

Ketut Ima Ismara
Qomariyatus Sholihah
Nita Rahma Wati
Eko Prianto



PENGEMBANGAN

PABRIK JAMU



**PENGEMBANGAN
PABRIK JAMU**

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
Nita Rahma Wati
Eko Prianto

PENGEMBANGAN PABRIK JAMU

Diterbitkan Oleh



Pengembangan Pabrik Jamu

Penulis : Ketut Ima Ismara
Qomariyatus Sholihah
Nita Rahma Wati
Eko Prianto

Tata Letak : Riza Ardyanto

Desain Cover : 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, November 2022
Bintang Semesta Media Yogyakarta
viii + 183 hal : 15.5 x 23 cm
ISBN : 978-623-8015-74-0

Dicetak Oleh:
Percetakan Bintang 085865342319

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

Prakata

Puji syukur senantiasa kami panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga Tim Penyusun mampu merampungkan buku yang berjudul *Pengembangan Pabrik Jamu* dengan lancar, baik, dan tepat waktu.

Buku ini berisi uraian tentang jamu. Pemahaman tentang pengembangan jamu sangat diperlukan oleh beberapa profesi yang ada di Indonesia baik untuk skala kecil, menengah, dan besar. Buku ini merupakan bahan bacaan yang dapat digunakan sebagai pedoman kita bersama sebagai pemahaman dasar tentang pabrik jamu.

Harapan kami, semoga buku ini dapat menambah khazanah dan wacana praktis di bidang Keselamatan Penyelaman dalam menghadapi tantangan dan peluang persaingan global serta bermanfaat bagi semua pihak dalam melaksanakan tugasnya. Oleh karena itu, semua kritik dan saran yang membangun tentunya akan sangat dinantikan dan diterima dengan senang hati. Sekali lagi kami sampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini.

Selanjutnya penyusun menyadari sepenuhnya bahwa kami sebagai manusia biasa tentu saja tidak terlepas dari berbagai kekurangan dan kekhilafan dalam penyusunan buku ini. Untuk itu pada kesempatan ini pula, kami sepatutnya menyampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak apabila ada kesalahan atau kekurangan.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati kami segenap Tim Penyusun menaruh harapan besar agar kiranya buku ini dapat bermanfaat bagi siapa saja lebih khusus untuk produsen pabrik jamu yang membacanya dan mengaplikasikan buku ini ke dunia industri.

Malang, September 2022

Penyusun

Daftar Isi

| | |
|---|------------|
| Prakata..... | v |
| Daftar Isi | vii |
| | |
| Bab I | |
| Pendahuluan | 1 |
| A. Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| B. Studi Kasus | 5 |
| | |
| Bab II | |
| Pemaparan Bahan Kajian | 7 |
| A. Pengertian Obat dan Peran Obat dalam Pelayanan Kesehatan | 7 |
| B. Proses Produksi Jamu Ekstrak..... | 10 |
| C. Sistem Mutu dengan HACCP..... | 45 |
| D. Pendekatan HACCP | 47 |
| E. Penerapan HACCP pada Industri Farmasi | 49 |
| F. Kenyamanan, Kesehatan, dan Keselamatan dalam Lingkungan Kerja | 53 |
| G. Psikologi Teknologi..... | 65 |
| H. Automasi Proses Produksi dalam Lingkungan Kerja | 68 |
| I. Produktivitas Kerja..... | 79 |
| J. K3 (Keselamatan Kesehatan Kerja) | 82 |
| K. Kelebihan Obat Tradisional | 86 |
| L. Cara Pembuatan Obat yang Baik (CPOB)..... | 88 |

| | |
|--------------------------|----|
| M. Landasan Teori..... | 89 |
| N. Hipotesis Proyek..... | 91 |

Bab III

| | |
|--------------------------------|-----------|
| Cara Proyek | 95 |
| A. Jalannya Proyek | 95 |
| B. Kesulitan dalam Proyek..... | 101 |

Bab IV

| | |
|--|------------|
| Hasil Proyek dan Pembahasan..... | 103 |
| A. Hasil Proyek di Proses Perajangan | 103 |
| B. Hasil Proyek di Proses Ekstraksi..... | 111 |
| C. <i>Flow Chart</i> Hasil Proyek Peluang Perbaikan Jamu Ekstraksi..... | 130 |
| D. Pembahasan..... | 134 |

Bab V

| | |
|----------------------|------------|
| Penutup | 171 |
| A. Simpulan | 171 |
| B. Saran | 173 |

| | |
|-----------------------------|------------|
| Daftar Pustaka | 174 |
|-----------------------------|------------|

| | |
|-----------------------------|------------|
| Biodata Penulis..... | 181 |
|-----------------------------|------------|



Bab I

Pendahuluan

A. Latar Belakang Masalah

Kecenderungan yang berkembang dalam pengobatan saat ini adalah *back to nature*, dengan menggunakan obat tradisional berupa jamu. Jamu memiliki banyak keunggulan, antara lain harganya yang relatif murah, efek samping relatif rendah, dan kandungan bahannya alami. Jamu sebagai warisan leluhur tersebut, ternyata mampu menembus pasaran pelanggan di negara lain. Sebagai bagian dari warisan budaya bangsa Indonesia atau *world heritage*, jamu memiliki manfaat kesehatan. Selain itu, jamu juga memiliki kemanfaatan perekonomian dan sosial budaya. Hal ini bukanlah sesuatu yang dilebihkan, seperti dalam Gelar Kebangkitan Jamu Tahun 2008, Presiden RI menyampaikan hal penting dalam pengembangan jamu. Ia menyampaikan bahwasanya harus ada sistem dalam pengembangan, pelayanan, dan pendidikan dalam mengintegrasikan jamu. Kemudian dibarengi dengan peningkatan penelitian dan inovasi teknologi dalam pengembangan jamu dan mendorong produk jamu untuk dapat menjadi komoditas ekonomi baik lokal, nasional, hingga global (RI, 2011).

Selama ini jamu masih diolah secara tradisional dengan peralatan manual, sehingga membutuhkan proses produksi yang relatif lama, jumlah produk yang relatif terbatas, dan dengan higienitas produk yang kurang dapat terkontrol. Permintaan konsumen yang harus dipenuhi semakin banyak, maka saat ini terdapat beberapa pabrik jamu tradisional beralih ke produksi jamu ekstrak dengan pengolahan yang relatif modern dan higienis. Dibandingkan dengan jamu cair atau jamu serbuk secara tradisional, maka jamu ekstrak dapat dikemas seperti obat, yaitu dalam bentuk kaplet, tablet, atau kapsul, sehingga lebih tahan lama, mudah dikonsumsi, dan lebih digemari oleh pelanggan. Melihat data tersebut tentunya jamu masih populer di Indonesia karena kebiasaan minum jamu di Indonesia ini seperti halnya meminum susu di Barat. Meminum jamu tidak memberikan efek negatif, tetapi memberikan efek yang baik terhadap kesehatan tubuh. Maka tidak heran jika masyarakat Indonesia sampai sekarang masih menjaga tradisi tersebut. Imbasnya adalah permintaan jamu di Indonesia juga semakin banyak karena ada istilah *back to nature*, yang membuat masyarakat Indonesia semakin percaya bahwa meminum jamu memberikan manfaat baik bagi kesehatan (Sinoda, 2013).

Banyaknya permintaan jamu tersebut tentunya akan mengakibatkan timbulnya pabrik-pabrik yang memproduksi jamu tersebut. Hal tersebut tentunya akan menimbulkan iklim persaingan bisnis yang ketat di antara industri jamu baik di dalam maupun di luar negeri. Mekanisasi produksi jamu secara massal di atas, ternyata telah menimbulkan banyak permasalahan baru, bila dipandang dari sisi pekerja. Permasalahan tersebut meliputi kesehatan lingkungan serta kesehatan dan keselamatan pekerja dalam proses pembuatan jamu. Hal ini disebabkan oleh minimnya pengalaman industrialisasi jamu dan kurang sempurnanya sistem regulasi dari pemerintah. Sementara itu, pedoman cara pembuatan obat tradisional yang baik dari Badan Pengawasan Obat dan Makanan (Depkes RI) masih dalam proses penyempurnaan, sehingga dirasakan belum dapat mengakomodasi permasalahan tersebut dengan baik.

Salah satu usaha untuk memperkuat daya saing pabrik jamu ekstrak di pasar global adalah dengan meningkatkan kualitas proses produksinya. Kualitas proses produksi dapat ditingkatkan melalui perancangan ulang sistem automasi proses pembuatan jamu ekstrak dalam lingkungan kerja yang sehat dan selamat. Hal ini ternyata sesuai dengan klausul nomor 4, 6, dan 7 (*quality of manual, work environment, and production*) dalam International Standard Organization (ISO) 9001 versi 2000.

Alasan mengapa diperlukan suatu perancangan ulang sistem automasi dalam lingkungan kerja, dikemukakan oleh Suzaki (1997), yakni sebagai suatu kegiatan yang antara lain ditujukan untuk menekan berbagai pemborosan melalui penerapan automasi yang terintegrasi dengan lingkungan kerjanya. Adapun Pulat (1992) mengemukakan salah satu indikator diperlukannya suatu perancangan ulang sistem automasi adalah lingkungan kerja yang cenderung akan dapat menimbulkan ancaman terhadap kesehatan dan keselamatan terhadap pekerja. Menurut Morris (1995) dan Groover (2001), penerapan sistem automasi bertujuan antara lain untuk meningkatkan produktivitas, mengurangi biaya operasional, meningkatkan kualitas produk, menekan *lead-time*, serta memperbaiki tingkat kesehatan dan keselamatan kerja, khususnya proses produksi yang bersifat massal, sehingga harus terintegrasi dengan lingkungan kerja.

Proses produksi yang semula hanya bersifat mekanis, menjadi berbasis magnetik dan elektronik, kemudian berkembang menjadi berbasis mikroprosesor dan mikrokomputer. Adapun manusia tetap sebagai pemeran utama dalam perancangan, pemrograman, pengendalian, dan pengontrolan mesin sistem automasi. Oleh karena itu, tenaga manusia yang banyak menimbulkan kesalahan kerja, serta sebagai sasaran dari berbagai potensi sumber bahaya kesehatan dan keselamatan yang timbul di lingkungan kerja, sebagian tugasnya dapat digantikan oleh mesin melalui sistem automasi.

Perancangan ulang sistem automasi dan lingkungan kerja yang sehat dan selamat dalam proyek ini, diprioritaskan pada ruang atau tahap proses perajangan dan ekstraksi. Hal ini atas dasar permintaan pihak manajemen, data dokumentasi sekunder, dan hasil observasi awal di lokasi proyek. Kedua ruang tersebut merupakan bagian dari proses produksi yang paling banyak terjadi pemborosan, misalnya banyak waktu yang tersita, serta memiliki banyak potensi sumber bahaya kecelakaan dan penyakit kerja. Hal ini diperkuat dengan data sekunder berupa hasil pengukuran BTKL Yogyakarta, yang menunjukkan bahwa kebisingan dan kandungan debu pada ruang perajangan melebihi nilai ambang batas. Didukung oleh data primer berupa pengukuran suhu udara dan intensitas cahaya pada lingkungan kerja secara langsung yang menunjukkan bahwa kedua ruang tersebut ternyata tidak memenuhi persyaratan kerja yang nyaman dan sehat. Dikaitkan dengan inferensi terhadap hasil wawancara dan pengamatan mendalam terhadap proses produksi secara keseluruhan, antara lain menunjukkan adanya uap alkohol dan hidrokarbon dalam proses ekstraksi yang cukup membuat sesak napas dan pusing, dan beberapa gerakan kerja dapat menimbulkan CTD (*cumulative trauma disorder*).

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut di atas, maka perancangan ulang dalam proyek ini terbatas pada penerapan sistem automasi proses perajangan dan proses ekstraksi dan lingkungan kerja pembuatan jamu ekstrak. Sistem otomasi yang terintegrasi dalam lingkungan kerja adalah pengendalian proses produksi secara automasi yang sejalan atau disesuaikan dengan pengendalian potensi sumber bahaya kesehatan dan keselamatan, meliputi kebisingan dan debu di ruang perajangan, uap alkohol dan hidrokarbon di ruang ekstraksi, serta pencahayaan dan kondisi udara di kedua ruang tersebut.

Perancangan ulang sistem automasi dan lingkungan kerja tersebut, diharapkan dapat mendukung peningkatan efisiensi dan efektivitas, serta memperbaiki kualitas dan kuantitas hasil produksi, melalui peningkatan produktivitas kerja yang berwawasan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Harapan selanjutnya terhadap hasil produksi dengan perancangan ulang tersebut adalah dapat memenuhi permintaan pelanggan, baik dari segi manfaat dalam kesehatan, kemudahan pelayanan, maupun dari segi ketersediaan di pasaran (*just-in-time*).

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka dapat diidentifikasi masalah yang terdapat pada proses pembuatan jamu ekstrak antara lain adalah bagaimana sistem kerja yang digunakan, meliputi tempat kerja, lingkungan kerja, prosedur operasi kerja, gerakan dan waktu kerja yang digunakan dalam proses pembuatan jamu ekstrak. Bagaimana pengaruh sistem kerja secara psikologis terhadap pekerja dalam proses pembuatan jamu ekstrak. Bagaimana mengendalikan potensi bahaya (*hazard*) yang timbul meliputi kebisingan, kadar debu, uap alkohol, serta bagaimana memperbaiki pencahayaan dan kondisi suhu udara, agar lingkungan kerja menjadi lebih nyaman, sehat, dan aman. Bagaimana sistem automasi dalam proses perajangan dan ekstraksi yang dapat mendukung kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Masalah yang teridentifikasi kemudian adalah bagaimana usaha untuk memperbaiki sistem kerja, psikologi kerja, lingkungan kerja, dan sistem automasi agar dapat lebih berperan dalam peningkatan produktivitas kerja. Selain itu terlihat adanya tuntutan integritas atau kesesuaian antarkomponen sistem kerja, psikologi kerja, lingkungan kerja dengan sistem automasi dalam rangka peningkatan produktivitas kerja.

B. Studi Kasus

Materi proyek ini akan dibatasi pada ruang atau proses perajangan dan ekstraksi. Ke dua ruang tersebut merupakan bagian

dari proses produksi yang paling banyak terjadi potensi sumber bahaya kecelakaan dan penyakit kerja. Hasil pengukuran dari BTKL Yogyakarta, menunjukkan bahwa kebisingan, kandungan debu, dan hidrokarbon pada ruang perajangan melebihi nilai ambang batas. Didukung oleh data primer berupa pengukuran suhu udara dan intensitas cahaya pada lingkungan kerja secara langsung yang menunjukkan bahwa kedua ruang tersebut, ternyata tidak memenuhi persyaratan kerja yang nyaman dan sehat. Dikaitkan dengan inferensi terhadap hasil wawancara dan pengamatan mendalam, antara lain menunjukkan adanya uap alkohol dalam proses ekstraksi yang cukup membuat sesak napas dan pusing. Proyek ini diharapkan akan dapat meningkatkan produktivitas kerja, melalui pencegahan atau pengurangan (*promotive and preventive*) terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Dasar tindakan pencegahan kecelakaan kerja, menurut teori yang dikemukakan oleh Woodside and Kocurek (1997) adalah eliminasi, substitusi, modifikasi, isolasi, dilusi, ventilasi, dan proteksi; yang termasuk dalam pendekatan ECCS (*eliminate, combine, change, simplify*) sesuai dengan pendapat Barnes (1990).

Berdasarkan kajian di atas, perancangan ulang sistem automasi dalam lingkungan kerja difokuskan pada proses perajangan dan ekstraksi yang nyaman, sehat dan selamat, alat, jalannya, dan kesulitan proyek. Lokasi proyek dilakukan di sentra industri jamu Cilacap yaitu PT Serbuk Manjur Jaya. Lokasi *benchmarking* di pabrik farmasi dan jamu ekstrak PT Indofarma di Bekasi Jakarta dan *home-industry* An-Nuur Yogyakarta. Waktu proyek berlangsung 7 bulan mulai Juli 2001 sampai dengan Januari 2002.



Bab II

Pemaparan Bahan Kajian

A. Pengertian Obat dan Peran Obat dalam Pelayanan Kesehatan

PerMenKes 917/Menkes/Per/x/1993, menjelaskan mengenai pengertian obat (jadi) adalah sediaan atau paduan-paduan yang siap digunakan untuk memengaruhi atau menyelidiki secara fisiologi atau keadaan patologi dalam rangka penetapan diagnosis, pencegahan, penyembuhan, pemulihan, peningkatan kesehatan dan kontrasepsi. Menurut Ansel (1985), obat adalah zat yang digunakan untuk diagnosis, mengurangi rasa sakit, serta mengobati atau mencegah penyakit pada manusia atau hewan. Obat dalam arti luas adalah setiap zat kimia yang dapat memengaruhi proses hidup, maka farmakologi merupakan ilmu yang sangat luas cakupannya. Namun untuk seorang dokter, ilmu ini dibatasi tujuannya yaitu agar dapat menggunakan obat untuk maksud pencegahan, diagnosis, dan pengobatan penyakit. Selain itu, agar mengerti bahwa penggunaan obat dapat mengakibatkan berbagai gejala penyakit (Bagian Farmakologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia).

Dalam pembuatan obat, semua bahan dapat digunakan dalam pengolahan obat walaupun tidak semua bahan tersebut masih terdapat

di dalam produk rumahan. Bahan tersebut ada yang berkhasiat maupun yang tidak berkhasiat, ada yang berubah maupun yang tidak berubah. Sementara produk ruahan merupakan tiap bahan yang telah selesai diolah dan tinggal memerlukan pengemasan untuk menjadi obat jadi. Bisa dikatakan bahan atau produk ruahan tersebut nantinya dapat diracik sebagai obat menyesuaikan dengan kebutuhan/khasiat obat tersebut. Hal tersebut juga terdapat dalam meramu obat tradisional, seperti halnya dalam obat tradisional yang berasal dari bahan atau ramuan bahan yang berupa bahan tumbuhan, bahan hewan, bahan mineral, sediaan sarian (gelenik), atau campuran dari bahan tersebut yang secara turun-menurun telah digunakan untuk pengobatan berdasarkan pengalaman (Kesehatan, 1990). Racikan dalam obat tradisional ini berdasarkan dari pengalaman manusia dalam menghadapi keadaan dalam dunia medis. Dari pengalaman tersebut dapat menciptakan ramuan/obat yang dapat menyembuhkan suatu penyakit.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi membuat produk obat semakin banyak. Dengan hal tersebut akhirnya ada penggolongan obat supaya dapat dibedakan dalam mengaksesnya. Pertama adalah obat bebas, yaitu obat yang ditandai dengan lingkaran berwarna hijau dengan tepi lingkaran berwarna hitam. Obat bebas umumnya berupa suplemen vitamin dan mineral, obat gosok, beberapa analgetik-antipiretik, dan beberapa antasida. Obat golongan ini dapat dibeli bebas di Apotek, toko obat, toko kelontong, warung. Obat bebas terbatas, merupakan obat yang ditandai dengan lingkaran berwarna biru dengan tepi lingkaran berwarna hitam. Obat-obat yang umumnya masuk ke dalam golongan ini antara lain obat batuk, obat influenza, obat penghilang rasa sakit dan penurun panas pada saat demam (analgetik-antipiretik), beberapa suplemen vitamin dan mineral, dan obat-obat antiseptik, obat tetes mata untuk iritasi ringan. Obat golongan ini hanya dapat dibeli di apotek dan toko obat berizin. Obat keras, merupakan obat yang pada kemasannya ditandai dengan

lingkaran yang di dalamnya terdapat huruf K berwarna merah yang menyentuh tepi lingkaran yang berwarna hitam. Obat keras merupakan obat yang hanya bisa didapatkan dengan resep dokter. Obat-obat yang umumnya masuk ke dalam golongan ini antara lain obat jantung, obat darah tinggi/hipertensi, obat darah rendah/antihipotensi, obat diabetes, hormon, antibiotika, dan beberapa obat ulkus lambung. Obat golongan ini hanya dapat diperoleh di apotek dengan resep dokter. Obat narkotika, merupakan zat atau obat yang berasal dari tanaman atau bukan tanaman baik sintesis maupun semisintesis yang dapat menyebabkan penurunan atau perubahan kesadaran, hilangnya rasa, mengurangi sampai menghilangkan rasa nyeri, dan dapat menimbulkan ketergantungan (UUUR No. 22 Th 1997 tentang Narkotika). Obat ini pada kemasannya ditandai dengan lingkaran yang di dalamnya terdapat palang (+) berwarna merah. Obat narkotika bersifat adiksi dan penggunaannya diawasi dengan ketat, sehingga obat golongan narkotika hanya diperoleh di apotek dengan resep dokter asli (tidak dapat menggunakan kopi resep). Contoh dari obat narkotika antara lain: opium, koka, ganja/mariyuana, morfin, heroin, dan lain sebagainya. Dalam bidang kesehatan, obat-obat narkotika biasa digunakan sebagai anestesi/obat bius dan analgetik/obat penghilang rasa sakit.

Obat merupakan salah satu komponen yang tidak dapat tergantikan dalam pelayanan kesehatan. Obat berbeda dengan komoditas perdagangan, karena selain merupakan komoditas perdagangan, obat juga memiliki fungsi sosial. Obat berperan sangat penting dalam pelayanan kesehatan karena penanganan dan pencegahan berbagai penyakit tidak dapat dilepaskan dari tindakan terapi dengan obat atau farmakoterapi. Seperti yang telah dituliskan pada pengertian obat di atas, maka peran obat secara umum adalah untuk membantu kesembuhan penyakit. Kemudian obat juga memiliki efek samping dari ringan hingga berat profesional. Maka dengan hal tersebut penggunaan obat ini harus memerlukan

pengawasan dari tenaga yang menangani bidang tersebut. Supaya dapat dengan jelas manfaat dari peranan obat yang digunakan untuk kesembuhan penyakit.

B. Proses Produksi Jamu Ekstrak

Tradisi minum jamu diyakini oleh masyarakat Indonesia memberikan dampak yang baik bagi kesehatan. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki bahan-bahan sumber daya alam untuk membuat jamu. Indonesia sekarang mulai melirik jamu sebagai salah satu komoditas penting untuk meningkatkan perekonomian bangsa Indonesia. Kuatnya arus *back to nature* sangat memengaruhi perkembangan pengolahan jamu terutama jamu ekstrak. Kini jamu tidak hanya menarget pasar domestik, bahkan saat ini jamu sudah mulai merambah ke pasar ekspor. Kini banyak berdiri pabrik pengolahan jamu ekstrak mulai dari yang sifatnya masih tradisional hingga yang sudah menerapkan teknologi tinggi dilengkapi dengan sistem automasi dalam proses produksinya demi memenuhi kebutuhan pasar (Sinoda, 2013).

