin unduh gratis.

PEMBARUAN SISTEM DAN APLIKASI

Headset VR Oculus Quest 2 atau Quest Anda akan diperbarui secara otomatis saat terhubung ke Wi-Fi dan dihidupkan. Untuk memastikan perangkat lunak Anda diperbarui secara otomatis, pastikan untuk:

1. isi daya *headset* VR Anda;
2. pastikan *headset* VR Anda menyala;
3. pastikan *headset* VR Anda tetap terhubung ke Wi-Fi;
4. biarkan *headset* VR Anda duduk di permukaan datar tanpa memindahkan *headset* VR atau memblokir sensor bagian dalam untuk waktu yang lama.

288



POLA BUKA KUNCI

Anda dapat mengatur Oculus Quest 2 atau Quest Anda untuk meminta pola buka kunci saat Anda menyalakan atau membangunkan perangkat Anda.

Untuk mengatur pola buka kunci:

1. buka aplikasi Oculus di ponsel A;
2. pilih “Settings” di menu bawah;
3. pilih *headset* VR yang terhubung ke ponsel Anda;
4. pilih “More Settings”;
5. pilih “Unlock Pattern” lalu “Set Unlock Pattern”;
6. gunakan jari Anda untuk menggambar pola buka kunci yang ingin Anda gunakan, lalu pilih “Create”;
7. gambar pola yang sama untuk mengonfirmasi, lalu pilih “Confirm”.

TRANSFER BERKAS

Berikut langkah-langkah untuk mengirim atau memindahkan foto dan video dari komputer Anda ke Oculus Quest 2 atau Quest, begitu sebaliknya.

1. Hubungkan kabel USB yang disertakan ke komputer dan *headset* VR Anda.
2. Pasang *headset* VR Anda dan pilih “Accept” untuk mengonfirmasi bahwa Anda ingin mengizinkan komputer Anda mengakses berkas pada *headset* VR Anda.
 - Di Windows, *headset* VR Anda secara otomatis akan muncul sebagai *drive* di komputer Anda.
 - Di Mac, Anda harus memasang Android File Transfer agar bisa mentransfer *file* antara *headset* VR dan komputer Anda.
 - Di Chromebook/Chrome OS, Anda harus menggunakan aplikasi Files untuk mengakses *headset* VR Anda.
3. Klik dan seret berkas ke atau dari *headset* VR di komputer Anda.

289



OCULUS LINK

Oculus Link memberi kemampuan untuk memainkan aplikasi PC VR di *headset* Quest 2 atau Quest Anda.



Sebelum menggunakan Oculus Link, pastikan komputer Anda memenuhi spesifikasi minimum:

1. prosesor Intel i5-4590 / AMD Ryzen 5 1500X atau di atasnya;
2. kartu grafis Nvidia GeForce GTX 970 atau di atasnya;
3. RAM 8 GB atau lebih;
4. OS Windows 10;
5. 1x port USB 3.0.

Setelah menilai komputer yang Anda gunakan memenuhi persyaratan silakan ikuti langkah berikut untuk menghubungkan dengan Oculus Link.

1. Buka aplikasi Oculus di komputer Anda.
2. Nyalakan *headset* Quest 2 atau Quest Anda.
3. Colokkan kabel USB 3.0 Anda ke port USB 3.0 pada komputer Anda, lalu colokkan ujung lainnya ke *headset* Anda.



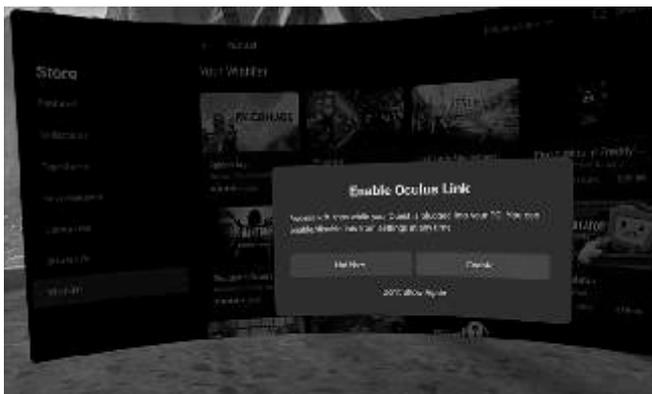
4. Sebuah pesan ditampilkan di VR yang meminta Anda untuk mengizinkan akses ke data. Pilih “Deny”.



5. Jika Anda salah memilih “Allow”, Anda harus mencabut kabel USB dari *headset* dan menyambungkannya kembali.



6. Saat diminta untuk mengaktifkan Oculus Link, pilih “Enable” untuk memulai *rendering* jarak jauh menggunakan Oculus Link.



PERAWATAN DAN PEMELIHARAAN

Sangat penting untuk menjaga Oculus Quest 2 atau Quest Anda dan mengamankannya di tempat yang aman. Untuk menjaga Quest 2 atau Quest Anda aman, ikuti langkah berikut.

1. Untuk menghindari kerusakan lensa dan layar Anda, jauhkan *headset* VR dari sinar matahari langsung. *Headset* VR Anda dapat rusak secara permanen hanya karena terpapar sinar matahari langsung selama kurang dari satu menit.
2. Untuk menghindari goresan lensa Anda, jauhkan *headset* VR Anda dari benda tajam (misalnya: ujung kabel atau kunci).
3. Untuk menghindari kerusakan *headset* VR atau *strap* Anda, berhati-hatilah saat menyesuaikan *headset* VR dan mengencangkan *strap*.
4. Jangan mengenakan *headset* VR Anda saat tersambung ke adaptor daya atau mengisi daya.
5. Gunakan *spacer* kacamata yang ada di dalam kotak jika Anda berencana untuk memakai kacamata saat menggunakan Quest 2 dengan jangka waktu lama.



Untuk menghindari kerusakan umum, perhatikan hal-hal berikut ini.

1. Jangan tinggalkan *headset* VR di lokasi yang sangat panas (contoh: di dalam mobil).
2. Jangan tinggalkan *headset* VR di dekat sumber panas (contoh: kompor).
3. Jangan tinggalkan *headset* VR Anda di dekat hewan peliharaan atau anak kecil.
4. Jangan makan, minum, atau merokok di dekat *headset* VR Anda.
5. Amankan *headset* VR Anda di tempat yang aman saat tidak digunakan.

CASTING

Casting bertujuan untuk membagikan gambaran apa yang sedang dilihat oleh pengguna *headset* VR di layarnya. Anda dapat membagikan gambar dari *headset* VR ke ponsel atau TV yang mendukung fitur *casting*.

Sebelum memulai *casting*, pastikan *headset* VR dan perangkat *casting* Anda terhubung ke jaringan Wi-Fi yang sama.

Casting ke Chromecast

1. Pasang *headset* VR Anda dan tekan  pada *Touch Controller* untuk membuka menu universal.
2. Pilih "Sharing", lalu pilih "Cast".
3. Pilih perangkat Chromecast yang Anda inginkan.
4. Pilih "Start".

Titik merah akan muncul di layar VR untuk menunjukkan bahwa *casting* telah dimulai. Anda dapat menghentikan kapan saja dari menu Sharing atau aplikasi Oculus di ponsel.

Casting ke Ponsel

1. Pasang *headset* VR Anda dan tekan  pada *Touch Controller* untuk membuka menu universal.
2. Pilih “Sharing”, lalu pilih “Cast”.
3. Pilih “Start”.
4. Di ponsel Anda, pilih notifikasi untuk membuka aplikasi Oculus dan mulai *casting*.