Jamu merupakan obat tradisional yang berasal dari bahan tumbuh-tumbuhan, hewan, dan mineral yang dipergunakan dalam upaya pengobatan berdasarkan pengalaman. Bentuk sediaan berupa serbuk seduhan dan rajangan untuk seduhan. Penggunaannya masih memakai pengertian tradisional seperti galian singset, sekolar, pegal linu, dan tolak angin, sedangkan fitofarmaka adalah sediaan obat yang telah dibuktikan keamanannya dan khasiatnya, bahan bakunya terdiri dari simplisia atau sediaan gelanik yang telah memenuhi persyaratan yang berlaku. Cara penggunaannya menggunakan pengertian farmakologis seperti diuretik, analgesik, antipiretik (Sumarny, 2002). Ekstrak jamu merupakan zat aktif yang dibuat dari bahan baku nabati. Bahan-bahan nabati dalam pembuatan jamu disebut simplisia. Simplisia merupakan suatu bagian atau keseluruhan dari tumbuhan yang berkhasiat yang digunakan sebagai bahan-baku pembuatan obat tradisional. Simplisia biasanya dalam bentuk kering.

Berdasarkan bagian tumbuhan yang digunakan, dapat diklasifikasikan menjadi daun (*folium*), kulit (*cortex*), bunga (*flos*), kayu/batang (*lignum*), akar (*radix*), rimpang (*rhizoma*), umbi (*bulbus*), buah (*fructus*), biji (*semen*), kulit batang (*pericarpium*) dan seluruh bagian tumbuhan (*herba*). Bahan-bahan tersebut antara lain kencur, jahe, temulawak, sambiloto, jati belanda, kunyit, daun jambu monyet, tempuyung, jinten, lada, kumis kucing, dan lain-lain. Proses pengambilan zat aktif dilakukan secara bertahap sesuai dengan standar CPOTB atau Cara Pembuatan Obat Tradisional yang Baik (Dep. Kes. RI, 1986). Tahapannya adalah sortir atau pemilahan, pencucian atau sortir basah, penirisan, perajangan, pengeringan, penyerbukan, ekstraksi, evaporasi, granulasi basah, granulasi kering, proses massa granul siap cetak, pencetakan, pengemasan, selanjutnya adalah pengecekan setiap kemasan dengan penimbangan, pemberian etiket, penyegelan, dan diakhiri dengan pengartonan.

1. Penerimaan, Penyimpanan Bahan Baku, dan Pengolahan Bahan Baku

Ada dua tipe penerimaan bahan baku, yang pertama bahan baku berupa *sample* dan yang kedua bahan baku dalam jumlah besar (untuk proses produksi). Bahan baku berupa *sample* biasanya berasal dari petani dan pemasok serta jumlahnya tidak banyak. Mulai dari kedatangan *sample* bahan baku, tim pengawasan mutu melakukan pemeriksaan terhadap mutu dari *sample* bahan baku tersebut. Jika tim pengawasan mutu menyatakan *sample* bahan baku memenuhi kriteria atau standar mutu bahan baku, selanjutnya akan dilakukan transaksi pembelian dalam jumlah besar untuk proses produksi. Selanjutnya proses penerimaan bahan baku dalam jumlah yang besar tersebut akan digunakan untuk kebutuhan produksi. Setiap kedatangan bahan baku dalam jumlah besar ini, tim pengawasan mutu akan melakukan kembali pemeriksaan mutu untuk yang kedua kalinya, tujuannya adalah

memastikan hanya bahan baku yang memenuhi standar yang digunakan dalam proses produksi. Pemeriksaan ini meliputi keaslian, kadar air, kandungan zat kimia, pemeriksaan bakteri atau jamur, dan aroma.

Bahan baku yang telah lolos pemeriksaan mutu tahap dua selanjutnya akan disimpan di gudang penyimpanan bahan baku. Setiap bahan baku yang disimpan harus memiliki label identitas yang jelas, tujuannya untuk mempermudah identifikasi pada saat bahan baku akan digunakan, sehingga tidak akan terjadi kekeliruan penggunaan bahan baku dalam proses produksi. Selain itu juga untuk menghindarkan kerugian karena adanya bahan baku yang busuk karena terlalu lama disimpan.

Pada proses selanjutnya adalah memilih bahan baku dengan kualitas terbaik untuk diolah. Hal ini dijalankan supaya dapat menjaga produk jamu dengan kualitas terbaik. Maka ada beberapa langkah dalam memilih bahan baku dalam proses pembuatan jamu.

a. Sortir

Ada dua jenis sortir, yaitu sortir basah dan sortir kering. Sortir basah dilakukan saat bahan masih segar, tujuannya untuk memisahkan bahan baku dari kotoran-kotoran atau bahan lainnya yang terdapat pada bahan simplisia yang dapat menjadi sumber pencemaran pada bahan obat seperti kerikil, tanah, atau bagian tanaman yang tidak dibutuhkan misalnya gulma/rumput, batang, daun, dan akar yang telah rusak.

Proses sortasi basah dapat dilakukan menggunakan nyiru, caranya dengan melakukan gerakan ke atas dan ke bawah serta memutar. Gerakan ini akan membuat kotoran dan bahan simplisia saling memisah, dan kotoran akan beterbangan kemudian berjatuh dari bahan simplisia. Selain itu sortir basah juga dapat dilakukan pada saat pencucian

bahan, ketika bahan dibolak-balik dalam proses pencucian, kotoran-kotoran yang terikut dan menempel pada bahan akan terpisah dari bahan. Selanjutnya adalah proses sortir kering, tahapan ini merupakan tahapan akhir persiapan simplisia. Proses ini dilakukan sebelum simplisia dibungkus kemudian disimpan. Tujuan dari sortir kering adalah untuk memisahkan benda-benda asing seperti bagian tanaman yang tidak diinginkan dan pengotor lain yang masih ada dan tertinggal pada simplisia kering, misal pasir, tanah, kerikil, rambut, serta bahan lain yang mencemari bahan pada saat pengeringan harus segera dihilangkan karena dapat berpengaruh pada kualitas simplisia (Melinda, 2014). Pada proses sortasi pekerja harus menggunakan APD sehingga dapat melindungi diri terhadap risiko bahaya seperti terjadinya iritasi pada tangan dikarenakan bakteri, gangguan pernapasan terhadap bahan obat yang mungkin berdebu, dan lain-lain.



Gambar 1 Proses Sortir Basah

Sumber: <https://docplayer.info/122264259-Sortasi-pencucian-dan-pengeringan.html> (diakses : Rabu 26 mei 2021)

b. Pencucian

Pencucian dilakukan untuk menghilangkan kotoran dan bahan pencemar pada bahan baku jamu yang akan

digunakan. Tujuannya untuk menghambat pertumbuhan kuman atau jamur pada saat penyimpanan.



Gambar 2 Proses pencucian jamu menggunakan alat

Sumber : <https://www.suarasurabaya.net/kelanakota/2014/Mesin-Cuci-Empon-empon-Percepat-Proses-Pembuatan-Jamu/>

c. Proses Perajangan atau Pengecilan ukuran

Perajangan adalah proses mengecilkan volume atau menghaluskan sampai ukuran tertentu untuk memudahkan pengambilan zat aktif yang terdapat dalam nabati pada proses ekstraksi. Prosesnya yaitu dengan mengambil nabati kering lalu ditimbang sesuai formula, atur *mesh* (6,8, atau 10) sesuai dengan kebutuhan atau ketentuan (lihat *batch record*), operasikan mesin perajang, pasang alat penampung hasil rajangan masukkan sedikit demi sedikit nabati yang akan dirajang sampai selesai, kemudian hasilnya siap untuk diekstraksi.

Tujuan proses perajangan atau pengecilan ukuran adalah memenuhi standar keseragaman bahan baku proses ini digunakan untuk mempermudah proses selanjutnya seperti pengeringan, pengemasan, dan penyimpanan. Ukuran perajangan sangat berpengaruh pada kualitas dan bahan

simplisia. Perajangan terlalu tipis akan memengaruhi kualitas simplisia, sedangkan perajangan terlalu tebal menyebabkan kandungan *air* dalam simplisia sulit untuk dihilangkan. Tebal perajangan pada simplisia yang baik yaitu 3–5 mm sehingga diperoleh simplisia dengan ketebalan ideal 3–5 mm (Tilaar, 2002).



Gambar 4 Proses perajangan simplisia

Sumber: http://kalsel.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php?option=com_content&view=article&id=886:susi-lesmayati-retna-qomariah-awanis&catid=14:alsin&Itemid=43 (diakses : Rabu 26 mei 2021)



Gambar 5 Mesin perajang jamu

Sumber: <https://anekamesinbagus.wordpress.com/2013/04/04/mesin-perajang-simplisia-jamu/> (diakses : Rabu 26 mei 2021)

d. Pengeringan

Bertujuan untuk mengeluarkan air dengan pemanasan sedemikian rupa untuk mengeluarkan air sampai kadar tertentu. Pengeringan pada umumnya memanfaatkan energi panas dari cahaya matahari langsung. Beberapa jenis produk tanaman obat yang sering dikeringkan dengan sinar matahari langsung, meliputi bahan yang berasal dari akar, rimpang, kulit batang, dan biji-bijian. Namun demikian simplisia bunga dan daun yang mengandung minyak asiri tidak tepat bila dikeringkan dengan cahaya matahari langsung karena dapat menurunkan simplisia (Widiyastuti, 2004). Keseimbangan kadar air sangat menentukan batas akhir dari proses pengeringan. Beberapa risiko yang dapat terjadi pada proses ini yaitu terkena panas jika pengeringan dilakukan dengan menggunakan mesin, kebisingan akibat suara dari mesin.



Gambar 6 Proses pengeringan secara alamiah

Sumber : <https://infopublik.id/galeri/foto/detail/80240>

(diakses : Rabu 26 mei 2021)



Gambar 7 Mesin pengering

Sumber: <http://www.prima-brt.com/2019/07/spesifikasi-mesin-pengering-simplisia.html> (diakses: Rabu 26 mei 2021)

e. Penyangraian

Penggangraian yang dilakukan pada bahan baku adalah jenis goreng sangria yaitu penggangraian tanpa memakai minyak. Proses ini juga bertujuan untuk mengelupaskan kulit dan juga memunculkan aroma. Pada proses ini bahaya yang dapat terjadi yaitu terpapar panas.



Gambar 8 Proses penyangraian biji kopi

Sumber : <https://docplayer.info/204280175-Peningkatan-produktivitas-mesin-sangrai-biji-kopi-di-ukm-kabupaten-kediri.html> (diakses: Rabu 26 mei 2021)

f. Standardisasi bahan

Tujuan lain dari standardisasi bahan adalah untuk mengendalikan bahan-bahan yang dapat memberikan dampak langsung terhadap mutu hasil produksi. Berdasarkan Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) No. 13 tahun 2018, setiap bahan produksi harus memiliki spesifikasi yang jelas meliputi informasi sebagai berikut:

- 1) Nama standar dan referen kode yang unik (kode produk) yang digunakan dalam catatan.
- 2) Sifat utama fisik, kimiawi, dan biologis.
- 3) Kriteria pengujian dan batasnya, penampilan fisik, karakteristik, dan kondisi penyimpanan.
- 4) Pola pengambilan sampel atau instruksi pengambilan sampel dan tindakan pengamanan.
- 5) Persyaratan yang menyatakan bahwa yang boleh digunakan hanya bahan kritis yang diluluskan.

g. Peracikan

Peracikan adalah proses meracik atau meramu jamu dengan komposisi tertentu dan berbeda sesuai jenis yang akan dibuat. Proses pengolahan bahan baku memiliki risiko dan bahaya pada setiap proses tahapannya, sehingga diperlukan ZEROSICK dalam bekerja. ZEROSICK merupakan suatu metode analisis untuk mengelola pekerjaan yang bertujuan untuk memperkecil terjadinya risiko atau potensi bahaya, yang mengakibatkan terjadinya kecelakaan atau kerugian yang tidak diinginkan (Ismara dan Eko Prianto).

2. Proses Pengolahan Jamu

a. Penggilingan (*Grinding*)

Proses penggilingan dapat dilakukan setelah bahan baku jamu (*simplisia*) melalui proses penanganan mulai dari penerimaan awal hingga peracikan yang sudah

distandardisasi. Tujuan proses penggilingan adalah untuk memperoleh halusan simplisia agar mempermudah pada proses pengolahan selanjutnya. Proses penggilingan disesuaikan dengan macam dan jenis jamu, dan setiap pergantian jenis racikan yang akan digiling, mesin harus dibersihkan terlebih dahulu.



Gambar 9 Proses Penggilingan Jamu

Sumber: <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-5477502/dapat-bantuan-mesin-giling-produksi-jamu-di-bantul-lebih-efisien>.

(Diakses: 20 Juni 2022)

b. Pengayakan

Sebelum melakukan proses pengayakan, hasil racikan yang telah melalui proses *grinding* harus didiamkan beberapa saat (\pm 30 menit), tujuannya untuk menurunkan suhu dari hasil *grinding* racikan simplisia karena *output* dari mesin *grinding* masih dalam keadaan panas. Setelah suhunya dingin, barulah kemudian dilakukan proses pengayakan.

Proses pengayakan bertujuan untuk menyeragamkan derajat kehalusan racikan simplisia yang sudah distandardisasi, selain itu juga untuk memisahkan racikan simplisia dengan kotoran atau kontaminasi yang mungkin masih terbawa dari proses sebelumnya. Proses pengayakan dapat dilakukan secara manual maupun dengan mesin.

Semakin besar ukuran *mesh*, maka semakin halus pula hasil pengayakannya. Jika hasil pengayakan sudah memenuhi standar kehalusan produk, dapat lanjut ke proses berikutnya yaitu pengadukan atau pencampuran. Untuk produk hasil pengayakan yang masih kasar (belum memenuhi standar kehalusan produk) akan dikembalikan lagi ke proses *grinding* selanjutnya untuk proses ulang *grinding* yang sejenis. Adapun untuk kotoran atau kontaminasi yang berupa fisik langsung dihilangkan atau dibuang, sehingga tidak lolos ke proses selanjutnya.



Gambar 10 Proses Pengayakan

Sumber : <http://pengetahuanpanganpertanian.blogspot.com/2015/05/pengayakan-dalam-pembuatan-jamu-bubuk.html>. (Diakses: 20 Juni 2022)

c. Pengadukan atau Pencampuran

Proses pengadukan bertujuan untuk menghomogenkan racikan simplisia yang dihasilkan dari proses pengayakan. Pada proses pengadukan juga dilakukan proses penambahan bahan lainnya seperti bahan-bahan nabati dan ekstrak lainnya. Proses pengadukan dilakukan secara mekanik

dengan menggunakan mesin pengaduk. *Output* dari proses pengadukan merupakan produk setengah jadi. *Output* tersebut selanjutnya disimpan di gudang setengah jadi dan diberi label yang jelas.

d. Pemeriksaan Laboratorium

Sebelum masuk ke proses selanjutnya yaitu proses pengemasan, produk setengah jadi perlu diambil *sample*-nya untuk dilakukan serangkaian tes di laboratorium. Tujuan pemeriksaan laboratorium antara lain adalah untuk mengetahui kadar air, derajat kehalusan, khasiat, kandungan logam mulia, dan toksisitas produk. Salin itu juga perlu dilakukan pemeriksaan mikrobiologis untuk mengetahui dan menentukan angka kuman dan kandungan mikroba terutama bakteri dan jamur yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan bagi konsumen, jadi produk harus bebas dari jamur maupun bakteri patogen. Pemeriksaan laboratorium dapat dilakukan selama 2-3 hari. Dari pemeriksaan laboratorium inilah untuk produk setengah jadi yang telah memenuhi persyaratan mendapatkan nomor *batch*. Nomor *batch* digunakan untuk mempermudah dalam proses *tracking* produk nantinya.



Gambar 11 Pengujian Lab

Sumber: <https://ponorogo.go.id/2022/04/17/direktur-akafarma-sudahkah-semua-jamu-melalui-uji-praklinik-dan-uji-klinik/>. (Diakses: 20 Juni 2022)

e. Pengemasan

Tahapan berikutnya sebelum produk didistribusikan kepada konsumen adalah pengemasan atau *packaging*. Tahapan ini sama pentingnya dengan tahapan pengolahan jamu ekstrak. Pada proses ini masih adanya kemungkinan terjadi kontaminasi baik fisik maupun non fisik yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada konsumen dan juga menurunnya mutu produk. Karena setelah melalui proses pengemasan tidak ada lagi proses sterilisasi untuk menghilangkan jamur dan bakteri maka perlu diperhatikan kebersihan pekerja dan juga kemasan yang akan digunakan. Selain itu, perlu diperhatikan juga cara penyimpanan bahan kemasan. Bahan kemasan harus disimpan secara tepat agar terhindar dari sumber-sumber yang dapat menyebabkan kontaminasi. Bahan kemasan yang tidak disimpan secara tepat dapat menjadi media yang menyebabkan kontaminasi langsung terhadap produk yang dikemas.



Gambar 12 Pengemasan Jamu Ekstrak

f. Penyimpanan Produk Akhir

Tahapan terakhir dalam proses produksi jamu ekstrak adalah penyimpanan produk akhir. Pada tahap ini perlu diperhatikan pentingnya pemberian label yang jelas mulai

dari nama produk, kode produksi, tanggal produksi, dan tanggal kadaluarsa serta penerapan metode FIFO (*First In First Out*) untuk menghindarkan kerugian yang diakibatkan pembusukan produk di gudang karena penyimpanan yang terlalu lama. Selain itu juga perlu diperhatikan kebersihan gudang, potensi kontaminasi fisik, hama/*pest*, sirkulasi udara, pencatatan data agar mudah dilakukan *traceability* serta higiene pekerja.



Gambar 13 Penyimpanan produk jadi

Sumber: https://www.sidomuncul.co.id/en/warehouse_hangar.html.

(Diakses: 20 Juni 2022)

3. Proses ekstraksi

Pengambilan zat-zat aktif ini dapat dilakukan dengan dua cara: maserasi atau perendaman dan penggodokan atau infundasi. Proses ekstraksi dengan cara maserasi atau perendaman, siapkan nabati yang sudah dirajang dan dicampur sesuai formula untuk suatu *batch* tertentu (sudah merupakan formula), tangki ekstraktor diisi dengan cairan penyaring (alkohol + air) dalam ukuran tertentu kemudian nabati yang sudah dirajang tadi dimasukkan sedikit demi sedikit bersamaan dengan pengoperasian alat pengaduk yang ada dalam ekstraktor, masukan semua nabati dan aduk

hingga merata. Tutup kembali ekstraktor kemudian didiamkan dalam waktu tertentu ($\pm 2 \times 24$ jam). Buka ekstraktor, jika waktu yang ditentukan tercapai tampung pada mesin peras sentrifugal untuk memisahkan ampas dan ekstrak cairnya. Hentikan mesin peras jika tidak mengeluarkan ekstrak cair lagi, dan kemudian ambil ampasnya untuk dikemas dan siap dibuang, maka ekstrak cair siap dievaporasi. Bersihkan semua peralatan setelah selesai, agar proses selanjutnya terhindar dari sisa proses yang sudah dilakukan.

Ekstraksi dengan cara penggodokan, masukkan air DIW ke dalam tangki ekstraktor dalam ukuran tertentu, panaskan sampai mendidih (± 3 jam). Setelah mendidih matikan mesin dan buka penutupnya, masukan nabati yang akan diproses sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga merata dengan kayu. Tutup tangki ekstraktor, operasikan alat pengaduk otomatis selama 10 s.d. 15 menit, matikan dan diamkan selama 30 menit (agar temperaturnya menurun untuk memudahkan proses penyaringan). Langkah selanjutnya siapkan mesin sentrifugal. Masukkan semua hasil ekstraksi sedikit demi sedikit agar beban mesin sentrifugal merata. Setelah selesai, operasikan mesin sentrifugal sampai kecepatan maksimum. Tampung ekstrak cair yang keluar dan hentikan mesin sentrifugal setelah ekstrak cair tidak keluar lagi. Ekstrak cair siap dievaporasi. Ampas sisa pemerasan dikemas dan siap dibuang. Bersihkan semua peralatan juga ruangan setelah semua proses selesai.

Perkolasi. Simplisia yang telah siap diekstraksi dimasukkan ke tangki perkolasi, kemudian dialirkan *steam* ke dalam tangki yang telah ditutup selama 15 menit. *Steam* yang dialirkan sebelum diisi pelarut merupakan suatu cara untuk membuka sel-sel dari simplisia agar menjadi renggang dan mudah dimasuki oleh pelarut. Kemudian pelarut yang sesuai dialirkan ke dalam tangki

perkolasi dengan volume yang telah ditetapkan. Perbandingan volume pelarut dengan simplisia berkisar antara 6:1 sampai 8:1. Pelarut yang telah dimasukkan, tidak langsung disirkulasikan tetapi dibiarkan lebih dulu untuk merendam simplisia. Hal ini dilakukan untuk memberikan kesempatan yang sebesar-besarnya kepada pelarut memasuki seluruh pori-pori dalam simplisia sehingga mempermudah proses ekstraksi. Perkolasi dilakukan sekaligus dengan perendaman simplisia di dalam tangki selama sirkulasi pelarut berlangsung. Perkolasi dilakukan dengan mengalirkan pelarut dari dalam tangki perkolasi menuju tangki separasi agar masuk kembali dalam *balance tank*. Dari *balance tank* ekstrak dipanaskan dengan *heat exchanger* dan kemudian masuk kembali melalui bagian atas tangki perkolasi. Perkolasi dilakukan dengan mengalirkan pelarut dari atas ke bawah. Pengaliran itu melalui bantuan pipa, pompa, dan *balance tank*. Selama disirkulasikan pelarut dan ekstrak dipanaskan di dalam *heat exchanger* oleh *steam*. Sirkulasi dilakukan selama dua sampai tiga jam. Setelah proses ekstraksi selesai, maka ekstrak cair dipisahkan dengan cara evaporasi. Di dalam unit ekstraksi ini juga terdapat kondensor untuk menampung uap dari pelarut yang ada di tangki perkolator. Kondensor ini berhubungan langsung dengan pompa vakum sehingga uap akan lebih mudah mengalir ke kondensor. Di dalam kondensor terdapat pipa air yang dialiri oleh *cooling water* sehingga fasa uap menjadi fasa cair kembali. Selain itu air dari kondensor juga didinginkan dalam *heat exchanger* oleh *ice water* sehingga air menjadi bersuhu 10⁰ C. Air yang telah didinginkan dikembalikan lagi ke kondensor dan dialirkan menuju tangki penampung kondensat dan masuk dalam tangki separasi untuk bercampur lagi dengan ekstrak.

Setiap sub tahap dalam proses produksi jamu ekstrak, akan melibatkan mesin produksi yang bersifat semi-otomatis, dan sebagian dilakukan secara manual. Masalah yang timbul, terkait

dengan bagaimana kesesuaian interaksi manusia terhadap mesin dan lingkungan kerja, yang mendukung kenyamanan, kesehatan serta keselamatan kerja atau seperti pendapat Grandjean (1988) *fitting the task to the man*, seperti apa yang dikemukakan oleh Sritomo (2000). Oleh karena itu perlu dirancang ulang suatu sistem automasi yang terintegrasi dengan lingkungan kerja. Proses pembuatan jamu ekstrak tersebut dapat dilihat secara data diagram alir di lampiran.



Gambar 14 Mesin Ekstraksi Jamu

Sumber: <https://indonesian.alibaba.com/p-detail/SS304-316L-60660296101.html?spm=a2700.8699010.29.17.419f643djbm5sn>.

(Diakses: 20 Juni 2022)

a. Bangunan dan Fasilitas

Bangunan untuk pembuatan obat hendaklah memiliki ukuran, rancang bangun, konstruksi, serta letak yang memadai agar memudahkan dalam pelaksanaan kerja, pembersihan, dan pemeliharaan yang baik. Rancang bangun dan tata letak ruang hendaklah dapat mencegah risiko tercampurnya obat atau komponen obat yang berbeda, kemungkinan terjadinya kontaminasi silang oleh obat atau bahan-bahan

lain, serta risiko terlewatnya salah satu langkah dalam proses produksi. Lokasi bangunan hendaklah sedemikian rupa untuk mencegah terjadinya pencemaran dari lingkungan sekitarnya seperti pencemaran dari udara, tanah, air, maupun kegiatan di dekatnya. Gedung hendaklah dibangun dan dipelihara agar terlindung dari pengaruh cuaca, banjir, rembesan melalui tanah, serta masuk dan bersarangnya binatang kecil, tikus, burung, serangga, dan hewan lainnya.

Area yang terdapat dalam industri farmasi diklasifikasikan menjadi beberapa macam sesuai peruntukannya. CPOB membagi area tersebut menjadi 7, sebagai berikut:

| <i>Sterile Product</i> | Aktivitas | | <i>Nonsterile product</i> | Aktivitas |
|------------------------|--|---|---------------------------|--|
| | Sterilisasi akhir | Aseptik | | |
| A | Pengisian produk dengan risiko tinggi | Preparasi dengan pengisian secara aseptik | | |
| B | Latar belakang untuk A | | | |
| C | Preparasi larutan atau pengisian produk dengan risiko lebih rendah | Preparasi larutan yang akan difilterisasi | | |
| D | Preparasi larutan untuk proses pengisian | Penanganan komponen setelah pencucian | E | Ruang pengolahan pengemasan primer termasuk salep kecuali salep mata |

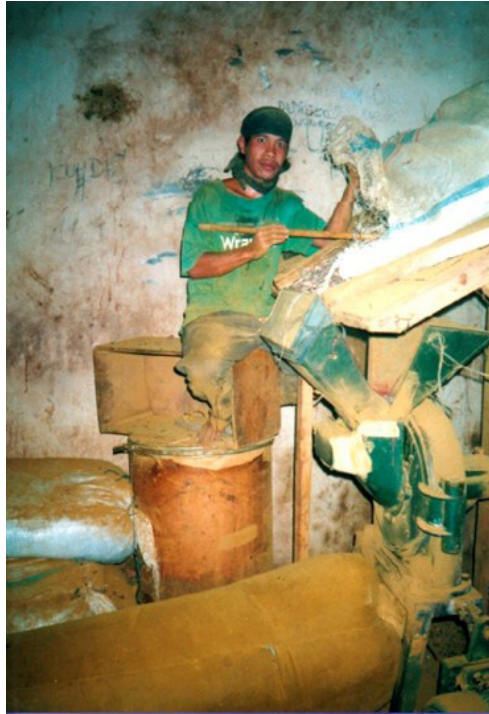
| | | | | |
|--|--|--|----------|---|
| | | | F | Pengemasan sekunder |
| | | | G | Gudang, Laboratorium, Ruang ganti masuk kelas F |

Tiap area memiliki persyaratan tertentu untuk dapat melakukan fungsinya. Untuk menjamin persyaratan tersebut, maka dibuatlah sistem AHU (*Air handling Unit*) yang bertujuan untuk mengatur:

- 1) Jumlah partikel di udara.
- 2) Jumlah mikroba di udara.
- 3) Pertukaran udara dalam ruang.
- 4) Kecepatan udara.
- 5) *Air flow pattern*.
- 6) Filter.
- 7) Perbedaan tekanan antar-ruang.
- 8) Temperatur dan kelembapan.

Jenis bahan untuk desain lantai juga perlu diperhatikan. Rancangan bangunan dan konstruksi peralatan hendaklah memenuhi persyaratan, yaitu permukaan peralatan yang bersentuhan dengan bahan baku, produk antara, produk olahan, atau obat jadi tidak boleh bereaksi, mengadisi, atau mengabsorpsi, yang dapat mengubah identitas, mutu, dan kemurniannya di luar masing-masing area. Pada area produksi dan ruang steril, permukaan lantai dikehendaki tidak boleh berpori sehingga beton harus dilapisi dengan epoksi atau poliuretan. Pada area gudang, cukup digunakan beton padat yang bersifat menahan debu. Pada ruang laboratorium, desain lantai dapat menggunakan beton berlapis vinil dengan sambungan agar kedap air atau ubin keramik yang bersifat

tahan terhadap bahan kimia. Pada area pengemasan sekunder cukup digunakan ubin keramik.



Gambar 17 Ruang produksi jamu yang tidak sesuai standar



Gambar 18 Ruang Produksi Jamu yang sesuai standar

Sumber: <https://hima.pwk.its.ac.id/memproyeksi-peluang-industri-biofarmaka-nasional/>. (Diakses: 20 Juni 2022)

b. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan obat hendaklah memiliki rancang bangun dan konstruksi yang tepat, ukuran yang memadai, serta ditempatkan dengan tepat. Hal ini bertujuan agar mutu yang dirancang bagi tiap produk obat terjamin secara seragam, serta memudahkan pembersihan dan perawatannya. Sebagai contoh, timbangan tidak boleh melebihi batas yang telah ditentukan. Untuk menjamin hal ini dipersyaratkan peralatan terbuat dari baja setara SS 304 atau 316. Selain itu, permukaan bahan yang kontak dengan produk juga tidak boleh men deposit debu. Adapun filter yang digunakan untuk cairan tidak diperkenankan melepaskan serat. Pengadaan peralatan harus mempertimbangkan kesesuaian penggunaan untuk produksi/pengujian obat, terbuat dari material yang memenuhi persyaratan serta aman dalam penggunaannya. Semua ini tercantum dalam *User Requirements Specification* (URS).

Peralatan harus ditempatkan sedemikian rupa untuk memperkecil digunakan *flexible hose* yang mudah dibersihkan, disanitasi, dan dipanaskan. Pipa juga harus berlabel jelas, menjelaskan isinya, dan menerangkan arah. Seluruh peralatan hendaknya dapat dibersihkan dengan mudah dari kemungkinan pencemaran silang bahan di daerah yang sama. Perawatan peralatan dilakukan menurut jadwal yang tepat dan sesuai dengan prosedur yang tertulis agar tetap berfungsi dengan baik dan mencegah pencemaran yang dapat mengubah identitas, mutu, atau kemurnian produk. Sebelum dilakukan pemakaian rutin, peralatan harus dikualifikasi desain dan instalasinya. Selain itu, alat ukur yang digunakan juga harus dilakukan kalibrasi. Pada saat operasi dan pemakaian rutin, peralatan harus dikualifikasi

kinerjanya, dikalibrasi berkala, dirawat, dan diperbaiki jika rusak.



Gambar 19 Ruang produksi dan peralatan produksi

Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=R-VTmaupo8Y>. (Diakses: 6 Mei 2022)

c. Sanitasi dan Higiene

Tingkat sanitasi dan higiene yang tinggi hendaklah diterapkan pada setiap aspek pembuatan obat. Ruang lingkup sanitasi dan higiene meliputi personalia, bangunan, peralatan dan perlengkapan, bahan produksi serta wadahnya, dan setiap hal yang dapat merupakan sumber pencemaran produk. Sumber pencemaran hendaklah dihilangkan melalui suatu program sanitasi dan higiene yang menyeluruh dan terpadu. Selain itu, prosedur sanitasi dan higiene hendaknya divalidasi dan dievaluasi secara berkala untuk memastikan bahwa prosedur yang diterapkan cukup efektif dan memenuhi persyaratan.

Kontaminasi merupakan hal yang harus dihindari atau diminimalkan semaksimal mungkin. Kontaminasi dapat terjadi dari lingkungan ke produk, dari produk ke lingkungan, ataupun dari faktor manusia pada saat proses pembuatan obat dari awal sampai akhir. Ruangan dan peralatan harus

senantiasa dibersihkan dengan memperhatikan beberapa faktor, di antaranya adalah lama pembersihan, suhu, dan jenis bahan pembersih. *Higienitas* dari setiap operator yang terlibat langsung dalam proses pembuatan obat dapat dilakukan dengan kepedulian perusahaan yang selalu memperhatikan segala macam atribut yang dikenakan operator. Pakaian bersih yang selalu terjadwal penggantianannya akan sangat membantu dalam pembentukan obat yang berkualitas tinggi. Perusahaan dapat mengoptimalkan petugas bagian kebersihan pakaian atau memakai jasa dari pihak yang bersertifikasi dalam pencucian pakaian secara higienis dengan mengatur periode penggantian pakaian minimal dua kali seminggu. Operator harus benar-benar bersih, mereka dilarang bekerja apabila menggunakan kosmetik yang berlebihan, mengidap penyakit infeksi, luka terbuka, gatal, bisul, atau penyakit kulit dan lain sebagainya. Dengan keadaan bersih dan sehat, operator dapat kembali bekerja.

Alat Pelindung Diri (APD) pada tiap pekerja harus memenuhi persyaratan tertentu. APD terdiri dari topi, pakaian kerja, masker, sarung tangan, dan alas kaki yang secara umum harus bersih dan tidak rusak. Pakaian kerja harus dikancingkan dan tidak boleh ada yang sobek. Pakaian kerja juga tidak boleh digunakan di selain area produksi. Dalam menangani produk yang belum terkemas, pekerja wajib menggunakan masker.

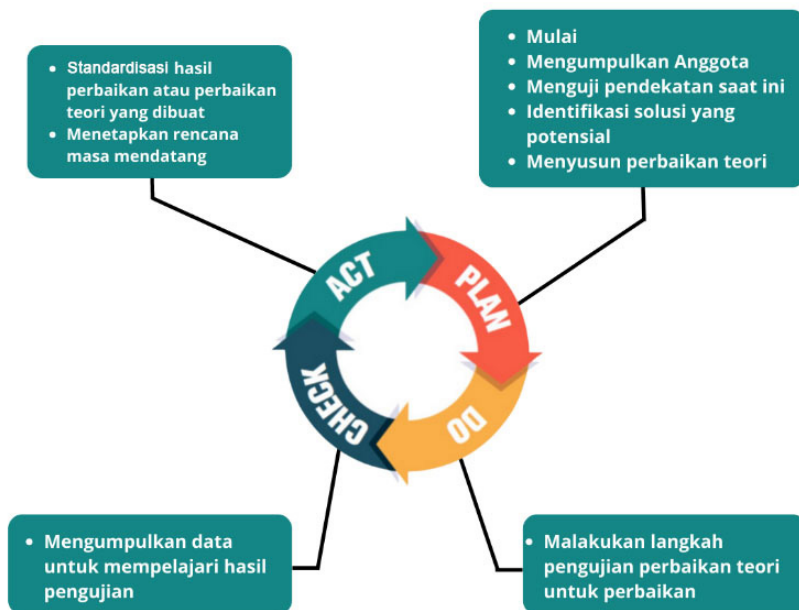


Gambar 20 Perilaku Hidup Bersih dan Sehat

Sumber: <https://environment-indonesia.com/personal-hygiene-phbs-tips/>.
(Diakses: 20 juni 2022)

d. Produksi

Produksi obat hendaklah dilaksanakan dengan mengikuti prosedur yang telah ditetapkan dan memenuhi spesifikasi yang sudah ditetapkan melalui status *release* oleh bagian *quality control* dan diberi label. Kegiatan yang berkaitan dengan produksi, baik itu *processing* maupun pengemasan, harus selalu mengikuti pedoman yang disebut PPI (Prosedur Pengolahan/Pengemasan Induk). PPI akan selalu diperbaharui secara berkala untuk disesuaikan dengan standar GMP, disesuaikan dengan alat yang dipunyai (jika ada alat baru), dan untuk menjaga keseragaman serta kualitas produk yang dihasilkan dari waktu ke waktu. PPI disusun oleh *Supervisor* dari tiap bagian (solid, semisolid, dan pengemasan), kemudian diperiksa oleh *Production Manager* dan *QA Supervisor*, serta disetujui oleh *IQC Manager*.



Gambar 21 PDCA untuk menjaga performa dan kualitas

e. Pengawasan Mutu

Pengawasan mutu adalah bagian yang esensial dari Cara Pembuatan Obat yang Baik (CPOB) untuk memastikan tiap obat yang dibuat senantiasa memenuhi persyaratan mutu yang sesuai dengan tujuan penggunaannya. Sistem pengawasan mutu hendaklah dirancang dengan tepat untuk menjamin bahwa setiap obat mengandung bahan yang benar. Proses pembuatannya mengikuti prosedur standar sehingga obat tersebut senantiasa memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan untuk identitas, kadar, kemurnian, mutu, dan keamanannya. Pengawasan mutu meliputi semua fungsi analisis yang dilakukan di laboratorium, termasuk pengambilan contoh serta pemeriksaan dan pengujian dari bahan awal, produk antara, produk ruahan, dan obat jadi.

Selain itu, dilakukan juga pengawasan dan pengendalian lingkungan yang terdiri dari pemantauan kualitas air dan pemantauan lingkungan produksi. Kegiatan lainnya yang dilakukan dalam pengawasan mutu adalah pengawasan dalam proses, pengawasan dalam pengemasan, pengawasan hasil kemasan, pengujian stabilitas, evaluasi terhadap keluhan dan obat yang dikembalikan, serta evaluasi terhadap pemasok (*vendor audit*).



Gambar 22 Pengujian Lab untuk menjaga mutu produk

Sumber: <https://ponorogo.go.id/2022/04/17/direktur-akafarma-sudahkah-semua-jamu-melalui-uji-praktik-dan-uji-klinik/>. (Diakses: 21 Juni 2022)

f. Inspeksi Diri dan Audit Mutu

Inspeksi diri adalah audit yang dilakukan oleh internal perusahaan untuk memastikan pemenuhan terhadap ketentuan Cara Pembuatan Obat yang Baik (CPOB) dan peraturan pemerintah. Penyelenggaraan audit mutu berguna sebagai pelengkap inspeksi diri. Program inspeksi diri hendaklah dirancang untuk mendeteksi kelemahan dalam pelaksanaan CPOB dan untuk menetapkan tindakan perbaikan yang diperlukan. Tim inspeksi ditunjuk oleh

manajemen perusahaan yang terdiri dari sekurang-kurangnya tiga orang yang ahli di bidang pekerjaannya dan paham mengenai CPOB. Inspeksi diri hendaklah dilakukan secara independen dan rinci oleh petugas yang kompeten dari perusahaan. Inspeksi diri hendaklah dilakukan secara rutin, di samping pada situasi khusus, misalnya dalam hal terjadi penarikan kembali obat jadi atau terjadi penolakan yang berulang. Semua saran untuk tindakan perbaikan supaya dilaksanakan. Prosedur dan catatan inspeksi diri hendaklah didokumentasikan dan dibuat program tindak lanjut yang efektif (Priyambodo, 2007)

Tujuan inspeksi diri dalam meningkatkan mutu adalah untuk memeriksa keandalan sistem manajemen mutu. Kemudian mengidentifikasi akar permasalahan. Setelah memahami permasalahan, kemudian memperbaiki alokasi sumber daya. Dengan hal tersebut tentunya akan menghindarkan masalah besar yang potensial. Dan yang paling penting adalah untuk perbaikan yang *sustainable*.

g. Penanganan Keluhan terhadap Obat

Keluhan merupakan komunikasi tertulis, elektronik, atau verbal terkait dengan tidak terpenuhinya syarat identitas, kualitas, stabilitas, keamanan, dan efektivitas dari obat. Terdapat dua jenis keluhan, yaitu keluhan mutu teknis yang berasal dari pihak ketiga mengenai obat yang telah beredar di pasaran dan keluhan medis mengenai cacat kualitas yang berhubungan dengan reaksi obat yang tidak diinginkan. Dalam menangani keluhan, bagian Pemastian Mutu bertanggung jawab untuk menangani keluhan, termasuk koordinasi dalam investigasi dan respons terhadap keluhan.

h. Dokumentasi

Dalam industri farmasi, produsen harus dapat menunjukkan bahwa obat telah dirancang dan dibuat dengan

kualitas baik. Oleh karena itu, produsen tidak hanya bertindak untuk memproduksi saja, tetapi produsen juga harus dapat menunjukkan dokumentasi melalui pencatatan, data mentah, laporan analisis, laporan penyelidikan, dan dokumen lainnya. Oleh karena itu, dokumentasi sangat penting dilakukan di industri farmasi.

Fungsi dokumentasi pada industri farmasi adalah:

- 1) Sebagai sistem informasi dan merupakan bagian penting dari pemastian mutu.
- 2) Untuk menghindari kesalahan/kekeliruan yang umumnya timbul karena hanya mengendalikan komunikasi lisan.
- 3) Untuk mengetahui tahapan yang sedang dikerjakan.
- 4) Untuk memberikan rekaman data.
- 5) Sebagai dokumen legal untuk regulator.
- 6) Untuk memenuhi persyaratan internal maupun eksternal.

Dalam pembuatan dokumen, terdapat beberapa prinsip yang harus dilaksanakan, yaitu:

- 1) Dokumen disiapkan, dikaji, dan didistribusikan dengan cermat.
- 2) Dokumen disetujui dan ditandatangani oleh personel yang berwenang.
- 3) Judul dan tujuan jelas, isi dokumen tidak berarti ganda.
- 4) Penampilan dokumen rapi dan mudah diperiksa.
- 5) Reproduksi dokumen harus jelas.
- 6) Revisi dokumen dilakukan secara berkala.
- 7) Dokumen tidak ditulis tangan.

Dalam penanganan dokumen, harus diterapkan prinsip rapi. Jika ada dokumen yang ingin dipakai, sebaiknya harus dipersiapkan terlebih dahulu. Dokumen yang sedang dipakai

diletakkan dalam map plastik, sedangkan dokumen yang belum diperlukan harus diletakkan dalam folder atau lemari. Dokumen rujukan segera dikembalikan ke tempat awal bila telah selesai dipakai (Nash, 2003).

h. Pembuatan dan Analisis berdasarkan kontrak

Pembuatan dan analisis berdasarkan kontrak harus dibuat secara benar, disetujui, dan dikendalikan untuk menghindari kesalahpahaman yang dapat menyebabkan produk atau pekerjaan dengan mutu yang tidak memuaskan. Dalam pembuatan kontrak secara tertulis, harus dibuat secara jelas tanggung jawab dan kewajiban masing-masing pihak, yaitu pihak pemberi kontrak dan pihak penerima kontrak. Kontrak yang dibuat harus menyatakan secara jelas prosedur pelulusan tiap jenis produk untuk diedarkan yang menjadi tanggung jawab penuh kepala bagian Pemastian Mutu. Kontrak tertulis harus mencakup pembuatan dan analisis yang dikontrakkan dan semua pengaturan teknis yang terkait. Selain itu, harus tercantum juga usul perubahan dalam pengaturan teknis atau pengaturan lain yang sesuai dengan izin edar produk. Di dalam kontrak juga harus tercantum izin untuk pemberi kontrak dalam mengaudit sarana dari penerima kontrak. Khusus untuk analisis berdasarkan kontrak, pelulusan akhir harus diberikan kepada kepala bagian Manajemen Mutu (Pemastian Mutu) pemberi kontrak. Pihak pemberi kontrak harus bertanggung jawab untuk menilai kompetensi penerima kontrak dan memastikan bahwa penerima kontrak memahami sepenuhnya aspek-aspek yang berkaitan dengan produk atau analisis. Pemberi kontrak menyediakan semua informasi yang diperlukan kepada penerima kontrak dan memastikan bahwa semua produk yang diproses dan bahan yang dikirimkan oleh penerima kontrak telah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan.

i. Kualifikasi dan Validasi

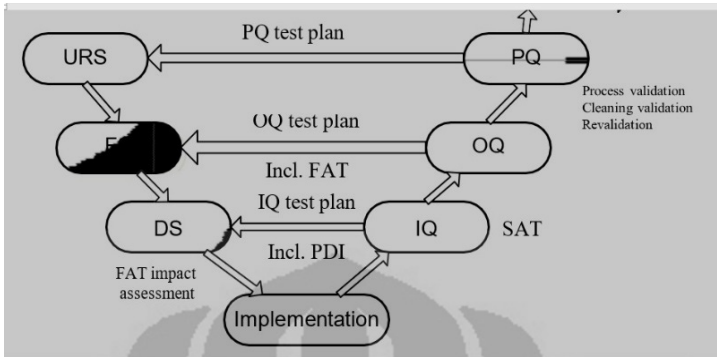
Kualifikasi dan validasi merupakan bagian penting dari pemastian mutu sehingga CPOB mensyaratkan industri farmasi untuk melakukan identifikasi validasi yang perlu dilakukan dan sebagai bukti pengendalian terhadap aspek kritis dari kegiatan yang dilakukan. Perubahan signifikan terhadap fasilitas, peralatan, dan proses yang dapat memengaruhi mutu produk hendaklah dilakukan revalidasi. Dalam melakukan validasi, pendekatan kajian risiko yang digunakan dalam menentukan ruang lingkup validasi adalah pada aspek kritis yang memengaruhi mutu produk. Validasi didefinisikan sebagai tindakan membuktikan dan mendokumentasikan bahwa seluruh proses, prosedur, dan metode telah secara benar dan konsisten memberikan hasil yang diperkirakan. Kualifikasi didefinisikan sebagai tindakan membuktikan dan mendokumentasikan semua sistem dan peralatan telah secara benar terpasang dan atau bekerja secara benar dan memberikan hasil yang diperkirakan. Kualifikasi berhubungan dengan fasilitas, sistem, dan peralatan sedangkan validasi berhubungan dengan proses. Kualifikasi dapat menjadi bagian awal dari proses suatu validasi, sehingga fasilitas, sistem, dan peralatan harus dikualifikasi agar proses dapat tervalidasi secara sah.

Rencana Induk Validasi (RIV) merupakan gambaran kegiatan validasi, organisasi, dan rencananya yang berisi:

- 1) Kebijakan validasi.
- 2) Organisasi untuk aktivitas validasi, termasuk pelatihan.
- 3) Deskripsi fasilitas, sistem, peralatan, proses yang akan divalidasi (secara umum).
- 4) Format dokumen yang meliputi protokol validasi, laporan, dan cara penomoran termasuk perencanaan.

5) Kendali perubahan.

6) Referensi.



Gambar 23 Diagram V untuk Kualifikasi

Validasi proses pembersihan adalah tindakan pembuktian bahwa prosedur pembersihan yang ditetapkan mampu dipergunakan untuk pembersihan alat secara konsisten, meyakinkan, dan hanya menyisakan residu hingga tingkat yang diperbolehkan. Validasi pembersihan mutlak dilaksanakan untuk situasi ketika meminimalkan residu sangat diperlukan, misalnya pada alat yang dipakai untuk multiproduk. Validasi pembersihan dilakukan untuk membuktikan bahwa prosedur pembersihan telah bekerja secara efektif untuk tujuan pembersihan. Dalam melakukan validasi pembersihan, pemilihan produk yang akan divalidasi menggunakan *worst case assessment*, yang ditetapkan berdasarkan:

- 1) Lini proses (termasuk bagian yang kontak langsung dengan produk/zat aktif).
- 2) Toksisitas dan risiko keamanan pada pasien.
- 3) Kelarutan zat aktif.
- 4) Jumlah produk yang dibuat dengan peralatan tersebut.
- 5) Waktu tunggu.