Casting ke Komputer

1. Buka alamat oculus.com/casting dengan Google Chrome atau Microsoft Edge dan masuk ke akun Oculus Anda.
2. Pasang *headset* VR Anda dan tekan  pada *Touch Controller* untuk membuka menu universal.
3. Pilih “Sharing”, lalu pilih “Cast”.
4. Pilih “Computer” lalu pilih “Next”.
5. Pilih “Done”.

293



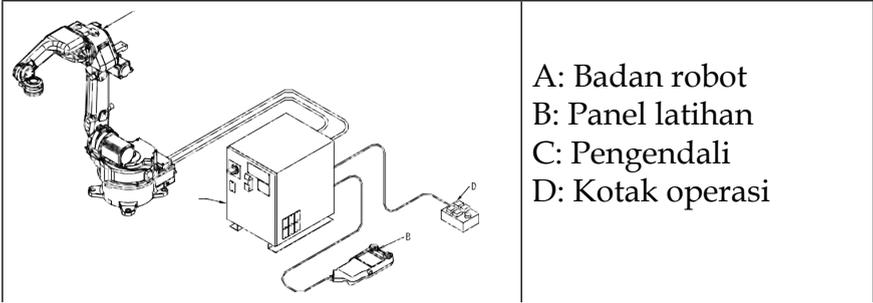
Casting dari Aplikasi Oculus ke Chromecast

1. Buka aplikasi Oculus di ponsel Anda.
2. Pilih  di kanan atas layar Anda.
3. Di bawah “Cast from”, pilih *headset* VR yang ingin Anda *casting*.
4. Pastikan tertulis “Connected” di bawah daftar *headset* VR yang ada.
5. Di bawah “Cast to”, pilih “This Phone” atau perangkat Chromecast yang ingin digunakan.

Mengenal *Robotic Welding* (Las Lengan Robot)

Sistem Robot

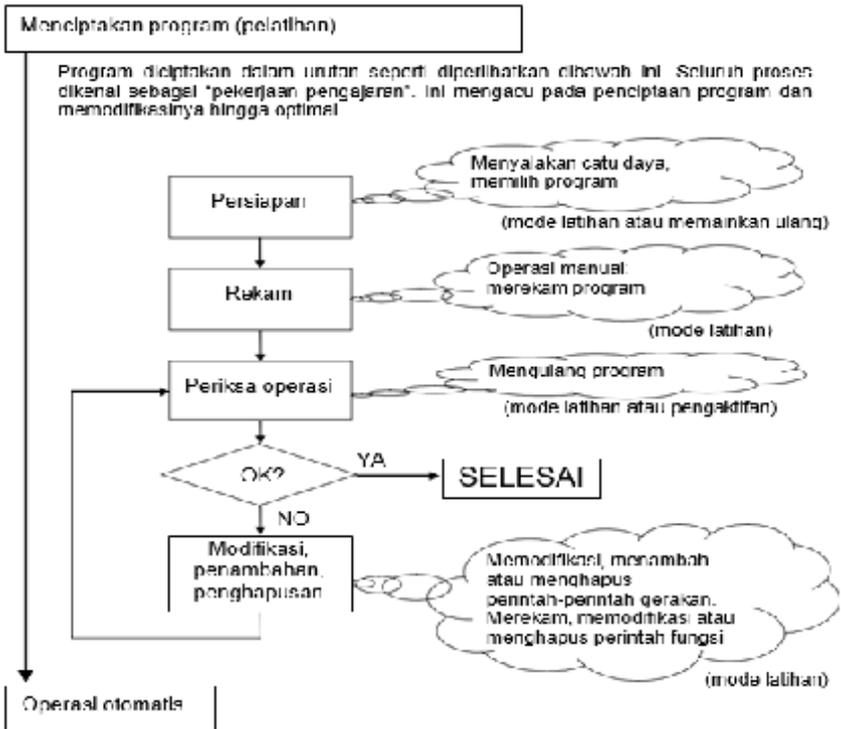
Sistem robot biasanya mengacu pada kombinasi robot, pendant ajar, dan peralatan perifer, dll. yang disambungkan ke satu unit alat kontrol.



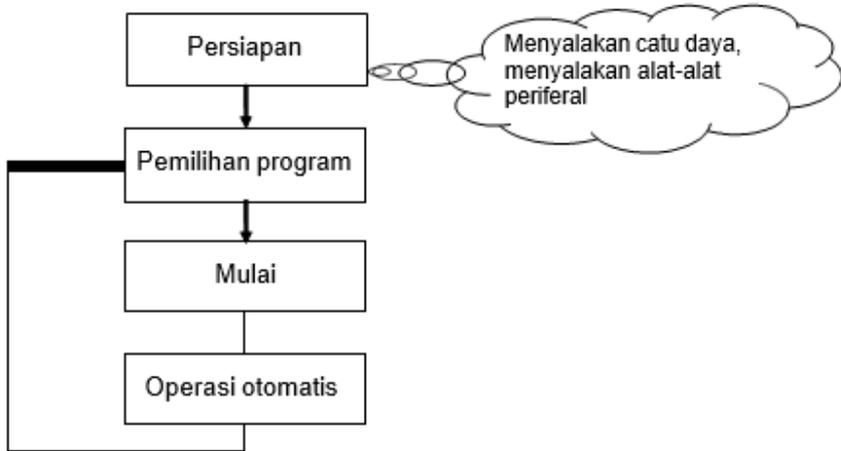
Gambar 107. Diagram konfigurasi dasar untuk robot (Bila kotak kontrol tersambung).

Pengoperasian secara otomatis

Lakukan langkah-langkah berikut untuk mengoperasikan robot secara bersambung.

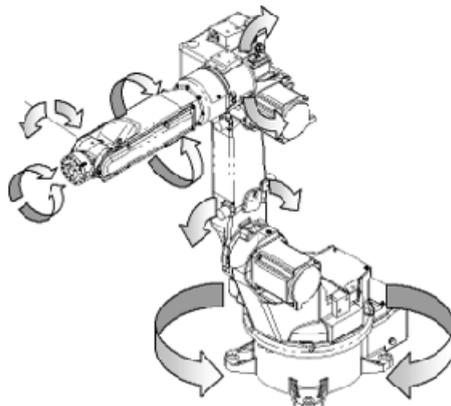


Setelah pembuatan program selesai, lakukan operasi otomatis. Saat operasi otomatis dilakukan, program yang dipulih dijalankan berulang-ulang.

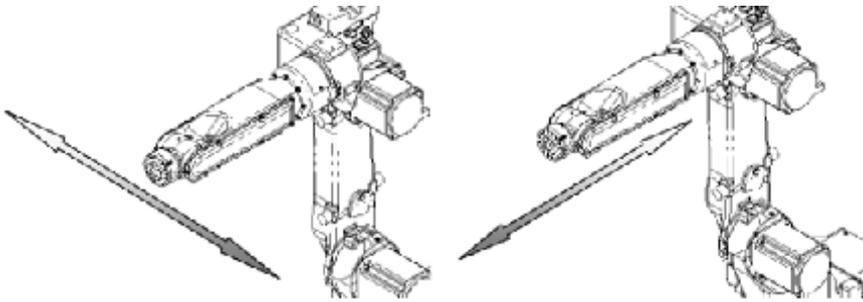


Pengoperasian Secara Manual

“Pengoperasian secara manual” mengacu pada gerakan robot dengan menggunakan panel latihan. Gerakkan robot ke posisi yang telah direkam menggunakan “pengoperasian manual”. Untuk pengoperasian manual, tersedia mode dengan setiap sumbu “robot” dioperasikan secara terpisah dan mode dengan tip robot yang bergerak dalam garis lurus.