Validasi metode analisis bertujuan untuk memastikan metode analisis sesuai dengan tujuan penggunaannya. Dalam melakukan validasi metode analisis, harus ditentukan status kualifikasi dan kalibrasi instrumen, ketersediaan baku pembanding, plasebo, pereaksi, serta analis yang kompeten, terlatih dan mengerti prosedur analisis yang akan divalidasi dan protokol validasi. Protokol validasi metode analisis mencakup tujuan, ruang lingkup, tanggung jawab, prosedur, dan kriteria penerimaan. Dalam validasi metode analisis, parameter yang ditentukan adalah selektivitas, linearitas, akurasi, presisi, limit deteksi (LOD) dan limit kuantitasi (LOQ).

Kesimpulannya, pelaksanaan validasi proses di industri jamu dilakukan oleh bagian validasi. Sebelum pelaksanaan validasi proses, perlu dilakukan kualifikasi terhadap alat, mesin, sistem, fasilitas serta validasi terhadap metode analisis dan metode pembersihan. Selain itu perlu dibuat protokol validasi proses produksi dan telah mendapat persetujuan dari manajer QA untuk dilaksanakan.

4. *Hazard Analysis Critical Control Poin (HACCP)*

Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) Menurut SNI 01-4852-1998. Pada bagian pertama dokumen ini menetapkan prinsip-prinsip sistem analisa bahaya dan pengendalian titik kritis (HACCP). Bagian kedua, menetapkan pedoman umum untuk penerapan sistem tersebut, sementara itu penerapan secara terperinci untuk pengakuan dapat bervariasi tergantung dari keadaan operasi pangan. HACCP dapat diterapkan pada seluruh rantai pangan dari produk primer sampai dengan konsumsi akhir dan penerapannya harus dengan pedoman serta bukti secara ilmiah terhadap risiko kesehatan manusia. Selain meningkatkan keamanan pangan, penerapan HACCP dapat

memberikan ketentuan lain yang penting. Selanjutnya penerapan sistem HACCP dapat membantu inspeksi oleh lembaga yang berwenang dan memajukan perdagangan internasional melalui peningkatan kepercayaan keamanan pangan.

a. Prinsip-prinsip HACCP

HACCP adalah pendekatan pencegahan untuk mengendalikan semua bahaya fisik, kimia, dan biologi yang mungkin ada selama pengolahan pangan. Industri yang menginginkan pengendalian bahaya dalam seluruh tahap produksi untuk menghasilkan produk yang aman, harus menganalisis bahaya yang mungkin terdapat dalam bahan baku, tahap-tahap proses serta mengendalikan bahaya tersebut agar dapat ditekan seminimal mungkin sehingga keberadaannya pada produk pangan juga minimal dan memenuhi persyaratan keamanan pangan (Dewanti, 2013).

HACCP memiliki tujuh prinsip yang terdiri dari:

- Prinsip 1 : Mengidentifikasi potensi bahaya yang berhubungan dengan proses produksi bahan pangan pada semua tahapan hingga produk pangan dikonsumsi.
- Prinsip 2 : Menentukan titik atau tahapan prosedur operasional yang dapat dikendalikan untuk menghilangkan dan mengurangi terjadinya suatu bahaya.
- Prinsip 3 : Menetapkan batas kritis yang harus dicapai untuk menjamin bahwa CCP (*Critical Control Point*) berada dalam kendali.
- Prinsip 4 : Menetapkan sistem pemantauan atau pengendalian dari CCP dengan cara pengamatan.
- Prinsip 5 : Menetapkan tindakan perbaikan yang dilaksanakan jika hasil pemantauan menunjukkan bahwa CCP tertentu tidak terkendali.
- Prinsip 6 : Menetapkan prosedur verifikasi yang mencakup pengujian tambahan serta prosedur penyesuaian yang menyatakan bahwa HACCP berjalan dengan baik.

Prinsip 7: Mengembangkan dokumentasi mengenai semua prosedur dan pencatatan yang tepat untuk prinsip-prinsip dan penerapannya.

b. Pedoman Penerapan Sistem HACCP

Sebelum menerapkan HACCP pada setiap sektor rantai pangan, sektor tersebut harus sudah menerapkan Prinsip Umum Higiene Pangan dari Codex, Pedoman Praktis dari Codex yang sesuai, serta peraturan keamanan pangan terkait. Tanggung jawab manajemen adalah penting untuk menerapkan sistem HACCP yang efektif. Selama melaksanakan identifikasi bahaya, penilaian dan pelaksanaan selanjutnya dalam merancang dan menerapkan sistem HACCP, harus dipertimbangkan dampak dan bahan baku, bahan tambahan, cara pembuatan pangan yang baik, peran proses pengolahan dalam mengendalikan bahaya, penggunaan yang mungkin dari produk akhir, kategori konsumen yang berkepentingan dan bukti-bukti empiris yang berkaitan dengan keamanan pangan.

Sistem HACCP adalah untuk memfokuskan pada Titik Kendali Kritis. Perancangan kembali operasi harus dipertimbangkan jika terdapat bahaya yang harus dikendalikan, tetapi tidak ditemukan Titik Kendali Kritis. HACCP harus diterapkan terpisah pada setiap operasi tertentu. Titik Kendali Kritis yang diidentifikasi pada setiap contoh yang diberikan dalam setiap pedoman praktik higiene dari codex mungkin bukan satu-satunya yang diidentifikasi untuk suatu penerapan yang spesifik atau mungkin berbeda jenisnya.

Penerapan HACCP harus ditinjau kembali dan dibuat perubahan yang diperlukan jika dilakukan modifikasi dalam produk untuk proses atau tahapannya. Penerapan HACCP juga perlu dilaksanakan secara fleksibel, yaitu perubahan

yang tepat disesuaikan dengan memperhitungkan sifat dan ukuran dari operasi.

c. Penerapan HACCP

Penerapan prinsip-prinsip HACCP terdiri dari tugas-tugas berikut sebagaimana terlihat pada tahap-tahap penerapan HACCP.

d. Pembentukan tim HACCP

Operasi pangan harus menjamin bahwa pengetahuan dan keahlian spesifik produk tertentu tersedia untuk pengembangan rencana HACCP yang efektif. Secara optimal, hal tersebut dapat dicapai dengan pembentukan sebuah tim dari berbagai disiplin ilmu. Apabila beberapa keahlian tidak tersedia, diperlukan konsultan dari pihak luar. Adapun lingkup dari program HACCP harus diidentifikasi. Lingkup tersebut harus menggambarkan segmen-segmen mana saja dari rantai pangan tersebut yang terlibat dan penjenjangan secara umum bahaya-bahaya yang dimaksudkan, yaitu hanya meliputi jenjang bahaya atau hanya jenjang tertentu.

e. Deskripsi produk

Penjelasan dari produk harus dibuat termasuk informasi dari langkah-langkah sebelum pemanasan, saat pemanasan, dan sesudah pemanasan selama perlakuan HACCP pada setiap TKK.

f. Identifikasi rencana penggunaan

Rencana penggunaan harus didasarkan pada kegunaan-kegunaan yang diharapkan dari produk oleh pengguna produk atau konsumen.

g. Penyusunan Bagan Alir

Bagan alir harus disusun oleh tim HACCP. Diagram alir harus memuat segala tahapan dalam operasional produksi. Bila HACCP diterapkan pada suatu operasi tertentu, harus

dipertimbangkan tahapan sebelum dan sesudah operasi tersebut.

h. Konfirmasi Bagan Alir di Lapangan

Tim HACCP, sebagai penyusun bagan alir harus mengonfirmasikan operasional produksi dengan semua tahapan dan jam operasi serta bila diperlukan dapat melakukan perubahan pada bagan alir.

5. *Critical Control Point (CCP)*

Critical Control Point merupakan langkah pengendalian dapat diterapkan dan diperlukan untuk mencegah atau menghilangkan bahaya atau mengurangnya sampai pada titik aman. Titik kendali kritis yaitu dapat berupa bahan mentah, lokasi, praktik, prosedur, atau pengolahan dimana pengendalian dapat diterapkan untuk mencegah dan mengurangi bahaya. Terdapat dua titik pengendalian kritis yaitu:

- a. Titik Pengendalian Kritis 1 (CCP-1), adalah sebagai titik di mana bahaya dapat dihilangkan.
- b. Titik Pengendalian Kritis 2 (CCP-2), adalah sebagai titik di mana bahaya dikurangi.

C. Sistem Mutu dengan HACCP

Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) adalah sebuah pendekatan yang sistematis untuk mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan bahaya (Who, 1992). Sistem ini menawarkan pendekatan yang rasional untuk mengendalikan *microbiological hazards* yang ditemukan dalam makanan, mencari adanya kelemahan-kelemahan saat dilakukan pemeriksaan, serta menyelenggarakan uji *microbiological*.

Hal ini didasarkan pada penerapan *common-sense* dari prinsip-prinsip teknik dan ilmu pengetahuan. Sistem HACCP yang sistematis dan *science based* dapat mengidentifikasi bahaya-bahaya spesifik

dan langkah-langkah pengendaliannya untuk menjamin keamanan jamu. HACCP adalah sebuah *tool* untuk mengkaji bahaya dan menetapkan sistem pencegahan yang bergantung pengendalian yang fokus pada pencegahan daripada bergantung dari pengujian produk jadi. Setiap sistem HACCP mampu mengakomodasi perubahan, seperti desain peralatan yang maju, prosedur pemrosesan atau perkembangan teknologi. HACCP dapat diterapkan di seluruh rantai jamu dari produksi primer hingga konsumen akhir dan penerapannya seharusnya dipandu oleh bukti ilmiah dari risiko terhadap kesehatan manusia.

Masalah keamanan jamu merupakan masalah penting dan perlu mendapat perhatian khusus dalam program pengawasan jamu. Pengawasan jamu yang mengandalkan pada uji produk akhir tidak dapat mengimbangi kemajuan yang pesat dalam industri jamu dan tidak dapat menjamin keamanan makanan yang beredar di pasaran. Oleh karena itu, dikembangkan suatu sistem jaminan keamanan jamu yang disebut Analisis Bahaya dan Pengendalian Titik Kritis (*Hazard Analysis Critical Control Point*) yang merupakan suatu tindakan *preventif* yang efektif untuk menjamin keamanan jamu.



Gambar 24 Skema Hazard Analysis Critical Control Point

Sumber: https://www.pdfprof.com/PDF_Image.php?id=44802&t=37.

(Diakses: 2 Mei 2022)

D. Pendekatan HACCP

Ada tiga pendekatan penting dalam pengawasan mutu jamu:

1. *Food Safety* dan Keamanan Jamu

Aspek-aspek dalam proses produksi yang dapat menyebabkan timbulnya penyakit atau bahkan kematian. Masalah ini umumnya dihubungkan dengan masalah biologi, kimia, dan fisika.

2. *Wholesomeness* dan Kebersihan

Merupakan karakteristik-karakteristik produk atau proses dalam kaitannya dengan kontaminasi produk atau fasilitas sanitasi dan higiene.

3. *Economic Fraud* dan Pemalsuan

Adalah tindakan-tindakan yang ilegal atau penyelewengan yang dapat merugikan pembeli. Tindakan ini mencakup di antaranya pemalsuan *species* (bahan baku), penggunaan bahan tambahan yang berlebihan, berat tidak sesuai dengan label, *overglazing*, dan jumlah komponen yang kurang seperti yang tertera dalam kemasan.

1. Manfaat HACCP

Manfaat penerapan HACCP pada produksi jamu ekstrak antara lain:

- a. Menjamin keamanan jamu
- b. Memproduksi produk jamu yang aman setiap saat;
- c. Memberikan bukti sistem produksi dan penanganan produk yang aman;
- d. Memberikan rasa percaya diri pada produsen akan jaminan keamanannya;
- e. Memberikan kepuasan pada pelanggan akan konformitasnya terhadap standar nasional maupun internasional.
- f. Mencegah kasus keracunan jamu, sebab dalam penerapan

sistem HACCP bahaya-bahaya dapat diidentifikasi secara dini, termasuk bagaimana tindakan pencegahan dan tindakan penanggulangannya.

- g. Mencegah dan mengurangi terjadinya kerusakan produksi atau ketidakamanan jamu, yang tidak mudah bila hanya dilakukan pada sistem pengujian akhir produk saja.
- h. Dengan berkembangnya HACCP menjadi standar internasional dan persyaratan wajib pemerintah, produk memiliki nilai kompetitif di pasar global.
- i. Memberikan efisiensi manajemen keamanan jamu karena sistemnya sistematis dan mudah dipelajari, sehingga dapat diterapkan pada semua tingkat bisnis jamu.

2. Tujuan HACCP

- a. Untuk menjamin bahwa produksi jamu aman setiap saat;
- b. Merupakan bukti sistem produksi dan penanganan produk yang aman;
- c. Memberi rasa percaya diri pada produsen akan jaminan keamanan produknya;
- d. Memberikan kepuasan kepada customer akan konformitasnya pada standar nasional dan internasional;
- e. Memenuhi standar dan regulasi pemerintah;
- f. Penggunaan sumber daya secara efektif dan efisien.

3. Kelemahan HACCP

- a. Jika HACCP tidak diterapkannya secara benar, tidak akan menghasilkan sistem jaminan keamanan yang efektif .
- b. HACCP selalu menuntut "*food safety*" menjadi prioritas dalam integritas sistem manajemen mutu lainnya.
- c. Hanya dilaksanakan oleh satu orang atau kelompok kecil industri tanpa sedikit input dari seluruh divisi dalam industri

Lingkup HACCP dianggap sempit yaitu hanya terfokus pada keamanan jamu dan juga hanya untuk jamu.

E. Penerapan HACCP pada Industri Farmasi

Dalam Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 131 dan Menkes dan SK dan II dan 2004 tentang Sistem Kesehatan Nasional (SKN) disebutkan bahwa pengembangan dan peningkatan obat tradisional ditujukan agar diperoleh obat tradisional yang bermutu tinggi, aman, memiliki khasiat nyata yang teruji secara ilmiah, dan dimanfaatkan secara luas, baik untuk pengobatan sendiri oleh masyarakat atau digunakan dalam pelayanan kesehatan formal. Dalam Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 381 dan Menkes dan SK dan III dan 2007 tentang Kebijakan Obat Tradisional Nasional (KOTRANAS) antara lain disebutkan penggunaan obat tradisional di Indonesia merupakan bagian dari budaya bangsa dan banyak dimanfaatkan masyarakat sejak berabad-abad yang lalu. Mengingat hal tersebut dan menyadari bahwa Indonesia sebagai megasenter tanaman obat di dunia, maka ditetapkan KOTRANAS sebagai acuan bagi semua pihak.

Kemudian untuk memperoleh proses yang baik dan produk yang berkualitas, maka dibutuhkan sebuah program yang efektif. Seperti yang sudah dibahas sebelumnya bahwa HACCP merupakan sebuah pendekatan yang sangat baik dalam melakukan pengendalian bahaya dalam proses industri farmasi dan jamu, meski dalam penerapannya memerlukan:

1. Komitmen manajemen. Keberhasilan penerapan dan implementasi sistem HACCP sangatlah tergantung pada manajemen sebagai penanggung jawab tertinggi. Mereka harus menyatakan komitmen tidak hanya dalam kata-kata, tetapi juga dalam tindakan. Dengan demikian, segala sumber daya yang diperlukan untuk mendukung implementasi HACCP harus disediakan baik manusia maupun peralatan,

sarana, dokumentasi, informasi, metode, lingkungan, bahan baku, dan waktu.

2. Pembentukan tim HACCP. Setelah pimpinan puncak mempunyai komitmen manajemen terhadap program keamanan jamu, maka mereka membentuk tim HACCP yang bertugas dan bertanggung jawab dalam hal perencanaan, penerapan dan pengembangan sistem HACCP.
3. Pelatihan tim HACCP. Individu personel yang terpilih dalam tim HACCP kemudian diberi pelatihan (*training*) mengenai prinsip-prinsip HACCP dan cara implementasinya (misalnya tentang *hazard* dan analisisnya, peran titik kendali kritis dan batas kritis dalam menjaga keamanan jamu, prosedur *monitoring* dan tindakan koreksi yang harus dilakukan seandainya ada penyimpangan. Pelatihan dan pendidikan ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan (*knowledge*) dan mengembangkan keahlian (*skill*) personel yang bersangkutan guna memperlancar pelaksanaan pekerjaan yang menjadi tanggung jawabnya.
4. Deskripsi produk. Tim HACCP yang telah dibentuk dan disusun selanjutnya harus mendeskripsikan dan menggambarkan secara menyeluruh terhadap produk jamu yang akan dibuat dan diproduksi. Dalam hal ini keterangan atau karakteristik yang lengkap mengenai produk harus dibuat, termasuk keterangan mengenai komposisi (*ingredient*), formulasi, daya awet, dan cara distribusinya.
5. Identifikasi penggunaan dan konsumennya. Kemudian tim HACCP harus mengidentifikasi tujuan penggunaan produk. Tujuan penggunaan produk harus didasarkan pada konsumen atau pengguna akhir dari produk tersebut.
6. Penyusunan bagan dan diagram alir proses. Bagan dan diagram alir proses harus disusun oleh tim HACCP. Setiap tahap dalam proses tertentu harus dianalisis untuk menyusun

bagian alirnya. Dalam menerapkan HACCP untuk suatu proses, pertimbangan harus diberikan terhadap tahap sebelum dan sesudah proses tersebut. Tujuan dibuatnya alir proses adalah untuk menggambarkan tahapan proses produksi secara dalam industri jamu yang bersangkutan serta untuk melihat tahapan proses produksi tersebut menjadi mudah dikenali. Bagan dan diagram alir proses ini selain bermanfaat membantu tim HACCP dalam melaksanakan tugasnya.

7. Menguji dan memeriksa kembali diagram alir proses. Tim HACCP harus menguji dan memeriksa kembali diagram alir proses yang sudah dibuat. Dalam hal ini, tim HACCP harus menyesuaikan kegiatan proses pengolahan yang sebenarnya (di pabrik) dengan bagan alir proses pada setiap tahap dan waktu proses, dan jika perlu mengubah diagram alir proses bila ditemukan hal-hal yang tidak sesuai atau kurang sempurna.
8. Menerapkan tujuh prinsip HACCP yang harus diterapkan, yaitu:
 - a. Membuat daftar bahaya yang mungkin timbul sejak di proses persiapan bahan jamu, pematangan bahan, pengolahan, sampai proses pengepakan. Dengan mengidentifikasi potensi bahaya fisik, kimiawi, ergonomis, mekanis, listrik, dan biologis) dapat ditetapkan risiko dan cara pencegahannya pada proses pembuatan jamu. Melakukan identifikasi bahaya dari penyiapan bahan baku yang berkualitas, pengolahan jamu sampai pengepakan. Mengidentifikasi bahaya fisik seperti suhu, kebisingan, pencahayaan, bahaya ergonomik, adanya aktivitas yang berulang, posisi tubuh yang tidak ergonomik dan adanya bahaya kimiawi karena hasil dari pengolahan bahan baku jamu dengan pendekatan HACCP.

- b. Menetapkan titik kendali kritis (CCP = *critical control point*). Ini adalah sebuah langkah dalam produksi makanan untuk mencegah dan menghilangkan atau menurunkan potensi bahaya sampai ke tingkat yang bisa diterima.
- c. Menetapkan batas dan limit kritis untuk setiap titik kendali kritis (CCP). Menetapkan batasan mana bahaya yang dapat diterima dan mana bahaya yang susah untuk diterima. Ada ukuran standar yang menjadi rujukan ukuran.
- d. Menetapkan sistem dan prosedur pemantauan untuk setiap CCP. *Monitoring* secara berkesinambungan untuk melihat titik yang diukur masih dalam kondisi yang terkendali. *Monitoring* yang baik akan memberikan informasi kepada perusahaan untuk memberikan solusi dan perbaikan atau membuat suatu sistem atau pendekatan baru.
- e. Menetapkan tindakan koreksi terhadap ukuran yang tidak sesuai. Tindakan koreksi harus segera dilakukan jika ada batasan nilai yang terlampaui. Jika sudah diketahui adanya kondisi tersebut, perusahaan segera melakukan koreksi dan perbaikan oleh tenaga ahli dari perusahaan.
- f. Menetapkan prosedur verifikasi untuk membuktikan bahwa sistem HACCP berjalan dengan baik dan benar. Tindakan verifikasi untuk mengevaluasi kesesuaian dengan rencana HACCP seperti dilakukan *kalibrasi* pada alat pengujian sampling bahan baku atau rekaman proses pengujian. Pada prinsipnya, prosedur verifikasi adalah memastikan sistem HACCP berjalan dengan efektif.
- g. Membuat catatan dan dokumentasi. Rekaman adalah sumber data dan informasi yang dapat digunakan untuk

memberikan masukan kepada manajemen mengenai riwayat perubahan bahan, proses yang terjadi, dan adanya masalah yang akan menimbulkan potensi bahaya. Catatan data yang praktis dan teliti merupakan hal yang penting dalam penerapan sistem HACCP.

F. Kenyamanan, Kesehatan, dan Keselamatan dalam Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja termasuk semua keadaan yang terdapat di sekitar tempat kerja, akan memengaruhi pekerja, baik secara langsung atau tidak. Lingkungan kerja yang dimaksud adalah ruang perajangan dan ekstraksi yang digunakan untuk memproduksi jamu yang berada dalam bangunan pabrik. Menurut Pulat (1992), Cheremisinoff (1995), Bridger (1995), dan Mundel (1994) lingkungan kerja terdiri dari pencahayaan, kebisingan, getaran, suhu dan kelembapan ruangan kerja, sirkulasi udara, debu serta bau-bauan, dalam hal ini bau bahan jamu yang cukup merangsang. Tingkat kebisingan, getaran, debu, temperatur dan kelembapan ruangan, mengacu kepada NAB (nilai ambang batas) yang diatur oleh pemerintah RI. Bridger (1995) menganggap bahwa manusia atau pekerja, tempat kerja dan mesin-mesin automasi merupakan bagian dari lingkungan kerja. Selanjutnya Bridger (1995), Mundel (1994), Niebel (1993), dan Osborne (1982) menyatakan bahwa lingkungan kerja, manusia, dan mesin automasi akan saling memengaruhi dan berinteraksi dalam menentukan keberhasilan kerja. Oleh karena itu, perlu ada kesesuaian antara tempat kerja, pekerja, dan sistem automasi.

Setiap pekerjaan akan menimbulkan ketegangan (*stress*) dan tekanan (*strains*) yang memengaruhi keterampilan dan sikap (Bennett & Rumondang, 1995). Beban suatu pekerjaan akan bisa lebih bertambah jika faktor lingkungan kerja tidak mendukung. Suatu pekerjaan biasanya dilakukan dalam suatu lingkungan atau situasi, yang menjadi beban tambahan pada jasmani dan rohani tenaga kerja. Menurut

Sumakmur (1991) faktor fisik dan faktor kimia merupakan faktor penyebab beban tambahan. Beberapa faktor fisik yang menyebabkan gangguan pada pekerja adalah: kebisingan, radiasi, getaran mekanis, suhu lingkungan, pencahayaan, dan bau-bauan di tempat kerja.

Hal itu akan mengakibatkan rendahnya tingkat kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Tujuan utama perancangan ulang sistem automasi dalam lingkungan kerja adalah agar para pekerja dapat melakukan tugasnya dengan nyaman, sehat, dan selamat sehingga proses produksi dapat berjalan dengan efisien dan efektif. Selanjutnya kualitas dan kuantitas produksi akan meningkat sehingga dapat menaikkan nilai tambah secara ekonomi bagi industri yang bersangkutan. Kenyamanan dalam hal ini adalah kondisi yang dirasakan oleh manusia ketika bekerja atau berinteraksi dengan mesin dan lingkungan kerjanya. Kondisi tersebut meliputi keadaan postur dan organ tubuh, termasuk pancaindra dalam posisi normal sesuai dengan keterbatasan dan kemampuan manusiawi yang dimiliki pekerja. Hal ini berarti organ tubuh tenaga kerja tersebut tidak mendapat tekanan, tidak menanggung beban, dan tidak menerima paparan yang berlebihan dari prosedur pekerjaan, tempat kerja, dan lingkungan pekerjaannya (Apple, 1990; Bridger, 1995; dan Woodside & Kocurek, 1997).

Contoh dalam pekerjaan antara lain adalah pencahayaan tidak menyilaukan mata, namun cukup memenuhi kebutuhan dalam pekerjaan. Temperatur ruangan yang dianggap nyaman adalah 20–25°C, tidak ada sumber kebisingan, tidak ada debu yang berlebihan, dan tidak ada bau-bauan yang menyengat (Bridger, 1995; Pulat, 1992).

Kesehatan kerja adalah derajat kesehatan yang diusahakan melalui tindakan promotif, preventif, dan kuratif terhadap kemungkinan timbulnya penyakit akibat kerja dan gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh faktor pekerjaan serta lingkungan kerja. Menurut Bridger (1995, 2003), prosedur kerja yang kurang efisien dan tempat

atau ruangan kerja yang kurang ergonomis seperti tata letak bahan baku, mesin, dan meja-kursi, dapat menimbulkan kelelahan, kejang, atau sakit pada bagian otot tertentu *cumulative trauma disorder* (CTD). Paparan bahan kimia tertentu, tingkat kebisingan, suhu ruangan, kelembapan, debu di tempat kerja, atau getaran mesin kerja yang sama atau bahkan melampaui ambang batas, dapat menimbulkan kegelisahan, perasaan kurang nyaman, dan lebih lanjut akan menjadi salah satu penyebab penyakit akibat kerja (Scott, 1995; LaDou, 1990; Zenz, 1994). Begitu pula dengan bau-bauan yang sangat menyengat, cahaya di ruang kerja yang menyilaukan atau kurang memadai, dan ventilasi atau sirkulasi udara yang kurang sempurna, dapat menjadi salah satu penyebab timbulnya penyakit akibat kerja. Kesehatan kerja meliputi pengendalian berbagai bahan berbahaya dan beracun serta sumber penyakit akibat kerja yang dihasilkan selama proses maupun limbah dari proses produksi.

Setiap pekerja harus mendapatkan jaminan keselamatan dan keamanan kerja dari perusahaan. Hal tersebut perlu diperhatikan agar dapat meningkatkan ketenangan kerja. Tujuannya adalah untuk mencegah cacat dan kematian sebagai akibat dari kecelakaan kerja. Keyserling (1988) menekankan tanggung jawab utama terhadap usaha untuk meminimalkan risiko cacat dengan cara mencegah terjadinya kecelakaan kerja dan mengendalikan paparan sumber bahaya di lingkungan kerja. Kecelakaan kerja dapat disebabkan oleh faktor fisik dan faktor kimia. Faktor fisik tersebut dapat berupa tergores, terpotong, tertusuk, terjepit, tertimpa, tersandung, atau terjatuh, yang terkait erat dengan mesin, peralatan, dan bahan kerja. Faktor penyebab kimiawi misalnya tersiram, terhirup, tersemprot, terkontaminasi, tertelan, atau terkena kulit, oleh bahan kimia yang termasuk berbahaya dan beracun. Akar penyebab utamanya dapat dikategorikan menjadi mesin kerja, kondisi tempat, prosedur dan lingkungan kerja yang cenderung dapat menimbulkan kecelakaan kerja.

1. Pengendalian sumber bahaya di lingkungan kerja

Sumber bahaya (*hazard*) di lingkungan kerja dalam hal ini adalah debu dan kebisingan pada proses perajangan dan uap alkohol atau yang terukur sebagai *hidrokarbon* dari kegiatan penirisan hasil proses ekstraksi. Usaha perbaikan dengan merancang ulang pengendalian sumber bahaya, dan pencegahan kecelakaan kerja, diterapkan dengan pendekatan ECCS (Barnes, 1990). ECCS (*eliminate, combine, change, simplify*) terdiri dari usaha untuk mengeliminasi hal-hal yang tak perlu atau dapat membahayakan, menggabungkan beberapa elemen dalam operasi kerja, mengubah atau memperbaiki tahap operasi kerja, menyederhanakan operasi kerja yang penting, dan merancang perubahan perangkat pendukung kerja. Timbulnya penyakit akibat kerja harus dicegah sedini mungkin, misalnya dengan mengadakan pengecekan kesehatan secara rutin atau berkala terhadap para karyawan atau tenaga kerja, baik sebelum maupun sesudah diterima sebagai karyawan. Sistem manajemen K3 sebaiknya dibentuk secara terstruktur dalam organisasi perusahaan. Sistem ini yang akan menangani berbagai hal yang terkait dengan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja serta masalah lingkungan (Environment, Health and Safety). Usaha eliminasi terdiri dari pengenceran (*dilution*), sirkulasi udara (*ventilation*), penyekatan (*isolation*), pengurangan (*reduction*), dan absorpsi (*absorption*).

Peralatan mesin yang digunakan pada proses pembuatan jamu ekstrak yang potensial menimbulkan bahaya (debu, getaran, kebisingan, dan alkohol) hendaknya segera diatasi. Salah satu caranya adalah dengan mengubah atau mengganti sistem, mesin, atau perlengkapan, dengan hasil rekayasa yang mampu mengeliminasi sumber bahaya tersebut, atau dianggap lebih akrab lingkungan. Automasi atau penerapan *mekatronik* dan *robotik*,

merupakan salah satu alternatif terbaik dalam menciptakan proses produksi yang nyaman, aman, sehat, dan selamat.

Pendekatan-pendekatan di atas dapat dengan fleksibel diterapkan sesuai dengan kebutuhan, kepentingan, dan pertimbangan ketersediaan dana. Tujuan utamanya adalah meningkatkan produktivitas kerja melalui pengembangan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Dalam proyek ini, akan ditekankan pada pendekatan *elimination, change, combination, protection, dan simplification*, yang diterapkan di tahap proses produksi pada ruang perajangan dan ekstraksi, pembuatan jamu ekstrak.

Perancangan ulang sistem automasi yang terintegrasi dengan lingkungan kerja yang nyaman, sehat, dan aman, tentunya akan mempertimbangkan hal-hal tersebut di atas. Dengan demikian, tujuan optimalisasi produktivitas kerja melalui meningkatkan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja, akan dapat tercapai dengan relatif murah.

2. Pencahayaan di lingkungan kerja

Pencahayaan yang baik akan memungkinkan pekerja melihat objek-objek yang dikerjakannya secara jelas, cepat, dan mudah. Permasalahan pencahayaan meliputi kemampuan manusia untuk melihat sesuatu, sifat-sifat dari indra mata, usaha-usaha yang dilakukan untuk mencermati objek dengan lebih baik dan pengaruhnya terhadap lingkungan kerja yang nyaman. Kerja mata yang berlebihan karena kekurangan cahaya, dapat menjadi sebab kelelahan mental. Gejala-gejalanya meliputi sakit kepala, dan penurunan kemampuan intelektual, daya konsentrasi serta kecepatan berpikir. Lebih dari itu jika pekerja berusaha mendekatkan mata ke objek untuk memperbesar ukuran benda, akomodasi mata dipaksakan dan mungkin berakibat pada pandangan menjadi kabur serta sakit kepala. Maka dengan

pencahayaan yang baik memungkinkan seorang bekerja lebih teliti, cepat, dan efisien. Menurut Suma'mur (1989) luminasi lapangan penglihatan yang terbaik adalah dengan kekuatan terbesar di tengah daerah kerja. Perbandingan penyebaran luminasi pada lapangan penglihatan yang kurang terpenuhi, memungkinkan terjadinya kesilauan. Terdapat beberapa jenis intensitas kesilauan yang mengakibatkan kelelahan, tergantung dari beberapa faktor, antara lain luminasi sumber cahaya dan sekitarnya, yaitu langit-langit yang perlu diberi warna muda dan disinari secukupnya, ukuran dari sumber cahaya, lokasi sumber cahaya pada lapangan penglihatan.

Selain sumber cahaya, pemantulan sinar oleh permukaan juga dapat menyebabkan kesilauan. Maka dari itu, perlu juga diperhatikan dalam pencahayaan supaya terhindar dari kesilauan. Pencegahan kesilauan dapat dilakukan antara lain dengan pemilihan lampu secara tepat dengan mempertimbangkan kedudukan seseorang. Penempatan sumber-sumber cahaya terhadap meja, mesin, dan juga memperhitungkan letak jendela sebagai sumber cahaya alami. Penggunaan alat-alat pelapis bahan kerja yang tidak memantulkan ulang cahaya atau tidak mengkilat, dan penyaringan sinar matahari secara langsung.

Menurut Darmasetiawan (1991), dalam merencanakan instalasi pencahayaan ada lima kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan pencahayaan yang baik, yaitu memenuhi fungsi mata supaya dapat melihat dengan jelas dan nyaman. Penerapan secara terpadu kelima kriteria itu akan menghasilkan adanya suatu pencahayaan tempat kerja dengan kualitas yang optimal. Kelima kriteria tersebut adalah kuantitas atau jumlah cahaya pada permukaan tertentu (*lighting level*) atau tingkat pencahayaan, distribusi kepadatan cahaya (*luminance distribution*), pembatasan cahaya agar tidak menyilaukan mata (*limitation of glare*), arah

pencahayaan dan pembentukan bayangan (*light directionality and shadows*), dan warna cahaya dan refleksi warnanya (*light colour and colour rendering*). Di samping itu ada kriteria keenam yang cukup memengaruhi tercapainya pencahayaan yang optimal, yaitu kondisi ruang dan tata letak serta iklim ruangan.

Tingkat kuat pencahayaan (*illumination/ iluminasi*) sebagian besar ditentukan oleh kuat cahaya yang jatuh pada luas bidang permukaan dan dinyatakan sebagai iluminasi rata-rata. Iluminasi rata-rata dalam lux adalah arus cahaya yang dipancarkan (F) dalam lumen (lm) dibagi dengan luas bidang atau area (A) dalam m².

$$E \text{ (lux)} = \frac{F \text{ (lumen)}}{A \text{ (m}^2\text{)}} \dots\dots\dots (1)$$

Luminasi rata-rata adalah tingkat kuat pencahayaan yang diukur secara horizontal dan vertikal untuk suatu ruangan atau suatu bidang kerja dengan ketinggian 75 cm dari permukaan lantai. Arus cahaya adalah kuantitas cahaya total yang dipancarkan setiap detik oleh sumber cahaya dalam satuan lumen. Perhitungan instalasi pencahayaan suatu ruangan perlu mempertimbangkan keharmonisan ruang yang berupa faktor refleksi pencahayaan dari langit-langit, dinding, mebel, dan lantai. Faktor refleksi lantai minimum 15%, langit-langit minimum 60%, dinding 30% serta mebel minimum 20%. Perencanaan instalasi pencahayaan harus memperhitungkan depresiasi hasil pancaran sumber cahaya, yang akan menurun dari waktu ke waktu, karena unsur usia dan juga karena lampu atau reflektor tertutup debu. Berdasarkan hal itu, maka hasil perhitungan perlu dikalikan dengan 1,25 (*maintenance factor*), sebagai konstanta depresiasi pancaran cahaya.

Harten (1985) merekomendasikan tingkat kuat pencahayaan untuk melaksanakan kegiatan tertentu dalam tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1 Besarnya Iluminasi untuk Berbagai Kegiatan

| No | Jenis Kegiatan | Iluminasi minimal (Lux) |
|----|--|-------------------------|
| 1 | Tingkat cahaya minimum untuk bekerja (untuk pekerjaan kasar) | 250 |
| 2 | Ruangan yang tidak digunakan terus-menerus untuk pekerjaan (tangga, gang ruang tunggu) | 150 |
| 3 | Pekerjaan halus (pekerjaan pemasangan halus, menyetel mesin bubut otomatis, pekerjaan bubut halus) | 1000 |
| 4 | Pekerjaan sangat halus (pembuatan jam tangan, instrumen kecil dan halus, mengukir) | 2500 |

Proses perajangan dan ekstraksi dapat dikategorikan sebagai pekerjaan kasar, tetapi terkait dengan penerapan sistem automasi yang terintegrasi dalam lingkungan kerja, maka diharapkan berkisar dari 250 sampai 500 Lux. Perhitungan perancangan pencahayaan dalam lingkungan kerja, mengacu pada Harten (1985), meliputi intensitas pencahayaan (E), efisiensi pencahayaan, efisiensi armatur, faktor-faktor refleksi, faktor penyusutan atau faktor depresiasi, indeks ruangan, dan indeks bentuk. Perencanaan intensitas pencahayaan harus sesuai dengan tempat dan sifat pekerjaan yang dilakukan. Tinggi bidang kerja tergantung jenis peralatan yang dipergunakan. Menurut tabel 1 di atas, luminasi yang baik untuk pekerjaan kasar di industri antara 250–500 Lux. Intensitas pencahayaan (E) dinyatakan dalam satuan Lux, sama dengan jumlah luminasi / m^3 . Jadi lux cahaya yang diperlukan untuk suatu bidang kerja seluas (A) m^2 dirumuskan sebagai berikut:

$$F = E \times A \text{ lm} \dots \dots \dots (2)$$

F = Flux cahaya

E = Intensitas Pencahayaan

Arus cahaya yang dipancarkan lampu tidak semuanya mencapai bidang kerja, tetapi banyak yang diserap oleh bidang lain di ruangan. Banyaknya lux cahaya yang diserap oleh dinding, atap dan lantai tergantung pada faktor refleksinya, yang turut menentukan rendemen atau efisiensi pencahayaan. Perancangan ulang pencahayaan, pada prinsipnya hanya menghitung jumlah titik lampu yang diperlukan untuk setiap ruang kerja. Perencanaan tersebut dibuat untuk mendukung tempat kerja yang baik (khususnya pencahayaan ruangan) yang diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan dan keamanan kerja dalam rangka untuk meningkatkan produktivitas kerja. Menurut Harten (1985), armatur lampu dapat dibagi menurut beberapa cara, yaitu berdasarkan sifat pencahayaannya (armatur untuk pencahayaan langsung, sebagian besar langsung, sebagian besar tak langsung, dan langsung).

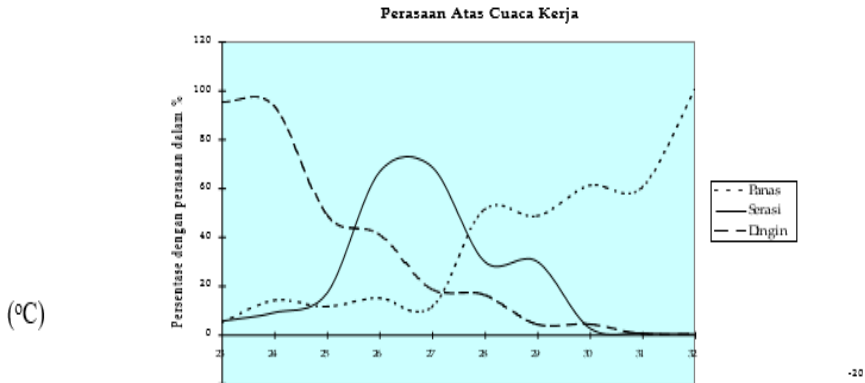
Bentuk sumber cahaya dan armatur harus sedemikian rupa sehingga tidak menyilaukan mata. Bayang-bayang harus ada, tetapi tidak boleh terlalu tajam. Konstruksi armatur harus sedemikian rupa sehingga ada cukup sirkulasi udara untuk menyingkirkan panas yang ditimbulkan oleh sumber cahaya. Karena itu harus ada cukup banyak lubang di bagian bawah dan bagian atas armatur. Suhu armatur tidak boleh menjadi sedemikian tinggi hingga dapat menimbulkan kebakaran atau merusak isolasi. Efisiensi pencahayaan secara langsung adalah yang terbaik. Cahaya yang dipancarkan seluruhnya diarahkan ke bidang yang seharusnya diberi penerangan. Kelemahan pencahayaan langsung adalah timbulnya bayang-bayang yang tajam. Kelemahan ini dapat dikurangi dengan menggunakan sumber-sumber cahaya bentuk tabung (lampu TL), karena mempunyai intensitas cahaya cukup tinggi sehingga dapat meminimalkan jumlah lampu yang digunakan.

3. Pengondisian udara di lingkungan kerja

Suhu lingkungan kerja dipengaruhi oleh beban kalor yang ada dalam suatu ruangan yang mengakibatkan panas di lingkungan kerja. Faktor-faktor yang menyebabkan pertukaran panas di antara tubuh dengan sekitarnya adalah konduksi, konveksi, radiasi, dan penguapan. Konduksi adalah pertukaran panas antara tubuh dan benda-benda sekitar melalui sentuhan atau kontak. Konduksi dapat menghilangkan panas dari tubuh, apabila benda-benda sekitar lebih dingin. Sebaliknya dapat menambah panas tubuh, jika benda-benda di sekitarnya lebih panas dari badan manusia. Konveksi adalah pertukaran panas dari badan dengan lingkungan melalui kontak udara dengan tubuh. Udara adalah pengantar panas yang kurang baik, tetapi memungkinkan dapat terjadi pertukaran panas dengan tubuh tergantung dari suhu udara dan kecepatan angin. Konveksi memainkan peranan penting dalam pertukaran panas. Konveksi dapat mengurangi atau menambah panas tubuh manusia. Setiap benda termasuk tubuh manusia selalu memancarkan gelombang panas. Radiasi adalah pancaran gelombang yang membawa tenaga melalui ruang maupun zat tertentu (KKBI). Radiasi sangat berbahaya bagi manusia. Intensitas bahaya radiasi tergantung dari seberapa sering pancaran radiasi ataupun seberapa besar radiasi terkena pada tubuh manusia.

Cuaca kerja adalah kombinasi dari suhu, kelembapan udara, kecepatan gerakan, dan suhu radiasi. Kombinasi dari keempat faktor ini dihubungkan dengan produksi panas oleh tubuh disebut tekanan panas.

Efisiensi kerja sangat dipengaruhi oleh cuaca kerja dalam daerah nikmat kerja, jadi tidak dingin atau panas. Suma'mur (1996) menunjukkan hasil angket dari beberapa tenaga kerja mengenai suhu yang memengaruhi daya kerja yang digambarkan seperti di bawah ini.



Gambar 27 Perasaan atas cuaca kerja

(Sumber: Suma'mur, 1996)

Menurut Suma'mur, suhu normal bagi orang-orang Indonesia sekitar 24–26°C. Suhu dingin mengurangi efisiensi dengan keluhan kaku atau kurangnya koordinasi otot. Suhu panas terutama berakibat menurunnya prestasi kerja pikir. Penurunan sangat hebat sesudah 32°C. Suhu panas mengurangi kelincahan, memperpanjang waktu reaksi dan waktu pengambilan keputusan, mengganggu kecermatan kerja otak, mengganggu koordinasi saraf perasa dan motoris serta memudahkan untuk dirangsang. Panas lingkungan kerja yang tinggi dapat mengakibatkan dehidrasi dan *heat stroke*.

Pabrik jamu memproduksi bahan yang dikonsumsi oleh masyarakat harus memenuhi persyaratan CPOTB (Cara Pembuatan Obat Tradisional yang Benar). Pengondisian udara di dalam bangunan dapat menjamin obat tradisional selama proses pengolahan tidak tercemar, baik oleh bahan-bahan biologis seperti mikroba, parasit, bahan kimia maupun kotoran lainnya (Dep. Kes.R.I, 1996). Sesuai dengan persyaratan tersebut, maka segala peralatan yang digunakan dalam proses produksi harus dipilih yang mudah dibersihkan dan dipelihara agar tidak mencemari

yang diolah. Salah satu peralatan produksi adalah mesin pendingin yang harus memenuhi syarat, yaitu 1) mudah dibersihkan, 2) tidak berbahaya bagi pekerja dan produk, dan 3) tidak menimbulkan pencemaran kepada produk. Selain itu, dalam pemilihan jenis mesin pendingin yang digunakan, harus memperhatikan faktor kenyamanan, higienitas, dan artistik. Kenyamanan udara yang dihasilkan mesin penyegar udara dapat membuat pekerja merasa nyaman sehingga meningkatkan produktivitas kerja. Faktor lain yang penting adalah higienitas. Karena ruang produksi ekstraksi adalah ruang kelas III, kebersihan atau higienitas harus terjaga. Zat yang bisa menyebabkan berkurangnya higienitas adalah debu, asap, dan gas-gas dari ruang produksi lain.

Salah satu penanggulangannya adalah dengan pemisahan ruang, penggunaan mesin yang terpisah yang dilengkapi dengan filter terhadap udara yang masuk. Pemisahan ruang dapat mengisolasi kotoran atau pencemar dari ruang lain atau proses lain. Sistem penyegar udara yang digunakan juga harus terpisah sehingga udara dari satu ruang tidak bercampur dengan udara ruang lain. Pencampuran udara dari ruang satu dengan ruang lain akan mengakibatkan pencemaran. Udara masuk ke ruang produksi harus melalui filter atau saringan sehingga kotoran yang bercampur udara dapat dibersihkan. Udara atmosfer terdiri dari nitrogen, oksigen, karbon dioksida, uap, dan lainnya, termasuk kotoran seperti debu dan gas yang bersifat korosif. Kotoran tersebut dapat masuk ke dalam ruangan bersama-sama udara atmosfer yang diisap atau karena infiltrasi, tetapi dapat pula berasal dari dalam ruangan itu sendiri. Kesalahan sering dibuat dengan membuat suhu terlalu rendah yang dapat menimbulkan keluhan dan kadang diikuti dengan meningkatnya penyakit pernapasan. Pengondisian udara sebaiknya menggunakan suhu pada nikmat yaitu 24–26°C. suhu yang tinggi akan mengakibatkan berbagai gangguan kesehatan antara lain *heat cramps*, *heat exhaustion*, dan

heat stroke. *Heat cramps* dialami dalam lingkungan yang suhunya tinggi sehingga keringat keluar terlalu banyak dan menyebabkan kekurangan garam natrium dalam tubuh. Gejala yang tampak dari *heat cramps* ini adalah kejang-kejang otot tubuh dan perut terasa sakit. *Heat stress* adalah lanjutan dari *heat cramp* yaitu terjadi pingsan, kelemahan, mual, dan muntah-muntah. Kelemahan dari jenis ini adalah suara akan terdengar keras dari kompresor dan kipas, serta kapasitas mesin yang tidak terlalu besar.