Gambar 105. Mengoperasikan Sumbu Secara Terpisah.



Gambar 106. Menggerakkan Ujung Robot dalam Garis Lurus (Operasi Koordinat Robot).

Arah Gerakan

Robot dioperasikan sesuai dengan sistem koordinat yang dipilih. Sistem koordinat berikut adalah satu-satunya yang sering digunakan.

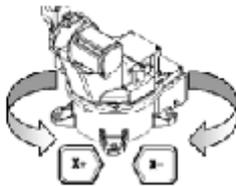
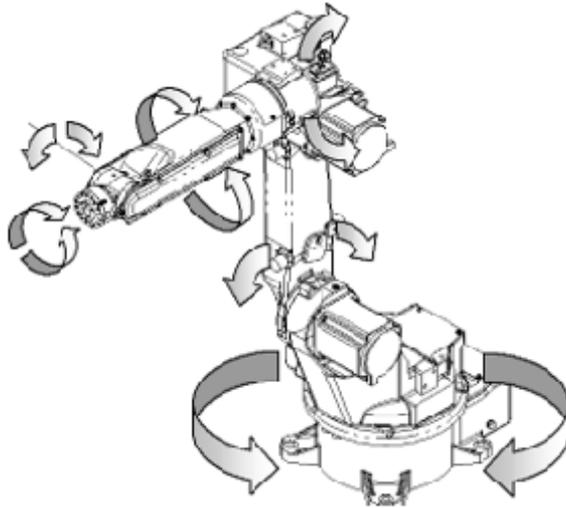
296



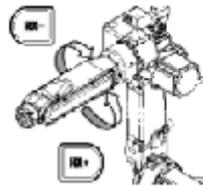
1. Sistem koordinat sumbu ... Tiap-tiap sumbu robot bergerak secara bebas.
2. Sistem koordinat mesin ... Ujung robot bergerak dalam garis lurus (Ujung bergerak sepanjang koordinat yang direferensikan terhadap robot).

Arah sumbu pada mana pergelangan bergerak secara berbeda bergantung pada jenis aplikasi yang digunakan (seperti pengelasan spot atau pengelasan busur).

Pergerakan robot menggunakan sistem koordinat sumbu.



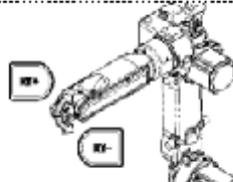
Badan robot berputar



Lengan bagian atas berputar



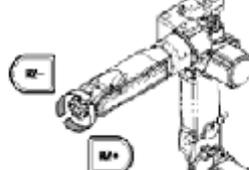
Lengan bagian bawah bergerak maju dan mundur



Pergelangan bergerak naik dan turun



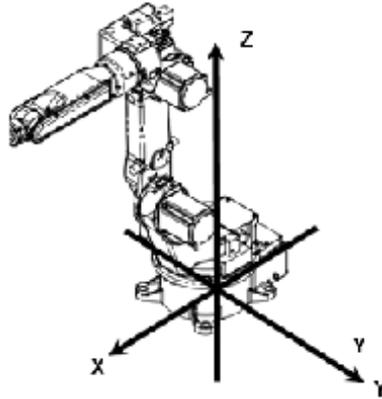
Lengan bagian atas bergerak naik dan turun



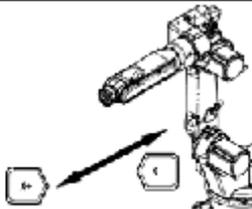
Pergelangan berputar

Gambar 108. Arah Gerakan dalam Sistem Kordinat Sumbu.

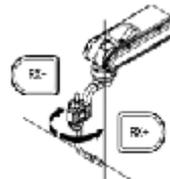
Pergerakan robot pada sistem koordinat mesin (untuk aplikasi pengelasan busur).



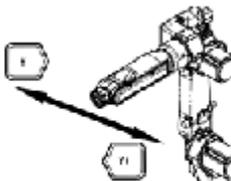
298



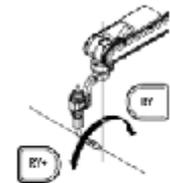
Robot bergerak sepanjang sumbu X.



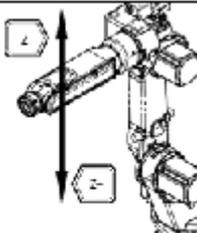
Perputaran pusat (alur rotasi sumbu keenam pada sumbu Z ketika lip tidak dibenturkan)



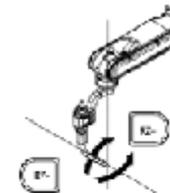
Robot bergerak sepanjang sumbu Y.



Putaran pusat torch pada ujung torch pada bidang yang dibentuk oleh garis torch dan sumbu Z sambil mempertahankan ujung prang.

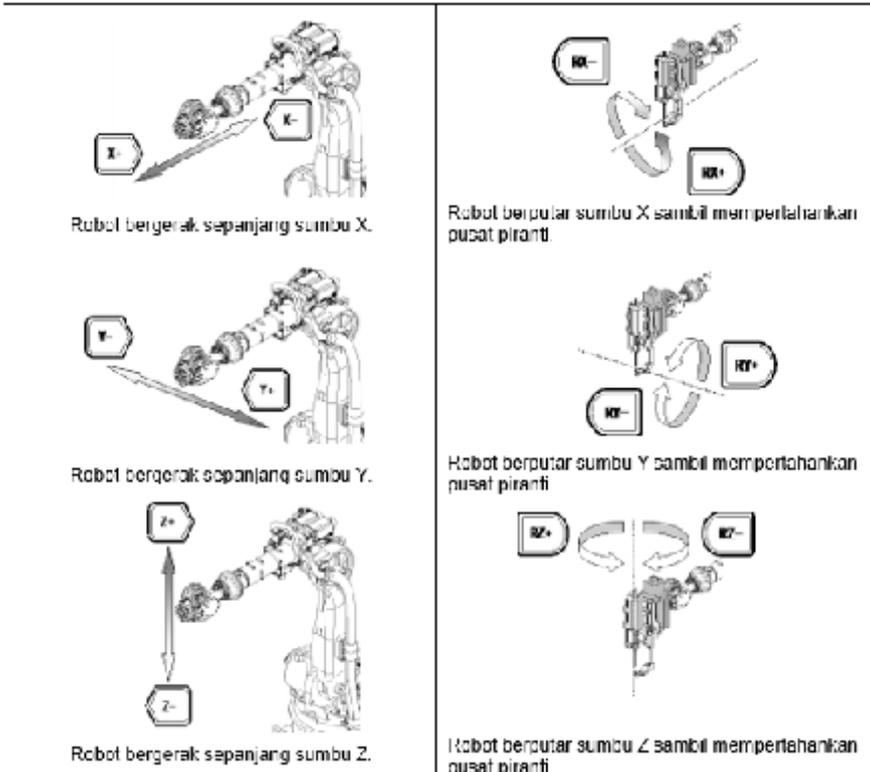
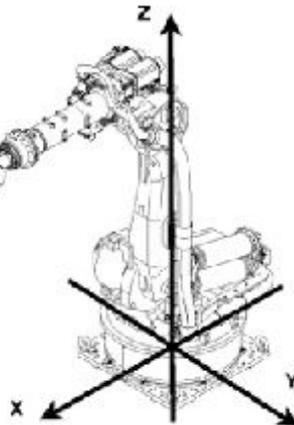


Robot bergerak sepanjang sumbu Z.



Putaran pusat torch pada garis torch sambil mempertahankan postur torch dan mempertahankan ujung prang

Gambar 109. Arah Pergerakan Pada Sistem Koordinat Mesin (Untuk Aplikasi Pengelasan Busur).



Gambar 110. Arah Pergerakan Pada Sistem Koordinat Mesin.

Istilah yang sering digunakan pada pengelasan

Demi kepentingan para operator yang akan menggunakan robot untuk pertama kali, subbab ini menjelaskan istilah-istilah dasar berkaitan dengan pengelasan yang sering muncul di dalam buku petunjuk ini.

Tabel 18. Istilah-istilah yang sering digunakan pada pengelasan.

Istilah	Penjelasan
Sumber tenaga listrik pengelasan	Perangkat ini mengontrol pengelasan busur secara langsung. Dalam beberapa kasus, yang dikontrol hanya satu daya pengelasan atau perangkat pengelasan. Untuk pengendali ini, satu daya pengelasan semi-otomatis atau satu daya pengelasan khusus robot Daihen spesialisasi dapat dikontrol, dan satu daya pengelasan untuk perangkat dari produsen lain dapat disambungkan serta dikontrol.
Sumber listrik untuk robot	Satu daya pengelasan dengan fungsi <i>interface robot</i> yang tersedia secara internal. Tersedia welder seri Welbee Inverter atau welder seri D.
<i>Interface</i> pengelasan	Ini diperlukan untuk menghubungkan sumber listrik pengelasan semi-otomatis dengan robot (yang tidak memiliki fungsi <i>interface</i> dengan robot).
<i>Start</i> pengelasan	Ini berarti busur listrik dihasilkan untuk memulai pengelasan.
Kegagalan <i>start</i> pengelasan	Ditampilkan bila busur gagal terjadi pada titik mulai pengelasan. Ada berbagai penyebab, misalnya penyaluran arus listrik yang buruk akibat kotoran pada logam dasar pengelasan, arah kawat yang tidak sejajar, kawat habis, hambatan pada kawat, pengumpanan kawat salah, atau masalah pada pasokan listrik ke ujung alat, dapat menjadi penyebab kegagalan.



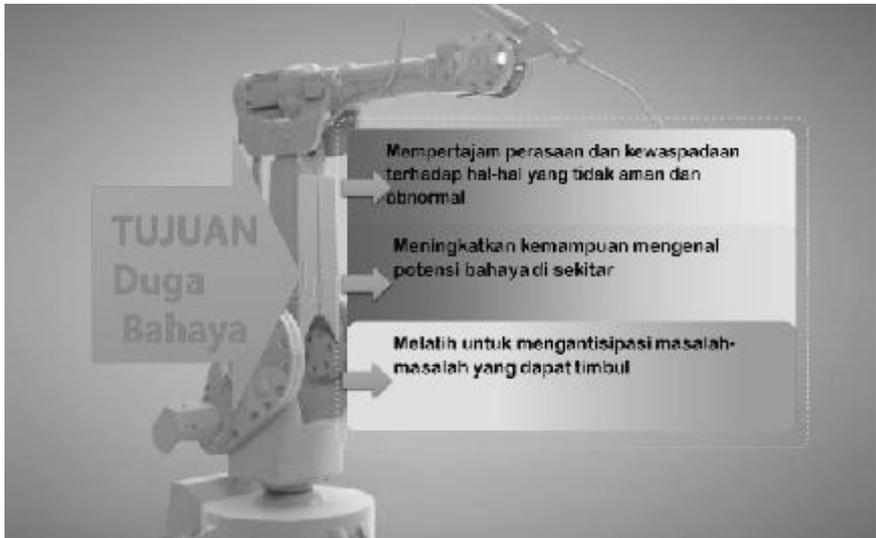
Listrik las “run-out”	Ini menunjukkan bahwa busur listrik telah habis meskipun tidak terdapat perintah busur listrik berhenti dari robot selama pengelasan. Banyak variasi penyebabnya, misalnya kawat habis, hambatan pada kawat, pengumpanan kawat salah, penetrasi kawat, atau masalah pada pasokan listrik ke ujung (tip) alat, mungkin bisa dianggap sebagai penyebab kegagalan.
<i>Pre-flow</i>	Ini berarti gas pelindung dihembuskan dari mulut pipa selama beberapa detik sebelum busur listrik las dihasilkan.
Tegangan pengelasan	Maksudnya tegangan listrik antara kedua ujung listrik las. Ketika voltase listrik las naik, kerugiannya adalah dapat terjadi beberapa kerusakan, misalnya listrik las bertambah panjang atau bintik-bintik bertambah lebar, atau kecenderungan terjadi lapisan yang tumpang tindih atau lubang bekas hembusan. Sebaliknya, menambah tegangan listrik las akan mengurangi percikan api.
Arus listrik pengelasan	Merupakan arus listrik yang masuk untuk memberikan panas yang diperlukan dalam pengelasan. Jika arus listrik naik, penetrasi semakin diperdalam. Dalam hal lembaran tipis, bisa terjadi lubang atau letupan. Selanjutnya, jumlah kawat yang lebur bertambah, berarti memperpanjang garis pengelasan.
Kecepatan Pengelasan	Kecepatan gerak obor pengelasan. Biasanya menunjukkan jarak gerakan (cm/mnt) selama 1 menit. Jika kecepatan bertambah, panas per unit panjang berkurang, sehingga sejumlah kerusakan akan terjadi, misalnya, bintik akan menjadi lebih tipis, penetrasi akan terlalu dangkal, dapat terjadi kecenderungan pemotongan atau perlindungan gas terganggu. Sebaliknya, jika kecepatan berkurang, dapat terjadi tumpang tindih lapisan.