Khusus untuk proses pembuatan jamu ekstrak, harus diasumsikan bahwa kebocoran debu pada proses perajangan, dan kebocoran uap alkohol atau yang terukur sebagai hidrokarbon saat proses penyaringan ekstrak sudah dapat dikendalikan. Selain itu, telah semua alat penghisap debu dapat berfungsi secara penuh dan semua proses produksi berjalan secara automasi serta dalam kondisi terisolasi dengan baik.

G. Psikologi Teknologi

Psikologi teknologi (*engineering psychology*), merupakan cabang psikologi yang mengkaji hal-hal yang terkait dengan proses dan produk hasil teknologi modern. Cautela dan Kearney (1984) memberi batasan berupa kajian terhadap perilaku manusia yang terkait erat dengan peralatan, perlengkapan, mesin-mesin (*hardware*); program komputer, sistem automasi dan robotik (*controle*), tampilan tombol panel pengendali mesin (*complex display*) atau ikon di layar komputer (*software*), yang merupakan bagian dari sistem manusia-mesin yang melibatkan proses transfer informasi antara keduanya (*human information processing*). Perilaku manusia (*humanware*) yang terkait dengan sistem mesin yang berkarakter teknologi modern, meliputi kepuasan kerja, produktivitas kerja, motivasi kerja, dan di sisi lain adalah tekanan beban kerja, kebosanan, kelelahan, kejenuhan, ketidaknyamanan, ketidaksehatan, serta ketidakamanan. *Humanware* juga meliputi berbagai keterbatasan, kapabilitas, performansi dan

kompetensi manusia dalam menggunakan serta saling menyesuaikan diri terhadap berbagai perangkat (keras dan lunak) yang berteknologi modern.

Dalam hal ini mesin diinterpretasikan sesuatu yang digunakan manusia, sebagai hasil kreasi dan inovasi dari para insinyur, analis, dan programer komputer, arsitek, pengembang pendidikan dan latihan, serta para perancang atau desainer lainnya. Hasilnya dapat berupa proses produksi, prosedur kerja, beban kerja, dan kemasan, berupa produk-produk baru, iklan (*human information processing*), peralatan tangan, atau tata-letak ruangan dalam pabrik (Cautela & Kearney, 1984). Psikologi teknologi di industri akan membantu manusia untuk menemukan kesesuaian diri (apa yang diperkenankan, dilarang, yang menyebabkan gagal atau keberhasilan) terhadap penggunaan berbagai peralatan berteknologi baru. Proses operasi teknologi modern tersebut biasanya membutuhkan lebih banyak keterampilan pengindraan (*high altitude and more complex sensing*), pemrosesan, pengontrolan, meliputi *input* (stimulus) terhadap operator dan manajemen *output* (respons). Teknologi modern tersebut biasanya juga menimbulkan banyak dampak terhadap kondisi lingkungan kerja yang cenderung kurang menguntungkan karena dapat berfungsi sebagai stresor. Penting kiranya untuk menyesuaikan performansi manusia yang dipengaruhi oleh adanya tekanan kondisi lingkungan kerja tersebut. Misalnya adalah tekanan dari percepatan mesin, getaran, kebisingan, tekanan dan temperatur udara, cahaya yang menyilaukan, bau yang menyengat, atau udara yang kurang sehat (kekurangan oksigen, adanya bahan kimia berbahaya dan beracun, jamur, bakteri, virus dan lain-lain); yang disebabkan oleh polutan baik yang bersifat fisik, kimia, atau biologis.

Menurut Chapanis (1976) psikologi teknologi (*engineering psychology*) terutama memperhatikan penemuan dan penerapan informasi tentang perilaku manusia dalam kaitannya dengan

mesin-mesin, peralatan, pekerjaan, dan lingkungan kerja. Tujuan akhir psikologi teknologi adalah membantu dalam rancangan dari peralatan, tugas-tugas, tempat-tempat kerja, dan lingkungan kerja yang sedemikian rupa sehingga mereka merupakan pasangan yang paling tepat bagi kemampuan dan keterbatasan tenaga kerja. Chapanis selanjutnya mengatakan bahwa dalam teknologi terdapat faktor-faktor manusia (*human factor*) yang perlu diperhatikan antara lain unjuk kerja (*performance*), motivasi, kepuasan kerja, perilaku manusia, dan pelatihan dalam sistem mesin-manusia. Psikologi teknologi memandang pekerja sebagai suatu konstanta psikologis dan biologis yang mengandung banyak kecakapan dan keterbatasan yang ditentukan oleh pembawaan. Psikologi teknologi mempunyai tugas mengubah mesin-mesin dan alat-alat yang digunakan manusia dalam pekerjaan, atau lingkungan tempat bekerja, agar menjadi lebih sesuai, nyaman, aman, dan sehat bagi manusia.

Psikologi teknologi dikelompokkan dalam psikologi keterampilan yang menangani pengolahan informasi dan pengambilan keputusan dan psikologi kejuruan yang menangani pelatihan, upaya, dan perbedaan individual. Sasaran dari teknologi faktor-faktor manusia (*human factor*) adalah menunjang peningkatan efisiensi dan efektivitas (*work productivity*) dalam penggunaan objek-objek fisik dan fasilitas untuk memelihara atau menunjang nilai-nilai manusia tertentu yang baik (*desirable*). Hal tersebut meliputi *input, output, coding, feedback, and information channel*, dan yang terkait dengan proses di dalamnya (misalnya: kenyamanan, kesehatan, keselamatan, kepuasan). Cakupan psikologi teknologi menekankan pada efisiensi dalam melakukan tugas pekerjaan, yang membuat berbagai macam peralatan yang disesuaikan dengan bentuk, fungsi anggota badan, dan lingkungan kerja. Melalui analisis waktu dan gerak, Gilbreth sampai pada penyederhanaan dan pembakuan kerja (*work simplification and work standardization*). Lingkungan kerja mencakup setiap hal dari fasilitas ruang di pabrik, warna, rancangan ruang, temperatur, dan

pengkondisian udara, jumlah cahaya, getaran, bau, serta suara bising di ruang kerja. Kesemuanya itu terkait erat dengan interaksi manusia mesin dan lingkungan kerja, di dalam proses produksi (Adams, 1989).

H. Automasi Proses Produksi dalam Lingkungan Kerja

Barnes (1990), Suzaki (1997) dan Pulat (1992) mengartikan automasi sebagai tingkat penggunaan mekanisasi dalam proses produksi untuk kepentingan kemudahan, penghematan biaya, dan peningkatan hasil produksi secara massal serta terstandar. Suzaki (1997), Pulat (1992), dan Sugiyanto (2000) menyatakan bahwa keberadaan sistem automasi produksi akan sangat memengaruhi bagaimana interaksi manusia dengan mesin sehingga akan berperan penting pula terhadap perancangan ulang lingkungan kerja yang ergonomis.

Meredith (1992) lebih lanjut menjelaskan bahwa automasi merupakan penggunaan perangkat mekanik dan elektronik untuk menggantikan sebagian kemampuan tenaga kerja. Keuntungan automasi adalah dapat meningkatkan produksi, menekan biaya, mengeliminasi kotoran, mengurangi kebosanan, mengatasi pekerjaan yang berulang, dan mengatasi pekerjaan yang berbahaya dengan tetap konsisten terhadap kualitas. Hal ini sejalan dengan pendapat Sugiyanto (2000) dan Barnes (1990) yang menyatakan bahwa automasi adalah tingkatan penerapan sistem mekanisasi produksi, apakah sistem manual, semi-otomatis dengan teknologi tepat guna, semi-otomatis dengan kombinasi otomatis dengan manual dalam proporsi tertentu atau automasi sepenuhnya dengan didukung perangkat operasi komputer dan mekatronik (*mechanic and electronic*). Penggunaan mekatronika dalam lingkungan kerja yang bersifat semi-otomatis atau otomatis diartikan sebagai suatu pengintegrasian *human-machine system* (Pulat, 1992) atau terkait erat dengan interaksi manusia dan mesin dalam menjalankan proses produksi (Bridger, 1995; Suzaki, 1997; dan Mundel, 1994).

Analisis terhadap fungsi manusia dan mesin didasarkan atas suatu kenyataan bahwa antara manusia dan mesin masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan (Bridger, 1995). Hal ini berarti ada beberapa pekerjaan yang akan lebih baik jika dikerjakan oleh manusia dan atau sebaliknya. Ada pula beberapa pekerjaan yang mungkin akan lebih baik bila pelaksanaannya didominasi oleh mesin. Secara umum suatu aktivitas akan lebih baik dilakukan secara normal bilamana kondisi kerja memerlukan fleksibilitas tinggi, aktivitas dapat bervariasi, dan cenderung tidak pasti (Hutchins, 1996). Di sisi lain mekanisasi atau kondisi dengan peran mesin yang dominan perlu dipertimbangkan bilamana aktivitas cenderung serba pasti, memenuhi standar, dan berulang-ulang (*repetitive works*), serta produksi secara massal.

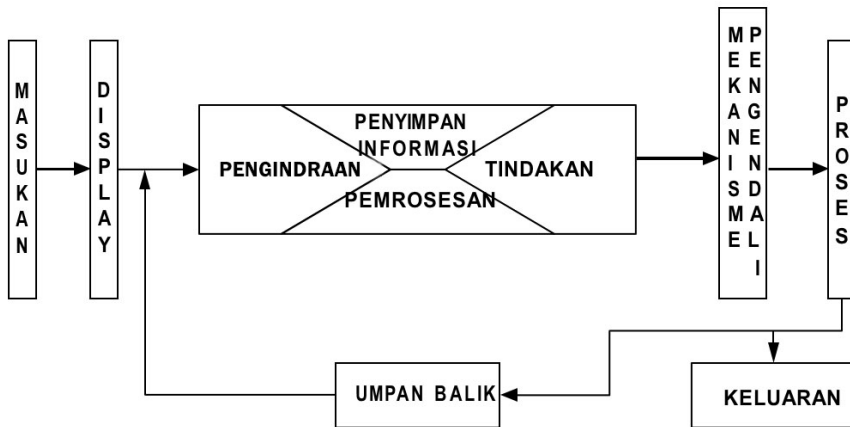
Lingkungan kerja dalam hal ini terkait dengan memproduksi jamu yang didukung oleh mesin-mesin yang dapat beroperasi secara otomatis. Mesin automasi dan manusia akan saling berinteraksi dengan bagian lingkungan kerja yang lain. Perancangan sistem automasi produksi terkait erat dalam perancangan ulang lingkungan kerja yang nyaman, sehat, dan selamat, dengan tetap mengutamakan asas produktivitas kerja (Pulat, 1992).

Wignjosoebroto (1995) mendefinisikan sistem sebagai sekelompok elemen-elemen yang terorganisir dan mempunyai fungsi yang berkaitan erat antara satu dengan lainnya untuk mencapai tujuan bersama. Sistem manusia mesin adalah kombinasi antara satu atau beberapa manusia dengan satu atau beberapa mesin, di mana salah satu dengan yang lain akan saling berinteraksi untuk menghasilkan keluaran-keluaran berdasarkan masukan-masukan yang diperoleh (Wignjosoebroto, 1995). Mesin dalam hal ini mencakup semua objek fisik seperti peralatan, perlengkapan, fasilitas, dan benda-benda yang biasa digunakan manusia dalam melaksanakan pekerjaannya. Kaitannya dengan sistem manusia mesin dikenal tiga macam

hubungan yaitu *manual man machine system*, *semi-automatic man machine system*, dan *automatic man machine system*.

Semi automatic man-machine system merupakan mekanisme khusus yang akan mengolah input atau informasi dari luar sebelum masuk ke dalam lingkungan kerja manusia. Sebaliknya reaksi yang berasal dari sistem manusia akan diolah atau dikontrol terlebih dahulu oleh suatu mekanisme tertentu sebelum diproses (Niebel, 1993).

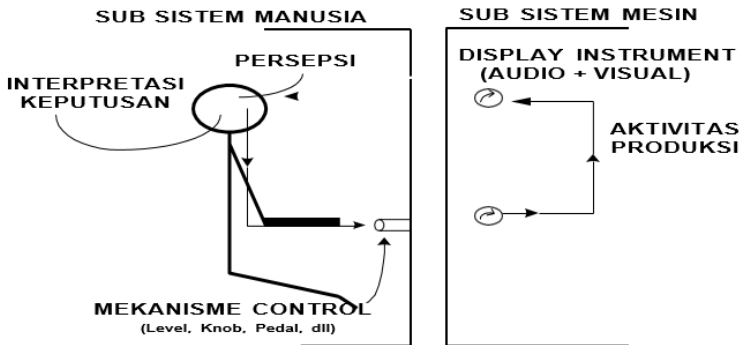
Sistem mesin akan memberikan *power* dan manusia yang melaksanakan fungsi kontrol yang dikenal sebagai sistem semi-otomatis (Wignjosoebroto, 1995; Bridger, 1995). Dalam hal ini akan dibentuk suatu lingkaran sistem yang terbuka karena umpan balik diolah dahulu oleh manusia, selanjutnya baru manusia yang akan menggerakkan mesin, seperti pada gambar berikut.



Gambar 28 Sistem Semi-otomasi dalam Hubungan Manusia-Mesin

(Sumber: Wignjosoebroto, 1995)

Di sini manusia memegang kunci utama karena keputusan akan sangat bergantung pada dirinya. Arus informasi dan arahnya seperti pada gambar 3.



Gambar 29 Interaksi Kerja dalam Sistem Manusia Mesin

(Wignjosoebroto, 1995)

Penjelasan gambar 29 tentang interaksi kerja semi-otomatis dalam manusia dan mesin tersebut di atas adalah sebagai berikut: *display* instrumen akan mencatat dan memberikan informasi mengenai perkembangan proses produksi yang berlangsung. Operator kemudian menyerap informasi ini secara visual atau suara dan mencoba menginterpretasikannya secara saksama, kemudian digunakan untuk mengambil keputusan. Langkah berikutnya operator mencoba mengomunikasikan keputusan yang telah diambilnya ke mesin dengan menggunakan mekanisme kontrol. Instrumen kontrol selanjutnya memberikan visual mengenai hasil yang telah dilakukan oleh operator dan lingkungan kerja mesin akan memberikan respons proses produksi sesuai dengan program yang telah diberikan oleh operator. Sistem otomatis ini, mesin bekerja dengan sendirinya secara *close-loop*.

Morris (1995) menyatakan bahwa automasi merupakan suatu teknik yang digunakan dalam proses produksi untuk mengurangi bahaya kerja, mengurangi biaya produksi, memperbaiki kualitas produk dan meningkatkan volume produksi. Automasi diartikan pula sebagai tingkat menggunakan mekanisasi dalam proses produksi, untuk kepentingan *safety*, kemudahan, penghematan biaya serta

peningkatan hasil produksi secara massal dan terstandar (Barnes, 1990; dan Pulat, 1992).

Automasi bertujuan untuk lebih mendukung kenyamanan, keselamatan, keamanan, dan kesehatan manusia serta di sisi lain akan memperbaiki bahkan mengatasi keterbatasan manusia dalam bidang produksi (Pulat, 1992; dan Sugiyanto, 2000). Keberadaan sistem automasi produksi ini akan sangat memengaruhi bagaimana interaksi manusia dan mesin, sehingga akan berperan penting terhadap desain ulang lingkungan kerja yang ergonomis.

Sugiyanto (2000) mengklasifikasikan sistem automasi menjadi tiga tingkatan berdasarkan kompleksitas teknologi yang digunakan dan respons yang diperlukan untuk mengoperasikan sistem. Tingkat pertama, respons yang diperlukan bersifat sederhana dengan satu aktivitas, misalnya untuk menghidupkan dan mematikan sistem dengan satu tombol *on-off*.

Tingkat kedua, respons yang diperlukan bersifat ganda dengan serangkaian aktivitas, misalnya aktivitas untuk mengoperasikan alat pengangkut barang yaitu mengaktifkan, menggerakkan, mempercepat, memperlambat, mengarahkan, menghentikan, dan menon-aktifkan. Tingkat ketiga, respons yang diperlukan bersifat kompleks karena melibatkan aktivitas yang bersifat prediksi. Seperti halnya aktivitas untuk memantau dan mengawasi sejumlah mesin, sensor, dan katup mesin ekstraksi yang beroperasi melalui *display* atau monitor untuk menjaga agar mesin-mesin itu terus beroperasi dengan lancar tanpa masalah.

Sasaran utama yang ingin dicapai dalam automasi proses produksi adalah perbaikan kinerja mesin yang nantinya dapat meningkatkan dan memperlancar proses produksi. Suzaki (1997) menjelaskan perbaikan kinerja mesin dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu perbaikan perangkat keras (*hardware*) dan perbaikan perangkat lunak (*software*). Perbaikan perangkat keras dilakukan dengan

mengembangkan mesin yang sudah ada, kemudian ditambahkan alat baru yang dapat meningkatkan kinerja mesin serta dapat mencegah terjadinya kesalahan pemasangan bahan yang dapat menyebabkan cacat produksi. Perbaikan *software* dilakukan dengan cara menambah kecerdasan (*intelegence*) buatan pada mesin untuk mengindra setiap ketidakwajaran yang terjadi selama proses berlangsung sehingga apabila terjadi ketidakwajaran yang berupa cacat produksi maka secara otomatis mesin akan dihentikan.

Pakpahan (1994) menjelaskan sistem kontrol disebut otomatis (*automatic control system*) jika sistem tersebut merupakan suatu jaringan tertutup (*close loop*) dan cara pengontrolan variabel dilakukan oleh peralatan-peralatan otomatis berupa peralatan elektris, pneumatis, mekanis maupun kombinasinya. Sistem kontrol otomatis mempunyai beberapa karakteristik penting yaitu:

1. Sistem kontrol otomatis merupakan sistem dinamis (berubah terhadap waktu) yang dapat berbentuk linier maupun nonlinier. Secara matematis kondisi ini dinyatakan oleh persamaan-persamaan yang berubah terhadap waktu, misalnya persamaan diferensial linier maupun nonlinier.
2. Bersifat menerima informasi, memprosesnya, mengolahnya, dan kemudian mengembangkannya.
3. Komponen yang membentuk sistem kontrol ini akan saling memengaruhi (berinteraksi).
4. Bersifat mengembalikan sinyal ke bagian masukan (*feedback*) dan ini digunakan untuk memperbaiki sistem. Adanya pengembalian sinyal umpan balik maka pada sistem kontrol otomatis selalu terjadi masalah stabilisasi.

Bagian-bagian dari sistem kontrol otomatis tersebut adalah sinyal input, detektor kesalahan (*error detector*), penguat (*amplifier*), penguat akhir (*actuator*), pelaku dari sistem (*plant*), sensor, dan *tranducer*.

Penjelasan masing-masing bagian dalam sistem kendali otomatis tersebut di atas adalah sebagai berikut:

1. Sinyal input, dalam sistem kontrol otomatis supaya *plant* dapat bekerja sesuai proses maka diperlukan parameter yang sesuai. Parameter yang digunakan berupa sinyal input yang dapat berupa sinyal step, sinyal ramp, sinyal parabolik, dan sinyal impuls.
2. Deteksi kesalahan (*error detector*), merupakan pendeteksi kesalahan antara sinyal *input*/ acuan dan sinyal umpan balik. Sinyal yang keluar dari alat ini diharapkan kecil.
3. Penguat (*amplifier*), sinyal kesalahan dari *error detector* masih sangat lemah sehingga perlu dikuatkan. Alat yang digunakan biasanya *op-amp*.
4. Penguat akhir (*actuator*), bisa diartikan bahwa sinyal input yang telah dikuatkan oleh *op-amp* dikuatkan lagi, tetapi *actuator* juga bisa berarti pensakelaran agar *plant* tersuplai oleh sinyal masukan. Penguat akhir sebagai penguat tingkat dua dan tiga biasanya menggunakan penguat transistor atau UJT.
5. *Plant* (pelaku dari sistem), yang dipakai biasanya berupa peralatan/komponen yang mengeluarkan efek mekanik seperti arah, putaran, kecepatan, dan posisi atau fisis yang sesuai dengan yang dibutuhkan. Peralatan yang digunakan biasanya adalah motor.

Sensor dan transduser, berdasarkan fungsinya sensor adalah alat pendeteksi saja sedangkan transduser adalah piranti yang mengubah satu bentuk energi ke bentuk energi yang lain. Misalnya LED inframerah, *photo diode*, dan *tacho generator*. Suzaki (1997) menjelaskan bahwa lampu peraga (*andon*) dipergunakan untuk membantu memperlihatkan kondisi tidak wajar dalam proses produksi. *Andon* juga dapat dipergunakan untuk pengaturan tertentu misalnya lampu hijau sebagai indikator bahwa proses berlangsung normal, tanpa gangguan, lampu kuning sebagai indikator untuk meminta bantuan

karena ada masalah dan lampu merah untuk pemberhentian jalur. Selain *andon*, ada alat lain yang digunakan untuk menunjukkan suatu kondisi tertentu misalnya *buzzer* dan kamera video. *Andon*, *buzzer*, dan kamera video memberikan fasilitas penyaluran informasi tanpa penundaan. Operasi proses produksi dikaitkan dengan sistem automasi, maka pabrik tersebut akan berfungsi sama dengan sistem saraf refleks otot.

Sistem yang berlangsung secara otomatis mengutamakan mesin yang melaksanakan fungsi menerima rangsangan dari luar (*sensing*) dan pengendali aktivitas di dalam prosedur kerja (Mundel, 1994). Sistem ini membentuk suatu lingkaran tertutup dengan umpan balik yang langsung diolah oleh mesin (atau komputer dengan sensor dan transdusernya). Fungsi operator hanyalah memonitor dan menjaga agar mesin tetap bekerja dengan baik serta memasukkan data atau mengganti dengan program-program baru apabila diperlukan.

Interaksi manusia-mesin adalah didasarkan atas kenyataan bahwa antara manusia dan mesin masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan. Hal ini berarti bahwa ada beberapa pekerjaan yang akan lebih baik dikerjakan oleh manusia dan beberapa pekerjaan lain mungkin akan lebih baik bila dikerjakan oleh dominasi mesin. Manusia dalam hal ini tetap akan terpengaruh dan berinteraksi dengan lingkungan kerjanya. Lingkungan kerja yang kurang baik biasanya diakibatkan oleh sistem rekayasa mesin yang kurang sempurna. Hal tersebut akan menimbulkan banyak potensi bahaya bagi kesehatan dan keselamatan manusia, sehingga perlu adanya integrasi antara mesin sebagai bagian utama dari sistem automasi manusia dan lingkungan kerjanya secara sinergis.

Peralatan mekatronik pendukung sistem automasi yang memenuhi syarat tersebut di atas, dewasa ini adalah PLC. *Programmable Logic Controller* (PLC) merupakan perangkat mikro kontroler yang menggunakan mikroprosesor sebagai pengolah utama dengan

penerapan sistem digital yang dapat diprogram. PLC didefinisikan sebagai suatu peralatan elektronik yang bekerja secara digital yang menggunakan memori terprogram pada bagian penyimpan perintah untuk melakukan tugas khusus seperti logika, pengurutan, pemilihan waktu, penghitungan, dan aritmetika serta pengendalian melalui peralatan masukan/keluaran analog dari berbagai jenis mesin atau proses komputer digital yang digunakan untuk melakukan fungsi pengendalian logika terprogram (Ismara, 2001).