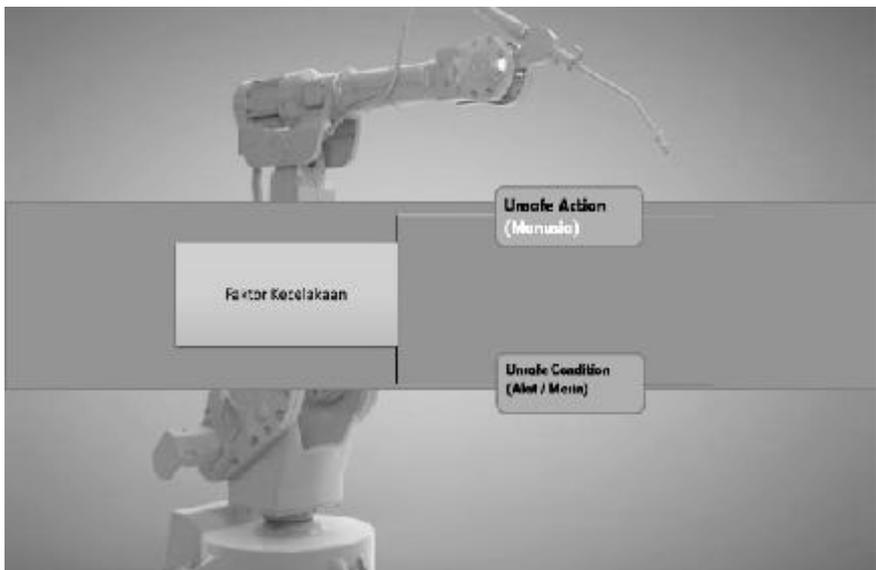
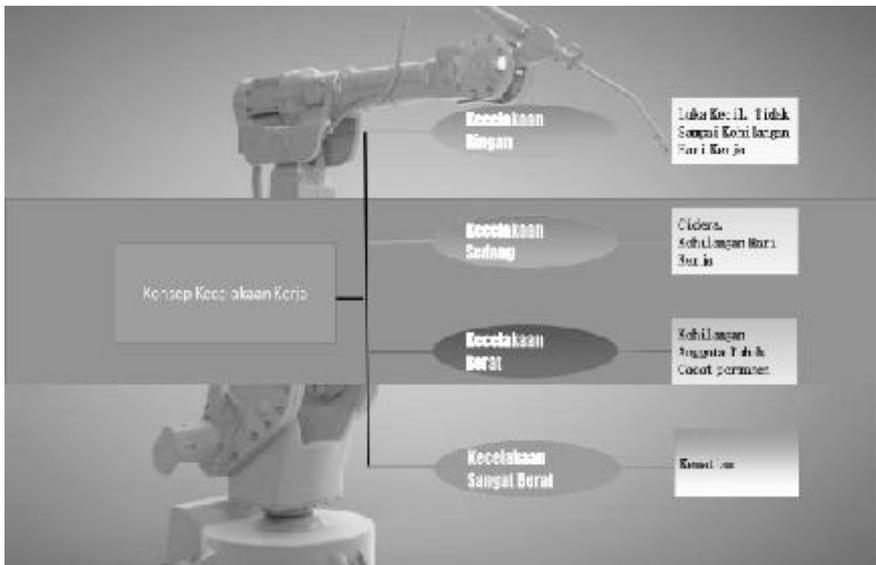
Kondisi Pengelasan	Merupakan kondisi dalam melakukan pengelasan, mengacu kepada kelompok data berupa arus listrik pengelasan, voltase pengelasan, dan kecepatan pengelasan.
Pengelasan ON/OFF	Maksudnya pengalihan antara pengelasan sedang ON dan sedang OFF.
Lubang	Maksudnya indentasi yang terjadi pada ujung <i>trailing</i> dari bintik.
Menanggulangi lubang	Maksudnya penanggulangan di mana listrik las terus disiapkan untuk beberapa waktu yang telah ditentukan, sehingga lubang akan ditutup pada kondisi di bawah kondisi pengelasan reguler.
Deposisi	Ada kenyataan di mana ujung kawat yang lebur telah menempel pada logam dasar pada saat pengelasan selesai. Hal itu dihindari dengan cara menarik kawat kembali atau melakukan proses pembakaran ulang pada saat pengelasan selesai.
Anti Stick (Menempel)	Maksudnya adalah cara di mana deposisi dicegah. Biasanya setelah selesai pengelasan, suatu voltase yang tidak bermuatan (voltase pembakaran ulang) diterapkan terhadap kawat ketika pengisian kawat dihentikan. Jika kawat menyentuh logam dasar, akan terjadi arus listrik, dan panas yang terjadi akan mengakibatkan kawat membara, sehingga memungkinkan deposisi dicegah.
WCR	Singkatan dari <i>welding current relay</i> (penguatan arus pengelasan) digunakan untuk nama sinyal yang menunjukkan status arus pengelasan ON atau OFF.



Bab 9
**Latihan Duga Bahaya Laboratorium/
Bengkel Las Lengan Robot**







CAUSE OF ACCIDENT

- A** → Apparatus
- B** → Big Heavy
- C** → Car
- D** → Drop
- E** → Electric
- F** → Fire



TERJEPIT MESIN



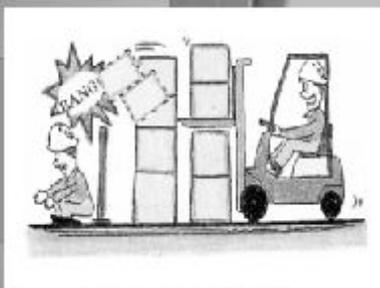
Tidak ada petunjuk/ label SAFETY pada mesin / area

TERBENTUR BENDA BERAT



Alat pengangkat bermasalah. Tali pengikat tidak kencang

KECELAKAAN TRANSPORTASI



Jangan pernah membeban benda di in, kelebihan beban / tumpukan barang terlalu tinggi!

JATUH DARI KETINGGIAN



Kurang perhatian pada posisi tangan dan kaki saat naik / turun;
Kurang kesadaran terhadap lingkungan sekitar

308



KENA KEJUTAN LISTRIK



Buruknya isolasi pada listrik

LEDAKAN



Pekerjaan menggunakan bahan yang mudah terbakar

CARA MENGHINDARI BAHAYA

1^o Pahami Cara Kerja Mesin

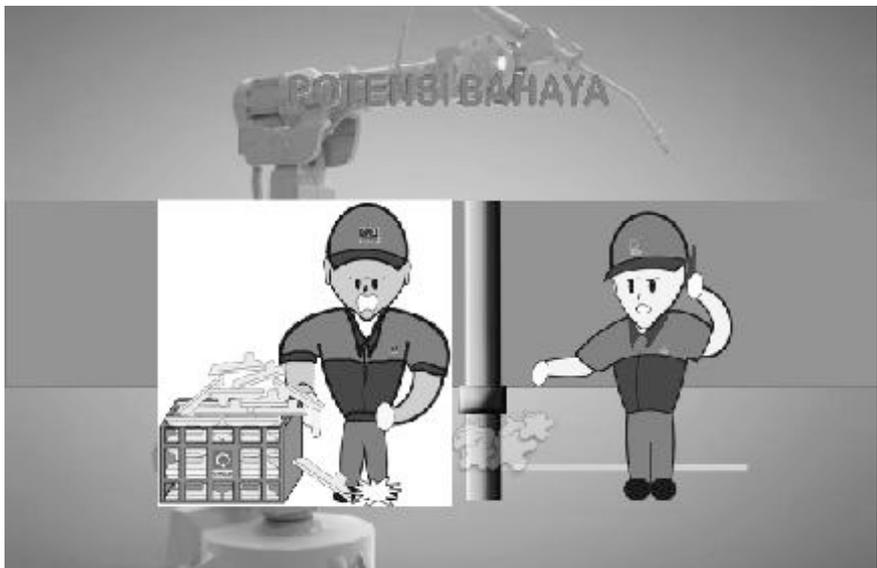
2^o Pahami Prosedur Kerja

3^o Disiplin Kerja

4^o Gunakan Sarana K3 (APD)
dengan Baik dan Benar

5^o Jangan Malu Bertanya

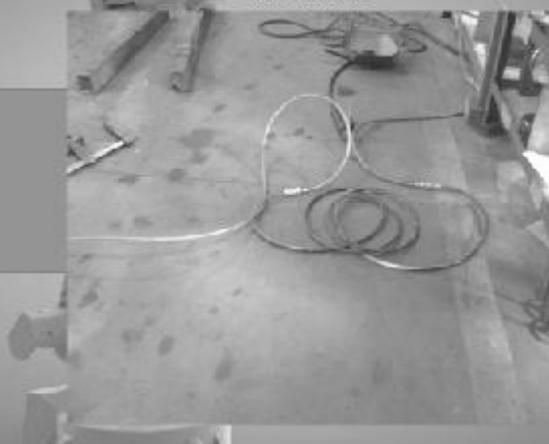




310
⋮



Potensi Bahaya
Kabel dan perlengkapan kerja berserakan dan berada di jalur transportasi