PLC merupakan pengembangan fungsi sistem konvensional yang berbasis mekanik dan magnetik seperti halnya penggunaan magnetik kontaktor, *time-relay* yang dikombinasikan dengan teknologi komputer. Fungsi sistem konvensional tersebut dinilai bereaksi lambat karena perlu penggantian perlengkapan secara menyeluruh bila ada perubahan atau pembaharuan produksi, memerlukan instalasi pengawatan yang rumit, keandalan kurang, memerlukan perawatan yang relatif besar, modifikasi pengembangan dan perawatannya sulit, bila terjadi gangguan atau perbaikan dilakukan dengan menghentikan laju produksi sementara waktu serta konsumsi energi listrik yang besar. Komponen PLC secara lebih rinci disertai dengan kegunaan masing-masing alat dapat dilihat pada penjelasan berikut ini.

1. CPU (*central processing unit*), berfungsi untuk menyelesaikan keputusan aritmetika dan logika yang terdiri dari berbagai macam rangkaian memori untuk menyimpan program pemakai, menyimpan macam-macam tabel yang diperlukan untuk status bit dan data manipulasi serta menyimpan instruksi program untuk memberikan petunjuk kepada pemakai.
2. Modul *control unit*, berisi modul-modul rangkaian untuk membangkitkan sinyal-sinyal pengontrol CPU. Modul ini dilengkapi dengan mikroprogram yang berkapasitas 512 byte atau 2048 kata, disimpan dalam 88 bit PROM.

3. Modul catu daya, disuplai oleh tegangan masukan 115 - 230 VAC mengeluarkan tiga besaran yaitu +5 V, +12 V dan -12 V untuk memberikan suplai ke modul lainnya.
4. Aritmetika kontrol modul, berisi rangkaian yang membentuk fungsi rangkaian penghitungan dan operasi secara *logic* pada alur data dan alamat. Dasar waktu CPU adalah dari sinyal *clock* 3,2 MHz.
5. Modul-modul memori, berfungsi untuk menyimpan instruksi dan program perintah lainnya. Terdiri dari modul internal memori, register memori dan modul *logic* memori. Modul tersebut merupakan rangkaian yang terpadu dengan IC CMOS dengan daya sangat rendah. Kemampuan menyimpan 2K, 4K, atau 8K byte, bersifat labil atau mudah berubah. Tiap memori menggunakan baterai litium diode 2,95 V dengan jangka pemakaian enam bulan.
6. Modul kontrol masukan dan keluaran (I/O), sebagai penghubung CPU dengan I/O sebesar 1.000 masukan dan 1.000 keluaran dan berfungsi untuk menyalurkan perintah lainnya.
7. Program *development* terminal, merupakan alat yang digunakan untuk memasukkan, mengedit, dan melaksanakan program. Alat ini terdiri dari bagian *keyboard*, tabung CRT, dan unit perekam pita. Alat ini bekerja dalam tiga mode yaitu mode *run*, monitor, dan program.
8. *Data processing unit*, berfungsi untuk mengolah data yang dihubungkan dengan I/O. Meliputi modul kontrol data yang berisikan mikroprosesor sebagai pengolah data prosesornya dan modul *high speed counter* yang digunakan untuk mengukur dimensi, jumlah barang dan pengontrol posisi mesin.

Seperti halnya rele-rele pada sistem konvensional peralatan kendali lainnya dapat digantikan dengan simbol-simbol diagram tangga PLC untuk mempermudah pemrograman dengan simbol

mnemonic. Selanjutnya simbol tersebut akan diterjemahkan ke dalam instruksi-instruksi yang dapat dimasukkan ke dalam alat pemrogram. Setelah selesai membuat *ladder* diagram, kemudian disalin ke dalam bahasa pemrograman *statement list* yang terdiri dari *Mnemonic* dan data. Contoh *mnemonic* dan fungsinya untuk jenis PLC Procontic K. 200 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Daftar Mnemonik

| Procontic K. 200 | | |
|------------------|---|--------------------------|
| Mnemonic | | Function |
| If | ! | Start Operasi Ruang Baru |
| THEN | = | Keluaran (hasil) |
| AND | & | Operasi & <i>gate</i> |
| OR | / | Operasi OR <i>gate</i> |
| NOT | N | Fungsi <i>inverse</i> |
| Dan lain-lain | | |

Pemecahan permasalahan automasi proses produksi yang paling strategis dewasa ini hanyalah dengan menerapkan PLC. PLC adalah jembatan untuk melakukan tahapan automasi yang lebih tinggi, misalnya mekatronik dan robotik. Penggunaan automasi dengan PLC akan membatasi peranan pekerja dalam menangani proses produksi. Hal ini memungkinkan pekerja untuk dapat terhindar dari paparan berbagai sumber bahaya yang mengancam kesehatan dan keselamatan kerja di pabrik jamu ekstrak. Kenyamanan dalam penggunaan automasi terdapat pada desain ulang ruang kontrol proses produksi dan berkurangnya aktivitas manual yang cenderung melelahkan. Automasi bertujuan untuk lebih mendukung kenyamanan, keselamatan, dan kesehatan manusia yang selanjutnya akan dapat memperbaiki bahkan mengatasi keterbatasan manusia dalam bidang produksi.

I. Produktivitas Kerja

Produktivitas kerja dapat diketahui dari jumlah *output* dibagi jumlah tenaga kerja, atau dari jumlah *output* dibagi dengan jumlah waktu yang digunakan, atau jumlah *output* dibagi dengan jumlah modal untuk input (Aroef, 2000). Peningkatan produktivitas kerja dapat melalui perbaikan lingkungan kerja. Lingkungan kerja yang baik yang nyaman, sehat dan aman, pasti akan dapat meningkatkan gairah kerja atau motivasi prestasi karyawan. Perbaikan tersebut meliputi lingkungan kerja dan penerapan automasi kerja. Produktivitas kerja merupakan tujuan utama dari perusahaan. Meredith (1992) menyatakan bahwa produktivitas kerja yang baik dari suatu perusahaan tergantung dari banyak faktor. Faktor-faktor pendukung tersebut saling mempunyai keterkaitan dan hubungan satu dengan yang lainnya. Faktor-faktor yang berpengaruh dalam upaya mendukung produktivitas adalah manusia (tenaga kerja) sebagai faktor utama, proses produksi perusahaan dalam hal ini penerapan sistem automasi, dan lingkungan kerja yang ergonomis (Michael, 2001). Selain hal-hal yang tersebut di atas, produktivitas kerja juga dipengaruhi oleh faktor psikologis pekerja yang antara lain adalah pekerjaan yang menarik, upah yang baik, keamanan dan perlindungan dalam pekerjaan, kesehatan dan keselamatan kerja yang terjamin, kesetiaan pimpinan, disiplin kerja, dan kondisi fisik pekerja (Berry, 1998).

Jika semua faktor di atas terpenuhi, akan menghasilkan produktivitas kerja perusahaan yang baik. Peranan dari kesehatan dan keselamatan kerja bagi pekerja juga merupakan faktor yang penting (Aroef, 2000). Faktor penting lain yang akan dibahas adalah yang berhubungan dengan lingkungan kerja. Menurut Suma'mur (1996) dan Michael (2002) hal-hal yang dapat memengaruhi produktivitas kerja dalam lingkup lingkungan kerja antara lain penerangan di ruangan kerja sangat memengaruhi hasil dari pekerjaan yang sedang dilakukan.

Keuntungan dari sebuah industri yang menggunakan penerangan dengan baik adalah meningkatkan produksi dan produktivitas kerja dalam perusahaan, memperbaiki kualitas kerja dari pekerja, mengurangi tingkat kecelakaan kerja yang terjadi, memudahkan dalam melakukan pengawasan, dan memudahkan dalam melakukan pengamatan terhadap peralatan kontrol dan kendali. Sumber utama kebisingan adalah suara mesin-mesin produksi yang keras. Ventilasi yang baik bertujuan untuk menurunkan kadar polusi yang dapat mengganggu kesehatan kerja dan memberikan asupan udara segar. Suhu kerja yang ideal dapat menurunkan tingkat kelelahan pekerja dan meningkatkan kenyamanan kerja. Automasi proses produksi yang didesain dengan tepat akan selalu mempertimbangkan lingkungan kerja, lingkungan kerja, dan didukung dengan prosedur kerja. Automasi akan sangat mendukung produktivitas kerja karena mampu memproduksi secara massal dengan lebih cepat dan akurat, dapat menjamin kesehatan dan keselamatan kerja. Pekerja akan merasa dijamin kesehatan dan keselamatannya selama bekerja. Jaminan tersebut akan membuat pekerja juga merasa nyaman dalam bekerja, sehingga akan dapat meningkatkan produktivitasnya. Hal tersebut menunjukkan betapa pentingnya perancangan ulang sistem automasi proses produksi dan lingkungan kerja yang sehat, aman, dan nyaman, dalam rangka meningkatkan produktivitas kerja. Produktivitas kerja memang belum dapat diukur secara langsung bila dikaitkan dengan hasil perancangan ulang dalam proyek ini karena masih belum melalui tahap implementasi. Akan tetapi, hal tersebut dapat diprediksi secara teoretis berdasarkan teori Kawakita Jiro (Aroef, 2000).

Adanya kelemahan atau berbagai pemborosan yang terjadi selama proses produksi ekstrak, ternyata menuntut adanya perbaikan sistem otomatisasi untuk menekan berbagai pemborosan, mengendalikan tingkat persediaan, mengurangi cacat produksi, meningkatkan mutu pelayanan, mempersingkat waktu kerja, meningkatkan fleksibilitas produksi, menyederhanakan proses kerja, mengefisiensikan tempat

kerja, menghemat ruang produksi, mengurangi tingkat kecelakaan kerja, menghemat bahan baku, dan pada akhirnya akan meningkatkan produktivitas kerja, dengan menekan biaya produksi.

Berdasarkan hasil analisis terhadap proses produksi jamu ekstrak, dapat dirangkum berbagai kelemahan-kelemahan yang telah teridentifikasi yaitu proses produksi (*lead time*) yang lama, banyaknya proses produksi yang harus dilakukan karyawan, otot pekerja yang cepat lelah, investasi pengadaan mesin yang besar tetapi tidak ergonomis, ruangan luas yang diperlukan untuk menempatkan mesin, jumlah karyawan yang diperlukan lebih banyak, adanya kerawanan kecelakaan kerja, proses ekstraksi yang tidak efisien sehingga perlu untuk dilakukan perubahan lingkungan kerja. Banyaknya proses produksi yang harus dilakukan pekerja akan menyebabkan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu produk menjadi lama. Waktu lama tersebut akan menyebabkan kebosanan dan kelelahan otot pekerja yang lebih cepat, sehingga dapat menurunkan produktivitas pekerja. Peluang perancangan ulang sebaiknya dengan diusahakan bahwa mesin memiliki mekanisme tertentu yang dapat menghentikan proses produksi secara otomatis dan memberi isyarat pada operator kalau terganggu atau berjalan tidak wajar. Penggunaan indikator-indikator proses kerja mesin, yang tidak mudah dilihat akan menyebabkan tingkat kesalahan operasi lebih besar. Adanya kesalahan operasi akan menyebabkan kegagalan proses produksi, sehingga banyak produk *reject*. Adanya produk yang cacat akan menyebabkan waktu terbuang, bahan terbuang percuma, perlu penanganan tambahan yang pada akhirnya akan menambah biaya (*cost*) produksi.

Proses ekstraksi bahan nabati yang tidak efisien tersebut di atas, akan membutuhkan waktu yang lama sehingga *lead time* produksi akan panjang, kebutuhan terhadap jumlah karyawan lebih banyak. Jumlah karyawan yang banyak akan menyebabkan ongkos produksi

menjadi tinggi sehingga akan berpengaruh terhadap harga barang yang diproduksi. Dengan harga yang tinggi maka peluang untuk bersaing di pasaran lebih kecil, sehingga nantinya akan menurunkan tingkat penjualan barang. Untuk itu perlu dikembangkan sistem automasi proses produksi yang lebih efisien dan efektif.

Berdasarkan analisis data tentang identifikasi kelemahan atau berbagai pemborosan yang terjadi selama proses produksi ekstrak tersebut di atas, menuntut adanya perbaikan sistem automasi dan lingkungan kerja secara menyeluruh dan integratif. Tujuannya untuk meningkatkan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Untuk itu perlu dilakukan perbaikan dengan melalui perancangan ulang pada proses perajangan dan ekstraksi. Faktor kadar debu dalam proses perajangan, uap alkohol atau yang terukur sebagai hidrokarbon di dalam proses ekstraksi, temperatur dan kebisingan cukup tinggi, kondisi tersebut belum sesuai standar yang dianjurkan. Sistem ventilasi pada tiap-tiap ruangan kerja proses produksi jamu ekstrak banyak yang tidak berfungsi. Pencahayaan yang ada, memiliki luminasi yang lebih rendah dari standar dan jauh dari kebutuhan mata secara alami.

J. K3 (Keselamatan Kesehatan Kerja)

Secara filosofi, K3 atau lebih lengkapnya Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan Hidup (K3LH) adalah sebuah hasil pemikiran serta usaha dalam rangka memastikan keutuhan dan kesempurnaan: tenaga kerja (manusia), produk (hasil karya), dan budaya. Secara keilmuan, K3 adalah sebuah ilmu pengetahuan atau wawasan serta penerapan dalam rangka mencegah kebakaran, kecelakaan, pencemaran, peledakan, penyakit, dan sebagainya. K3 mendapat perhatian serius dari dunia internasional dan tidak terkecuali Indonesia. Hal ini terbukti dengan dibuat dan diterapkannya peraturan-peraturan seperti OHSAS 18001 : 1999 oleh BSI (*British Standard International*) hingga Undang-Undang (UU), Peraturan

Pemerintah (PP), dan berbagai peraturan yang ada di Republik Indonesia yang begitu banyak dan ketat terkait keselamatan dan kesehatan kerja.

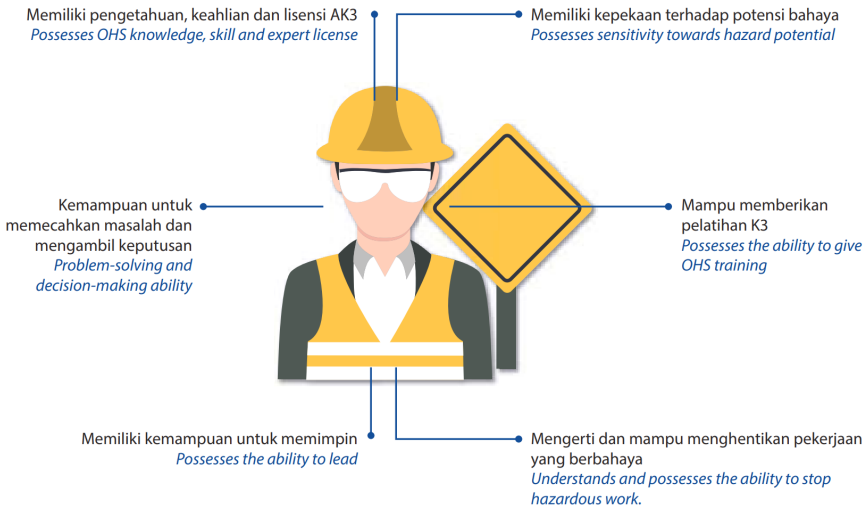
ZEROSICKS adalah sebuah metode yang berguna dalam rangka melakukan analisis dalam pembelajaran tentang K3. Analisis ini memiliki tujuan mendukung K3 sehingga dapat memperkecil serta mengurangi risiko kerja yang dapat mengakibatkan kerugian, kecelakaan, dan kesakitan pada pekerja dan industri/instansi. ZEROSICKS adalah kependekan dari potensi bahaya atau *hazard* (Z); lingkungan kerja atau *environment* (E), risiko atau *risk* (R); observasi atau *observation*, peluang atau *opportunity*, pekerjaan atau *occupational* (O); solusi atau *solution* (S); implementasi atau *implementation* (I); budaya atau *culture*/iklim dan *climate*/kendali atau *control* (C); pengetahuan atau *knowledge* (K); dan standarisasi atau *standardization* (S).

Filosofi K3 adalah berbagai pengendalian segala bentuk potensi bahaya di sekitar area bekerja guna melindungi pekerja dalam melakukan dan melaksanakan pekerjaannya (Ismara dkk., 2014: 3). Jika segala potensi yang dapat menyebabkan bahaya sudah ditekan seminimal mungkin hingga mendekati nol, akan terciptanya kondisi yang sehat dan aman dari tempat kerja, perwujudan tempat kerja yang telah disebutkan akan sangat memungkinkan meningkatnya produktivitas. Problematika mengenai K3 sudah selayaknya merupakan tanggung jawab setiap pekerja atau setiap pribadi dalam suatu lingkup pekerjaan. K3 tidak merupakan pemenuhan perundang-undangan ataupun suatu kewajiban semata.

K3 jika ditinjau dari segi keilmuan merupakan pengetahuan untuk mencegah suatu musibah/kecelakaan seperti ledakan, kebakaran, suatu penyakit, pencemaran, dan hal lain sebagainya (Ismara dkk., 2014: 7). Menurut OHSAS (18001:2007) K3 adalah segala faktor dan kondisi yang mengakibatkan dampak terhadap kesehatan maupun keselamatan orang lain (tamu, pemasok, kontraktor, dan

pengunjung) terkhusus tenaga kerja di tempat kerja. K3 juga bisa dianggap sebagai pendekatan praktis dan ilmiah dalam menghadapi *hazard* (potensi bahaya) dan risiko keselamatan maupun kesehatan yang memungkinkan terjadi. Kesehatan (Ismara dkk., 2014: 8) adalah tingkat kondisi psikologi dan fisik individu. Pada umumnya kesehatan diartikan sebagai segala usaha yang dilakukan untuk mendapatkan kesehatan yang maksimal dengan melakukan pencegahan penyakit yang dialami oleh pekerja, kelelahan bekerja, serta membuat suatu lingkungan kerja yang sehat. Menurut Suwandi dan Daryono (2018: 6) ketersediaan jaminan mengenai kesehatan ketika melaksanakan pekerjaan adalah yang dimaksudkan dengan kesehatan kerja. Ketersediaan program mengenai kesehatan kerja dengan kategori baik akan berdampak pada karyawan secara material karena karyawan dapat bekerja lebih lama mengingat menyenangkan atau bagusnya tingkat kecondusifan lingkungan kerja berdampak kepada jarang absennya karyawan.

Menurut buku pedoman K3 yang dikeluarkan oleh PT Danayasa Arthatama Tbk, ahli K3 umum wajib dimiliki oleh setiap tempat kerja. Masing-masing pekerjaan konstruksi diharuskan mempunyai petugas K3 berlisensi ahli K3 konstruksi selaras dengan Peraturan Menteri Tenaga Kerja nomor PER.04/MEN/1987 tentang P2K3 serta tata cara penunjukan ahli K3 dan Surat Dirjen Binwasnaker RI No. Kep. 20/DJPPK/VI/2004 mengenai Sertifikat Kompetensi K3 bidang Konstruksi Bangunan.



Gambar 43 Ahli K3

(Buku Pedoman Pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja: 2017)

Surat Kep. Dirjen Binwasnaker No. Kep. 20/DJPPK/VI/2004. Proyek dengan tenaga kerja > 100 orang atau pelaksanaan >6 bulan harus memiliki 1 Ahli Utama K3, 1 AK3 Muda, dan 2 AK3 Muda Konstruksi. Proyek dengan tenaga kerja <100 orang atau pelaksanaan <6 bulan harus memiliki 1 AK3 Madya dan 1 AK3 Muda Konstruksi. Proyek dengan tenaga kerja <25 orang atau pelaksanaan < 3 bulan harus memiliki satu orang AK3 Muda Konstruksi.

Peraturan mengenai keselamatan dan kesehatan kerja yaitu Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 memaparkan tujuan dari diterapkannya keselamatan dan kesehatan kerja (K3) antara lain meningkatkan kesejahteraan dan produktivitas nasional, menjamin keselamatan setiap orang di tempat kerja, dan memastikan seluruh sumber produksi dapat dipakai secara aman dan efisien. Pengecilan bahkan menghilangkan risiko kerja yang berpotensi menimbulkan kecelakaan, kesakitan, serta kerugian yang memungkinkan terjadi juga dapat merupakan tujuan penerapan K3 (Ismara & Prianto, 2017: xiii).

K. Kelebihan Obat Tradisional

Dibandingkan obat-obat modern, memang Obat Tradisional (OT)/ Tanaman Obat (TO) memiliki beberapa kelebihan, antara lain: efek sampingnya relatif rendah, dalam suatu ramuan dengan komponen berbeda memiliki efek saling mendukung, pada satu tanaman memiliki lebih dari satu efek farmakologi serta lebih sesuai untuk penyakit-penyakit metabolik dan degeneratif. Efek samping OT relatif kecil bila digunakan secara benar dan tepat. OT akan bermanfaat dan aman jika digunakan dengan tepat, baik takaran, waktu dan cara penggunaan, pemilihan bahan serta penyesuaian dengan indikasi tertentu.

Dalam penggunaan OT sesuai dengan dosisnya akan berdampak baik. Misalnya, daun seledri (*Apium graveolens*) telah diteliti dan terbukti mampu menurunkan tekanan darah, tetapi pada penggunaannya harus berhati-hati karena pada dosis berlebih (*overdosis*) dapat menurunkan tekanan darah secara drastis sehingga jika penderita tidak tahan dapat menyebabkan syok. Oleh karena itu, dianjurkan agar jangan mengonsumsi lebih dari 1 gelas perasan seledri untuk sekali minum. Demikian pula mentimun, takaran yang diperbolehkan tidak lebih dari dua biji besar untuk sekali makan. Untuk menghentikan diare memang bisa digunakan gambir, tetapi penggunaan lebih dari satu ibu-jari, bukan sekadar menghentikan diare bahkan akan menimbulkan kesulitan buang air besar selama sehari-hari (*kebebelen*). Sebaliknya penggunaan minyak jarak (*Oleum ricini*) untuk urus-urus yang tidak terukur akan menyebabkan iritasi saluran pencernaan.

Jamu OT jika digunakan dengan tepat waktu akan memberikan efek yang baik kepada peminumnya. Hal ini dapat dilihat pada kasus tahun 1980-an, ada beberapa pasien mengalami kesulitan persalinan akibat mengonsumsi jamu *cabe puyang* selama masa kehamilan. Setelah dilakukan proyek, ternyata jamu *cabe puyang* mempunyai efek menghambat kontraksi otot pada binatang percobaan. Oleh

karena itu, ibu-ibu mengalami kesulitan melahirkan mendekati masa persalinan. Hal ini dikarenakan kontraksi otot *uterus* dihambat terus-menerus sehingga memperkokoh otot tersebut dalam menjaga janin. Sehubungan dengan hal itu, seyogianya bagi wanita hamil meminum jamu *cabe-puyang* di awal kehamilan (antara 1-5 bulan) untuk menghindari risiko keguguran dan minum jamu *kunir-asem* saat menjelang persalinan untuk mempermudah proses persalinan. Jamu *kunir-asem* bersifat *abortivum* sehingga dapat menyebabkan keguguran bila dikonsumsi pada awal kehamilan.