Potensi Bahaya
Tidak memakai APD (masker, kacamata & sarung tangan)



Prosedur Pemakaian APD
Tapi dibalik X Tidak memakai sarung
tangan ✓





Penutup

Pada dasarnya pada setiap pekerjaan selalu ada bahaya yang mengancam manusia, makhluk hidup lainnya, dan aset-aset di sekitar. Kerugian/risiko yang diakibatkan bervariasi, dari yang sangat kecil sampai kepada yang terbesar seperti kematian. Kecelakaan selalu diartikan sebagai kejadian yang tidak dapat diduga. Kecelakaan kerja dapat terjadi karena kondisi yang tidak memperhatikan keselamatan kerja, atau melakukan perbuatan yang tidak selamat. Kecelakaan kerja dapat didefinisikan sebagai setiap perbuatan atau kondisi tidak selamat yang dapat mengakibatkan kecelakaan. Berdasarkan definisi kecelakaan kerja, lahirlah keselamatan dan kesehatan kerja yang mengatakan bahwa cara menanggulangi kecelakaan kerja adalah dengan meniadakan unsur penyebab kecelakaan dan/atau mengadakan pengawasan yang ketat (Silalahi, 1995).

Kesehatan dan keselamatan kerja sangat penting bagi moral, legalitas, dan finansial. Semua organisasi atau perusahaan memiliki kewajiban untuk memastikan bahwa pekerja dan orang lain yang terlibat tetap berada dalam kondisi aman sepanjang waktu. Praktik K3

(Keselamatan dan Kesehatan Kerja) meliputi pencegahan, pemberian sanksi, dan kompensasi, juga penyembuhan luka dan perawatan untuk pekerja serta menyediakan perawatan kesehatan dan cuti sakit.

Keselamatan dan kesehatan kerja pada dasarnya mencari dan mengungkapkan kelemahan yang memungkinkan terjadinya kecelakaan. Fungsi ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu mengungkapkan sebab-akibat suatu kecelakaan dan meneliti apakah pengendalian secara cermat dilakukan atau tidak.



Glosarium

- Accident : Suatu kejadian yang tidak diinginkan yang dapat menimbulkan kerugian baik materiil dan non-materiil seperti *fatality*, cedera, rusaknya properti, hilangnya jam kerja, dan lain-lain.
- Air Conditioner (AC) : Alat yang bisa mengeluarkan udara dingin.
- Alat Pelindung Diri (APD) : Kelengkapan yang wajib digunakan saat bekerja sesuai bahaya dan risiko kerja untuk menjaga keselamatan pekerja itu sendiri dan orang di sekelilingnya.
- Analisis : Sebuah kegiatan untuk meneliti suatu objek tertentu secara sistematis, guna mendapatkan informasi mengenai objek tersebut.
- Antropometri : Pengukuran keadaan dan ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan bergerak atau memperhatikan gerakan-gerakan yang mungkin terjadi saat pekerja tersebut melaksanakan kegiatannya.
- Bahan PVC : **Olivinil Klorida** [IUPAC: Poli (kloroetanadiol)], biasa disingkat **PVC**, adalah polimer termoplastik.
- Bengkel : Tempat yang dilengkapi dengan peralatan untuk mengembangkan keterampilan, melakukan percobaan dan penyelidikan, serta tempat di mana ada kegiatan suatu pekerjaan baik itu memperbaiki, membuat, atau menghasilkan suatu produk tertentu.



Culture	:	Suatu tindakan yang diulang sehingga menjadi kebiasaan dalam jangka waktu lama.
Ducting	:	Alat untuk mengatur sirkulasi udara pada bengkel, menggunakan pemompa udara dan penyedot udara.
Desain Kerja	:	Posisi tubuh dalam melaksanakan satu pekerjaan dalam proses produksi bengkel.
Emergency	:	Keadaan darurat dalam satu waktu yang disebabkan oleh adanya kejadian yang merugikan pekerja ataupun bengkel.
Environment	:	Tempat/lingkungan kegiatan
Ergonomic Checkpoint	:	Metode manajemen dengan aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja, guna mengurangi risiko kecelakaan kerja.
Hazard	:	Suatu potensi bahaya.
Handling	:	Pemindahan bahan atau material <i>handling</i> merupakan istilah terjemahan dari material <i>handling</i> yang artinya adalah suatu aktivitas yang sangat penting dalam kegiatan produksi dan memiliki kaitan erat dengan perencanaan tata letak fasilitas produksi.
Implementation	:	Penerapan dari metode yang sedang dipakai.
Incident	:	<i>Incident</i> mirip dengan <i>accident</i> , tetapi yang membedakan adalahnya pada <i>incident</i> tidak disertai dengan kerugian. Yang termasuk dalam kategori <i>incident</i> adalah <i>nearmiss</i> atau hampir celaka.
Knowledge	:	Pengetahuan
KAK	:	Kecelakaan Akibat Kerja

- Kapasitas Kerja : Kemampuan seorang pekerja untuk menyelesaikan pekerjaannya dalam suatu medan kerja tertentu. Kemampuan kerja seorang tenaga kerja berbeda dan sangat tergantung pada keterampilan, keserasian, status gizi, status kesehatan, jenis kelamin, usia, dan ukuran tubuh.
- Layout : Penyusunan dari elemen-elemen desain yang berhubungan ke dalam sebuah bidang sehingga membentuk susunan artistik.
- Material : Bahan adalah zat atau benda yang dari mana sesuatu dapat dibuat darinya atau barang yang dibutuhkan untuk membuat sesuatu.
- Observations : Suatu kegiatan untuk mencari data untuk penelitian.
- PAK : Penyakit yang disebabkan oleh proses pekerjaan, bahan kerja, alat kerja, dan lingkungan kerja. PAK adalah akibat yang timbul dari adanya KAK.
- Performa Kerja : Sebagai nilai total yang diharapkan bengkel dari perilaku-perilaku berbeda yang dilakukan individu dalam standar periode waktu tertentu.
- Pendidikan Vokasi : Bersangkutan dengan (sekolah) kejuruan; bersangkutan dengan bimbingan kejuruan.

- Rolling Door : Pintu yang berfungsi sebagai pengaman untuk suatu bangunan dan isi dari bangunan itu sendiri dari berbagai risiko yang mengancam. *Rolling door* mempunyai slat daun saling berkaitan yang berfungsi sebagai penutup bangunan. Slat daun dapat bergerak ke atas dan bawah dengan bergulung secara manual maupun dibuat otomatis.
- Standardizations : Pola kegiatan yang sesuai dengan aturan dan standar.
- Stasiun Kerja : Area kerja pada bengkel yang berisikan peralatan peralatan kerja dalam proses produksi bengkel.
- Safety : Suatu kegiatan yang ditujukan untuk mencegah semua jenis kecelakaan yang ada kaitannya dengan lingkungan dan situasi kerja.
- 318
●
●
● Shitsuke : Rajin, didefinisikan untuk mempertahankan kedisiplinan dan menjaga kinerja agar sesuai standar operasional.
- Seiri : Ringkas, merupakan kegiatan menyingkirkan barang-barang yang tidak diperlukan sehingga segala barang yang ada di lokasi kerja hanya barang yang benar-benar dibutuhkan dalam aktivitas kerja.
- Seiton : Rapi, segala sesuatu harus diletakkan sesuai posisi yang ditetapkan sehingga siap digunakan pada saat diperlukan.
- Seiso : Resik, merupakan kegiatan membersihkan peralatan dan daerah kerja sehingga segala peralatan kerja tetap terjaga dalam kondisi yang baik.

- Seiketsu : Rawat, merupakan kegiatan menjaga kebersihan pribadi sekaligus mematuhi keempat tahap sebelumnya.
- Solutions* (Solusi) : Sebuah upaya untuk mengurangi, memperkecil, dan menghilangkan risiko yang ada pada lingkungan kerja. Secara umum solusi yang dapat dilakukan guna mencegah kecelakaan kerja pada lingkungan kerja.
- Standard Operational Procedur (SOP) : Suatu ketetapan yang digunakan dalam kegiatan.
- Teaching Factory : Suatu konsep pembelajaran dalam suasana sesungguhnya, sehingga dapat menjembatani kesenjangan kompetensi antara kebutuhan industri dan pengetahuan sekolah
- Ventilasi : Tempat (lubang) udara dapat keluar masuk secara bebas.
- Zerosicks : Metode analisis untuk mengatur proses-proses pekerjaan dalam satuan pekerjaan. *Zerosicks* biasanya digunakan dalam lingkup industri atau instansi lain yang bertujuan untuk memberikan solusi berlandaskan analisis kecelakaan yang telah terjadi.
- 5S/5R : Suatu metode untuk mengatur lingkungan kerja yang sesuai dengan prosedur agar menjadi lingkungan kerja yang baik secara berkelanjutan. 5R/5S merupakan *culture* atau budaya yang harus terus terbudayakan dalam benak para pekerja.



Daftar Pustaka

- Akinwale, O. B., L. O. Kehinde, K. P. Ayodele, A. M. Jubril, O. P. Jonah, O. Ilori, and X. Chen. 2009. "A LabVIEW-based on-line robotic arm for students' laboratory." *ASEE Annual Conference & Exposition*, Austin, Texas, ASEE, pp. Paper 2009-1179. Diakses dari https://www.researchgate.net/publication/257871988_A_Labview-Based_On-Line_Robotic_Arm_for_Students%27_Laboratory
- Adrianto, B. A., Adiatmika, I.P. G., & Suardana, I.P. E. 2017. "Redesain Stasiun Kerja CV Massa Digital Printing Denpasar Meningkatkan Produktivitas dan Menurunkan Keluhan Muskuloskeletal Karyawan." *Jurnal Ergonomi Indonesia*, 2, 17-26.
- Casban dan Nelfianty. 2019. "Analisis Tata Letak Fasilitas Produksi Dengan Metode Ftc Dan Arc Untuk Mengurangi Biaya Material Handling." *Jurnal Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri*, XIII (3). pp. 262-274. ISSN 2598-4853. https://www.researchgate.net/publication/341937985_analisis_tata_letak_fasilitas_produksi_dengan_metode_ftc_dan_arc_untuk_mengurangi_biaya_material_handling
- Costas S. Tzafestas, Member, IEEE, Nektaria Palaiologou, Member, IEEE, and Manthos Alifragis. 2006. "Virtual and Remote Robotic Laboratory: Comparative Experimental Evaluation." *Academia*. Diakses Desember 2022. https://www.academia.edu/713264/Virtual_and_remote_robotic_laboratory_Comparative_experimental_evaluation
- Dyan Anindya. 2015. "Analisis Efisiensi Layout Fasilitas Produksi Pada Departemen Machining PT. Naga Bhuana Aneka Piranti." Tugas Akhir Skripsi.



- ILO-Score. 2013. "Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Tempat Kerja, Sarana Untuk Produktifitas: Pedoman Pelatihan Untuk Manajer dan Pekerja." *International Labour Organization*. Diakses dari https://www.ilo.org/jakarta/whatwedo/publications/WCMS_237650/lang--en/index.htm
- Ismara Ima, Eko Priyanto. 2017. *Bagaimanakah Agar Laboratorium dan Bengkel Pendidikan Vokasi menjadi NYAMAN, SELAMAT dan SEHAT?*. Yogyakarta: UNY Press.
- Ismara Ima, EkoPrianto. 2016. *Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Bidang Kelistrikan_Electrical Safety*. Solo: ADIMEKA.
- Ismara Ima, dkk. 2018. *Prinsip-Prinsip Keselamatan dan Kesehatan Kerjadalam LKS SMK*. Yogyakarta: Kemendikbud.
- Ima Ismara. t.t. "Tata Letak Tempat Kerja Las Lengan Robot Berdasarkan Aspek Psikologi Teknologi." file:///E:/Yogi/Materi%20Buku%20Pedoman/Materi/Tata%20Letak%20Las%20Robot.pdf
- Ima Ismara, Arie Wibowo Khurniawan, Suwarna Dwijonagoro, Minta Harsana, Ambar Pertiwiningrum. 2017. *Manajemen Bengkel dan Laboratorium yang Sehat dan Selamat Berbasis 5S*.
- Kapoereihana Awina. 2011. *How to Implement Safer Workplace Practices A Guide to Workplace Health and Safety*. ACC.
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri. Jakarta: Kemenkes.
- Kristiand kusuma. 2014. "Penerapan Training 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin)." <https://kristiandkusuma.wordpress.com/2014/06/11/penerapan-training-5r-ringkas-rapi-resik-rawat-rajin/>. [Diakses 16 Oktober 2020]
- Miftaful Afifah. 2019. "Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di Bengkel Program Keahlian Teknik Bangunan SMK Negeri 1 Magelang." *Jurnal Bangunan* 24, No. 2, Oktober 2019: 37-46.





- Michael S. Christian dkk. 2009. "Workplace Safety: A Meta-Analysis of the Roles of Person and Situation Factors." *Journal of Applied Psychology*, 94(5), 1103-1127. <https://doi.org/10.1037/a0016172>
- N.C. Dewi dan D.I. Rinawati. 2016. "Analisis Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) dengan Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Six Big Losses Mesin Cavitec PT. Essentra." *Industrial Engineering Online Journal* 4, No. 4, Apr 2016. Diakses dari <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/9868>
- Nasrul Syarif. 2019. "Kiken Yochi Training (KYT) & Alat Pelindung Diri (APD) di Bengkel Las Lengan Robot."
- P. Krasňanský, F. Tóth, V. V. Huertas and B. Rohal'-Ilkiv. 2013. "Basic laboratory experiments with an educational robotic arm." *International Conference on Process Control (PC)*, Strbske Pleso, Slovakia, 2013, pp. 510-515, doi: 10.1109/PC.2013.6581462. Diakses dari https://www.researchgate.net/publication/261281522_Basic_laboratory_experiments_with_an_educational_robotic_arm
- Pujadi, T. 2008. "Faktor Manusia dan Ergonomis Penggunaan Komputer untuk Meningkatkan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)." *Universitas Bina Nusantara*, 2, 102-105.
- Purnomo, F. H. 2017. "Analisa Teknis dan Ekonomis Kombinasi Pengelasan Robotic Welding dengan Welder Konvensional pada Sambungan Pipa Struktur Jacket Bangunan Lepas Pantai." Skripsi: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Redjeki, S. 2016. *Kesehatan dan Keselamatan Kerja*. Jakarta: Pusdik SDM Kesehatan.
- Safety, medan. 2015. "Fungsi & Jenis Alat Pelindungan Diri." <http://medansafety.com/fungsi-jenis-alat-pelindungan-diri/> [Diakses pada tanggal 16 Oktober 2020]
- Stan Gidley. 2004. *The Tools of Lean The 5Ss of Workplace Organization*. Institute of Business Excellence, July 15.

Tarwaka dkk. 2004. *Ergonomi untuk Keselamatan Kesehatan Kerja dan Produktifitas*. Surakarta: UNIBA Press.



Tentang Penulis



Ketut Ima Ismara (kimaismara@gmail.com).

Penulis adalah dosen di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dengan keahlian di bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Pengalaman Pendidikan S-3 Psikologi (Industri dan Organisasi) UGM, Magister Manajemen Pendidikan dan Latihan PPS

UNMalang, Magister Ilmu Kesehatan Kerja FK UGM dan S-3 Ilmu Kesehatan Kerja FK UGM. Penulis pernah mendapatkan pelatihan di antaranya di Festo, PT. Nurtanio, PLN dan Pelatihan Asesor Kompetensi (*Workplace Assesor Training*) di BNSP, serta Pelatihan "*ThinkBuzan*". Penulis aktif menjadi peneliti, konsultan, presenter, dan *trainer* di bidang K3, manajemen operasi industri, *human-machine interaction*, ergonomi di industri, *Environmental Health and Safety (EHS)*, serta psikologi industri dan organisasi (*human resources development*) khususnya membantu para teknisi dan operator di industri agar dapat lebih meningkatkan performansi kerjanya. Selain itu, penulis juga aktif sebagai konsultan dan pelatih nasional, baik di BUMN maupun Industri berskala nasional.

324



Qomariyatus Sholihah Adalah staf pengajar pada Fakultas Teknik, Departemen Teknik Industri Universitas Brawijaya, Malang. Ia memperoleh gelar Ahli Madya Hiperkes (Amd.hyp) dari Universitas Airlangga, Surabaya dengan menempuh pendidikan sejak tahun tahun 1997–2000, Sarjana Teknik Industri dari Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya dengan

masa pendidikan tahun 1996–2001, Magister Kesehatan (M.Kes) dari Universitas Airlangga, Surabaya dengan masa pendidikan tahun 2001–2003, dan Doktor (S-3) di bidang Kesehatan dan Keselamatan Kerja dari Universitas Brawijaya, Malang pada dengan masa pendidikan tahun 2007–2011. Selain itu, ia pernah mendapatkan gelar Guru Besar di bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada tahun 2015 di usia yang ke-36 tahun, hal ini mengantarkan ia mendapatkan penghargaan sebagai Guru Besar Wanita termuda di Indonesia oleh Museum Rekor Indonesia (MURI) pada saat pengukuhan tanggal 11 Juni 2015. Ia telah menulis lebih dari seratus artikel di jurnal nasional maupun internasional. Selain itu, ia telah menulis 26 buku ajar maupun buku teks di antaranya sebagai berikut *Hyperkes PAK (Penyakit Akibat Kerja)*; *Job Safety Analysis (Pertambangan Batubara, Industri Makanan, RS)*; *Good Housekeeping 5S*; *Antioksidan dan Batubara, Dasar-dasar Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Ergonomika dan Faktor Manusia (Konsep Dasar)*; *K3 Rumah Sakit*; dan *Ergonomi dan Keselamatan Kerja Industri*.

325



Nugroho Budi Utomo. Penulis adalah alumni Fakultas Teknik UNY tahun 1991. Penulis sekarang bekerja di perusahaan swasta nasional di Yogyakarta sudah lebih dari 30 tahun. Penulis berpengalaman: 1) menjadi pendamping siswa SMK dan mahasiswa teknik praktik di pabrik: memberikan pembekalan, *training* orientasi, pendampingan dan melakukan evaluasi, serta memberikan *feedback*; 2) menjadi narasumber bagi guru-guru terutama pendamping siswa praktik: untuk memberikan gambaran sistem kerja di industri, tantangan bagi siswa di dunia kerja.



Yogi Adidarma Putra (yogilumbanraja@gmail.com). Penulis adalah mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Memiliki pengalaman bekerja di bidang K3, Pusat Pelatihan dan Sertifikasi K3 (Centra Arta Prima Indonesia) sebagai staf pelatihan K3. Selain itu, penulisan buku ini juga didedikasikan sebagai Media Pengembangan untuk Tugas Akhir Skripsi yang berjudul “Pengembangan Buku Pedoman K3L Berbasis Zerosicks di Laboratorium/Bengkel Las Lengan Robot”.



Eko Prianto (eko.teladan@gmail.com). Pengalaman Pendidikan Sarjana (S-1) Pendidikan Teknik Elektro UNY, Pendidikan Pasca Sarjana (S-2) Magister Sistem Teknik-Teknik Mesin UGM. Saat ini bertugas sebagai dosen di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Pernah mendapatkan pelatihan terkait keselamatan dan kesehatan kerja di PT THIESS Balikpapan.



Amr Mukhlisin (amrmukhlisin@gmail.com). Penulis adalah mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Membantu edit dan mengembangkan buku pedoman menjadi *virtual reality*. Selain itu, pengembangan buku ini didedikasikan sebagai Media Pengembangan untuk Tugas Akhir Skripsi yang berjudul “Pengembangan Media Pengenalan Bengkel Robot Pengelasan Berteknologi *Virtual Reality*”.

K3

BENGKEL LENGAN ROBOT PENGELASAN

Buku ini merupakan penyempurnaan dari buku keselamatan kerja bengkel, yang dikembangkan dan berfokus pada penerapan K3L di bengkel las lengan robot. Buku pedoman K3L ini difokuskan kepada penerapan ergonomi pada bengkel las robot, penerapan keselamatan dan analisis risiko kerja, material *handling layout* bengkel, *time motion* pada bengkel, penerapan 5S pada bengkel dan *emergency response planning* pada bengkel las lengan robot. Hasil analisis awal pada bengkel diolah berdasarkan tabel Zerosick, untuk melihat tingkatan-tingkatan risiko kerja, cara penanganan, dan pengendalian risiko. Buku ini juga berisikan cara meningkatkan produksi bengkel dengan memperhatikan ergonomi bengkel dan *time motion study* pada bengkel. Sehingga dapat meminimalisir gerakan berlebihan, biaya berlebihan, dan kesejahteraan pekerja di dalam bengkel las lengan robot. Hal ini tentunya akan berpengaruh besar kepada peningkatan produktivitas bengkel.

 **BINTANG
SEMESTA MEDIA**

Jl. Bantengrejo, Gg. Nalika, Sleman, Yogyakarta 55773
Telepon: (0274) 4588580 WA: 0853 4554 2317
email: order@bintangpustaka@gmail.com
Website: bintangpustaka.com



ISBN 978-623-190-194-1



9 786231 901941