Penjelasan di atas menjelaskan bahwasanya ada beberapa TO yang memiliki khasiat empiris serupa bahkan dinyatakan sama (efek sinergis). Sebaliknya untuk indikasi tertentu diperlukan beberapa jenis TO yang memiliki efek *farmakologis* saling mendukung satu sama lain (efek komplementer). Walaupun demikian, pada berbagai kasus ditemui penggunaan TO tunggal untuk tujuan pengobatan tertentu karena suatu hal. Adanya efek komplementer dan/atau sinergisme dalam ramuan obat tradisional/komponen bioaktif tanaman obat dalam suatu ramuan OT umumnya terdiri dari beberapa jenis TO yang memiliki efek saling mendukung satu sama lain untuk mencapai efektivitas pengobatan. Formulasi dan komposisi ramuan tersebut dibuat setepat mungkin agar tidak menimbulkan kontra indikasi, bahkan harus dipilih jenis ramuan yang saling menunjang terjadi suatu efek yang dikehendaki.

Periode sebelum tahun 1970-an banyak penyakit infeksi yang memerlukan penanggulangan secara cepat dengan menggunakan *antibiotika* (obat modern). Pada saat itu jika hanya menggunakan OT atau jamu yang efeknya lambat, tentu kurang bermakna dan pengobatannya tidak efektif. Sebaliknya pada periode berikutnya hingga sekarang sudah cukup banyak ditemukan turunan *antibiotika* baru yang potensinya lebih tinggi sehingga mampu membasmi berbagai penyebab penyakit infeksi. Akan tetapi, timbul penyakit baru

yang bukan disebabkan oleh jasad renik, melainkan oleh gangguan metabolisme tubuh akibat konsumsi berbagai jenis makanan yang tidak terkendali serta gangguan faal tubuh sejalan dengan proses degenerasi. Penyakit ini dikenal dengan sebutan penyakit metabolik dan degeneratif. Yang termasuk penyakit metabolik antara lain: diabetes (kecing manis), *hiperlipidemia* (kolesterol tinggi), asam urat, batu ginjal dan hepatitis; sedangkan penyakit degeneratif di antaranya: *rematik* (radang persendian), *asma* (sesak napas), *ulser* (tukak lambung), *haemorrhoid* (ambeien/wasir) dan *pikun* (*lost of memory*). Untuk menanggulangi penyakit tersebut diperlukan pemakaian obat dalam waktu lama sehingga jika menggunakan obat modern dikhawatirkan adanya efek samping yang terakumulasi dan dapat merugikan kesehatan. Oleh karena itu, lebih sesuai bila menggunakan obat alam/OT. Walaupun penggunaannya dalam waktu lama, efek samping yang ditimbulkan relatif kecil sehingga dianggap lebih aman.

L. Cara Pembuatan Obat yang Baik (CPOB)

Industri farmasi wajib menerapkan Cara Pembuatan Obat yang Baik (CPOB) dalam seluruh aspek dan rangkaian kegiatan pembuatan obat. CPOB pertama keluar pada 1988. Pada 1989, Petunjuk Operasional Penerapan CPOB diterbitkan agar pedoman tersebut dapat diterapkan secara efektif di industri farmasi. Dalam perkembangannya, CPOB 1988 direvisi pada 2001. Sesuai dengan filosofinya, CPOB merupakan dokumen yang bersifat dinamis dan akan berubah mengikuti perkembangan teknologi. Karena kedinamisan itu, CPOB tahun 2001 pun kembali direvisi di tahun 2006. CPOB yang sekarang merupakan adaptasi dari CPOB versi WHO dan versi PIC/S juga "*International Codes of GMP*" lain.

Cara Pembuatan Obat yang Baik (CPOB) menyangkut seluruh aspek produksi dan pengendalian mutu dan bertujuan untuk menjamin bahwa produk obat dibuat senantiasa memenuhi persyaratan mutu yang telah ditentukan sesuai dengan tujuan penggunaannya. Tidaklah

cukup bila obat jadi hanya sekadar lulus dari serangkaian pengujian, tetapi yang sangat penting adalah bahwa mutu harus dibentuk ke dalam produk tersebut. Mutu obat tergantung pada bahan awal, proses pembuatan dan pengawasan mutu, bangunan, peralatan yang dipakai, dan personalia yang terlibat dalam pembuatan obat. CPOB ini merupakan pedoman yang bertujuan untuk memastikan agar sifat dan mutu obat yang dihasilkan sesuai dengan yang dikehendaki.

Personalia seharusnya dapat mewujudkan CPOB dengan cara memiliki kesehatan mental dan fisik yang baik sehingga mampu melaksanakan tugasnya secara profesional dan sebagaimana mestinya, dengan jumlah yang cukup, serta memiliki pengetahuan, keterampilan, dan kemampuan sesuai dengan tugasnya. Manajer bagian produksi dan bagian pengawasan mutu dipimpin oleh orang yang berlainan yang tidak saling bertanggung jawab satu terhadap yang lain. Keduanya tidak boleh mempunyai kepentingan lain di luar organisasi pabrik, yang dapat menghambat atau membatasi tanggung jawabnya atau yang dapat menimbulkan pertentangan kepentingan pribadi atau finansial.

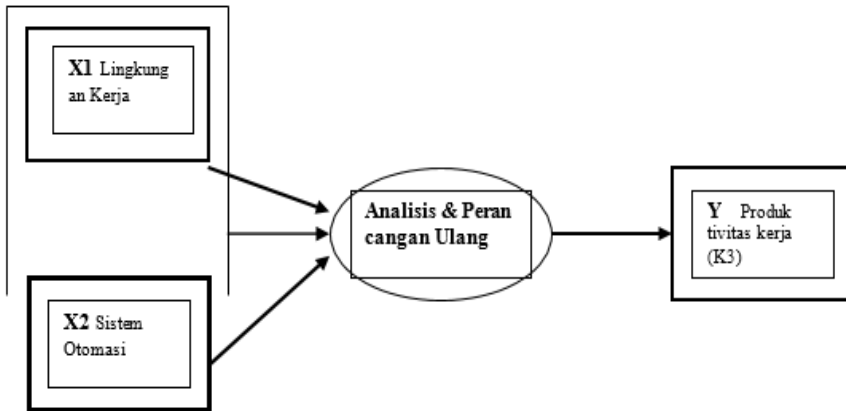
Manajer produksi dan manajer pengawasan mutu adalah seorang apoteker yang cakap, terlatih, dan memiliki pengalaman praktis yang memadai. Manajer pengawasan mutu adalah satu-satunya yang memiliki wewenang untuk meluluskan bahan awal, produk antara, produk ruahan dan obat jadi bila produk tersebut sesuai dengan spesifikasinya, atau menolaknya bila tidak cocok dengan spesifikasinya atau bila tidak dibuat sesuai dengan prosedur yang disetujui dan kondisi yang ditentukan.

M. Landasan Teori

Berdasarkan kajian pustaka dan hasil observasi awal proses perajangan dan ekstraksi di pabrik jamu ekstrak di atas, terdapat kaitan erat antara lingkungan kerja dan sistem automasi proses produksi.

Kaitan tersebut terletak pada orientasi kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Perancangan ulang sistem automasi bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan sekaligus kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Sistem automasi yang hanya bertujuan untuk peningkatan produktivitas hasil kerja tanpa disertai orientasi terhadap kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja, biasanya tidak akan terintegrasi dan sinergi dengan lingkungan kerja. Lingkungan kerja yang optimal akan mampu mendukung secara integratif dan sinergis terhadap penerapan sistem automasi untuk peningkatan produktivitas kerja.

Lingkungan kerja dalam hal ini adalah rancangan ulang terhadap usaha pengendalian debu, uap alkohol atau yang terukur sebagai hidrokarbon, serta kebisingan, dengan pendekatan isolasi dan proteksi. Keandalan PLC sebagai peralatan utama sistem automasi akan terpengaruh oleh kondisi udara serta oleh adanya debu dan alkohol. Selain itu, pengoperasian sistem automasi akan menjadi optimal jika didukung oleh pencahayaan yang memadai, sehingga pemrograman, pengontrolan, dan pengoperasiannya akan lebih mudah serta nyaman. Oleh karena itu, lingkungan kerja juga meliputi perancangan ulang yang terdiri dari pencahayaan dan pengondisian udara di lingkungan kerja. Hal ini sangat diperlukan untuk meningkatkan kenyamanan, kesehatan dan keselamatan kerja serta akhirnya akan meningkatkan produktivitas kerja di proses perajangan dan ekstraksi pabrik jamu ekstrak. Produktivitas kerja dalam hal ini adalah yang berdasarkan faktor kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Hubungan antarvariabel dalam proyek ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 44 Hubungan Antarvariabel

N. Hipotesis Proyek

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disusun hipotesis alternatif dalam proyek ini sebagai berikut:

1. Perancangan ulang lingkungan kerja di proses perajangan dan ekstraksi akan berperan terhadap peningkatan produktivitas kerja.
2. Hasil perancangan ulang sistem automasi di proses perajangan dan ekstraksi akan berperan terhadap peningkatan produktivitas kerja.
3. Perancangan ulang sistem automasi dan lingkungan kerja di proses perajangan dan ekstraksi akan berperan terhadap peningkatan produktivitas kerja yang berwawasan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja.

Hipotesis tersebut di atas semuanya bersifat kontributif atau peranan yang masih dalam bentuk prakiraan dari hasil rancangan lingkungan kerja dan sistem automasi, baik berdiri sendiri maupun maupun terintegrasi, terhadap peningkatan produktivitas kerja, atas dasar kajian teoretis atau telaah logis. Produktivitas kerja di proses perajangan dan ekstraksi, dalam hal ini yang utamanya disebabkan

oleh adanya faktor kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja (Aroef, 2000).

1. Rencana Proyek

Berdasarkan proses analisis dan pengamatan awal terhadap variabel, termasuk dalam proyek deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Ditinjau dari cara dan proses jalannya proyek, maka proyek ini termasuk dalam *research and design* atau *research and development*, (Barnes,1990) karena proyek berusaha memecahkan masalah dengan memberikan solusi melalui pembuatan model atau penggambaran hasil dari perancangan ulang dengan simulasi, yang nantinya dapat diterapkan dan akan memberikan peranan tertentu yang positif. Berdasarkan proses pembuatan model atau simulasi, proyek ini dapat digolongkan pada proyek eksperimen yang bersifat teknologi, di mana penentuan sistem dan pembuatan model simulasi melalui pemilihan bahan, penggunaan rumus untuk perhitungan, dan *trial and error*.

Berdasarkan bentuk hipotesis, proyek ini termasuk dalam proyek kontributif atau peranan. Dalam hal ini peranan hasil perancangan ulang usaha pengendalian potensi sumber bahaya yaitu debu dan uap alkohol atau yang terukur sebagai hidrokarbon, perancangan ulang pencahayaan dan pengondisian udara, diintegrasikan dengan hasil perancangan sistem automasi terhadap peningkatan produktivitas kerja. Peranan dalam hal ini masih bersifat prakiraan (estimasi) secara maya, karena masih berupa rancangan dan belum sampai tahap implementasi.

2. Rancangan proyek

Rancangan proyek ini hanya menggunakan tahapan yang sederhana, yaitu observasi awal untuk menganalisis atau mendeskripsikan masalah, mengevaluasi data pendukung, mendeskripsi kebutuhan sumber daya, mengidentifikasi kriteria

pemecahan masalah, mengembangkan alternatif penyelesaian, serta merancang ulang *hardware* dan *software* untuk menyelesaikan masalah. Proyek ini hanya akan dibatasi sampai pada tahap pemeriksaan kelayakan peranan secara teoretis, tidak sampai kepada uji coba atau implementasi secara fisik dan empiris di pabrik jamu ekstrak. Hasil proyek ini berupa usulan atau rekomendasi yang dilengkapi dengan gambar skema, konstruksi, sistem automasi, atau animasi yang berbasis 3D-Max (Jogiyanto, 1995; Davis, 1983; Jeffrey, 1986; dan Mundel, 1994).

3. Variabel dan definisi operasional proyek

Proyek ini akan berusaha mengungkap peranan atau dukungan secara teoretis dari dua variabel bebas yaitu lingkungan kerja (X1) dan sistem automasi (X2), terhadap variabel terikat (Y1) yaitu produktivitas kerja. Definisi operasional dari variabel bebas lingkungan kerja (X1) meliputi perancangan ulang pengendalian potensi sumber bahaya debu dan kebisingan di proses perajangan, pengendalian uap alkohol atau yang terukur sebagai hidrokarbon di proses ekstraksi, serta pencahayaan dan pengondisian udara di kedua ruang tersebut, atas dasar analisis hasil observasi awal terhadap keadaan nyata saat ini yang ternyata masih kurang memenuhi syarat kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Definisi operasional variabel bebas sistem automasi (X2), berupa perancangan ulang sistem automasi pemantauan bahan baku di proses perajangan dan pengendalian proses ekstraksi secara otomatis yang menggunakan PLC. Adapun definisi operasional variabel terikat (Y1) yaitu produktivitas kerja, yang dalam hal ini adalah berwawasan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Definisi operasional tersebut di atas sudah dapat menunjukkan kebermaknaan dari judul proyek ini.



Bab III

Cara Proyek

A. Jalannya Proyek

Proyek ini bertujuan untuk melakukan perancangan ulang terhadap sistem automasi yang terintegrasi dalam lingkungan kerja dalam rangka meningkatkan produktivitas kerja yang berdasarkan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Seperti rancangan di muka, proyek ini memiliki tahap observasi awal, pengumpulan data, analisis data, inferensi data, perancangan ulang, dan uji coba kedalaman peranan hasil rancangan secara teoretis (Apple, 1990; dan Barnes, 1990).

1. Tahap Observasi Awal

Tahap observasi awal dalam proyek ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan observasi partisipan, wawancara mendalam, dan analisis konten terhadap data dokumentasi. Tahap ini juga dilengkapi dengan pengukuran secara langsung terhadap tempat kerja, pencahayaan, dan suhu udara. Menurut OSHA yang dikutip oleh Scott (1995) analisis bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi atau sumber bahaya secara ergonomis

yang ada (*existing ergonomic hazards*), prosedur kerja (*jobs and tasks*), dan operasi kerja lainnya yang diduga dapat menimbulkan kecelakaan kerja atau penyakit akibat kerja.

Lebih lanjut Scott (1995) menjabarkan *ergonomics job hazards analysis* sebagai identifikasi terhadap risiko kerja, yang meliputi tempat kerja, peralatan kerja, *PPE* atau alat pelindung diri, postur dan gerakan tubuh saat kerja, serta lingkungan kerja. Tahap ini terdiri dari kegiatan pengamatan, pengumpulan, dan penganalisisan data baik secara statistik deskriptif maupun secara kualitatif. Pendekatan pengumpulan data bersifat terstruktur dengan kombinasi atas bawah dan bawah atas (Bogdan, 1972; dan Jogiyanto, 1999). Data bawah dikumpulkan dari pekerja secara langsung di pabrik, dikonfirmasi dengan data atas yang berupa dokumentasi dan keterangan melalui pihak manajerial (Pulat, 1992), wawancara terstruktur dilengkapi dengan data dari pabrik lain yang sejenis dengan pendekatan *benchmarking* untuk memperkuat *transferability*.

2. Tahap Pengumpulan Data

- a. Data tata letak mesin, bahan, kondisi peralatan pendukung, kondisi lingkungan, dan tempat kerja dikumpulkan melalui pengamatan langsung dan pengukuran.
- b. Data sistem automasi proses produksi dan prosedur kerja, diketahui dengan cara observasi partisipan (*participant observation*); wawancara terhadap karyawan, tenaga ahli, dan pimpinan (asas triangulasi) yang direkam dalam pita kaset atau catatan lapangan (*fieldnote*); dilengkapi dengan pengukuran langsung dan studi dokumentasi yang relevan; pada tahap perajangan dan ekstraksi dari prosedur kerja. Pendekatan yang digunakan adalah *descriptive kualitatif* (Spradley, 1980). Pedoman pengamatan yang digunakan diadaptasi dari Barnes (1990).

- c. Data waktu kerja pada tahap perajangan dan ekstraksi dalam prosedur kerja diukur dengan bantuan alat pengukur waktu (*stopwatch*).
- d. Data tentang keluhan-keluhan pekerja, sumber bahaya fisik dan kimia yang dapat menimbulkan penyakit akibat kerja, dan kecelakaan kerja, dikumpulkan dengan melalui pengamatan langsung dan wawancara terstruktur dengan berpedoman pada *Occupational Hygiene Systematic Approach and Strategy* (ILO, 1996) terhadap karyawan.

3. Tahap Analisis Data

- a. Data tata letak mesin, bahan, kondisi peralatan pendukung, kondisi lingkungan kerja yang dituangkan menjadi diagram alir dan gambar skematik, (Barnes, 1990).
- b. Data automasi produksi dan prosedur kerja dianalisis secara kualitatif yaitu melalui tahapan reduksi, kategorisasi, tranferabilitas, dan inferensi.
- c. Data waktu kerja, dianalisis dengan *motion and time study*, untuk mengetahui *down load time* yang akan melengkapi sistem automasi proses produksi (Barnes, 1990).
- d. Data tentang keluhan-keluhan pekerja, sumber bahaya fisika dan kimia yang dapat menimbulkan penyakit akibat kerja, kecelakaan kerja, kondisi lingkungan, dan tempat kerja, dianalisis secara kualitatif (Kirk & Miller, 1986; Miles & Huberman, 1984; dan Morse, 1994) yaitu melalui tahapan reduksi, kategorisasi, tranferabilitas, dan inferensi. Kredibilitas diuji dengan triangulasi, perpanjangan pengamatan, dan pengecekan kembali oleh pihak pabrik. Dependabilitas diuji dengan *audit-trail* oleh pihak pabrik dan tenaga ahli yang relevan. Transferabilitas dilakukan dengan membuat uraian terperinci dan melalui

benchmarking, sedangkan objektivitas diperoleh dari *check-recheck* atau konfirmasi lebih lanjut kepada yang terkait dengan tetap berpedoman pada *Occupational Hygiene Systematic Approach and Strategy* (ILO, 1996). Kecenderungan kecelakaan atau penyakit yang timbul dapat diketahui dengan analisis deskriptif yang menurut Walters & Stricoff (1995) dan Cheremisinoff (1995) digunakan pendekatan *job hazard analysis of workstations* untuk proses produksi jamunya.

Hasil analisis terhadap butir-butir di atas dapat digunakan untuk melakukan perancangan ulang terhadap sistem automasi yang terintegrasi dengan lingkungan kerja di tahap atau ruangan perajangan dan ekstraksi dalam proses produksi jamu ekstrak yang ternyata memerlukan perbaikan.

4. Tahap Perancangan Ulang

Tahap ini merupakan langkah sintesis dengan memanfaatkan hasil analisis untuk keperluan perancangan ulang sistem automasi yang terintegrasi dengan lingkungan kerja. Tahap ini terdiri dari merancang ulang, mempresentasikan, dan menguji coba hasil perancangan ulang secara teoretik, untuk melihat kedalaman peranan atau kemanfaatannya dalam peningkatan produktivitas kerja.

Meredith (1992), Suzaki (1997), Hutchins (1996), Aroef (2000) menggambarkan bahwa perancangan ulang lingkungan kerja di pabrik (*design for manufacturability*) yang berintegrasi dengan sistem automasi proses produksi, dikembangkan berdasarkan JIT (*just in time*), di mana produksi yang didukung oleh mekatronik dapat menghasilkan barang secara massal dengan cepat, akurat, relevan, nyaman, sehat, dan selamat, serta kualitasnya terstandar (dalam hal ini pabrik jamu ekstrak adalah *product line-based flow shop*). Dalam kondisi semacam ini, pengurangan waktu produksi

yang kritis akan menghasilkan penghematan biaya dalam jumlah besar sehingga dapat meningkatkan produktivitas kerja. Tahap perancangan ulang dalam proyek ini menggunakan pendekatan ECCS (*eliminate, combine, change, simplify*) berdasarkan pendapat Barnes (1990) yang dikuatkan oleh Meredith (1992) dan Hutchins (1996). Tahapan ini diakhiri dengan uji coba secara rasional logis dari subjek proyek dan para ahli terkait (*Metode Kawakita Jiro, Aroef, 2000*). Eliminasi dimaksudkan untuk mengurangi atau menghilangkan beberapa tahap dalam prosedur kerja yang dipandang tidak begitu penting. Termasuk dalam hal ini dapat dikembangkan menjadi usaha untuk mengurangi atau menekan biaya proses produksi. Beberapa operasi kerja dan/atau elemen kerja setelah dianalisis akan dapat dikombinasikan sehingga menjadi lebih efisien dan efektif. Penggunaan alat pelindung diri sebagai langkah proteksi, dalam hal ini dijadikan alternatif terakhir.

Tahapan operasi dengan berbagai variasi kerjanya dapat diatur kembali atau saling ditukar agar didapatkan subtahap dari proses produksi yang paling efektif dan efisien dengan menerapkan sistem automasi. Tahap terakhir adalah bagaimana menyederhanakan berbagai subtahap yang detail meliputi prosedur dijalankan; penggunaan dan peletakan material, mesin, peralatan pendukung kerja; dan kondisi lingkungan kerja dengan penerapan sistem automasi (Kristina, 2000; dan Cohen, 1995).

Tahap perancangan ulang sistem automasi yang terintegrasi dengan lingkungan kerja tersebut di atas, adalah sebagai berikut:

- a. Rancangan ulang lingkungan kerja (*environmental work design*), lingkungan kerja (*job design*), dan dikaitkan dengan perancangan ulang sistem automasi proses produksi (Suzaki, 1997; dan Pulat, 1992).
- b. Perancangan ulang diterapkan dengan pendekatan ECCS (Barnes, 1990) yaitu mengeliminasi hal-hal yang tak perlu

atau dapat membahayakan, mengombinasikan beberapa elemen dalam operasi kerja, mengubah atau memperbaiki tahap operasi kerja, menyederhanakan operasi kerja yang kurang penting, dan merancang perubahan perangkat pendukung kerja.

- c. Hasil perancangan ulang disajikan dalam bentuk uraian lingkungan kerja, dan rancangan sistem automasi, pada ruang dan atau tahap perajangan dan ekstraksi, yang dilengkapi dengan diagram alir, *data flow diagram*, *work in process diagram*, gambar tata letak pabrik, mesin, bahan baku, dan peralatan pendukung lainnya (Mundel, 1994; Niebel, 1993; dan Barnes, 1990).

Hasil tahap perancangan ulang ini masih merupakan *draf* kasar yang dikonfirmasi kembali dengan pihak manajemen industri jamu dan ahli yang terkait. Hasil konfirmasi tersebut digunakan untuk menyempurnakan kembali, agar lebih sesuai dengan harapan calon pengguna.

Ke dalam peranan atau kemanfaatan hasil perancangan ulang secara teoretis (*audit-trail*) didapatkan dengan pertimbangan referensi (*review*) dari para ahli yang relevan, dan khususnya para pimpinan atau tenaga ahli di pabrik yang bersangkutan dan kajian teoretis, bukan empiris. Berdasarkan hal tersebut, maka akan dapat ditentukan tingkat kelayakan untuk diimplementasikan, dan digeneralisasikan ke proses yang sama di pabrik lain.

Indikator sebagai tolok ukur yang digunakan antara lain adalah kemudahan penerapan (*aplicative, adaptability, and flexibility*), kelebihan (*strenght*), kekurangan (*weakness*), peluang penyempurnaan kembali (*opportunity*) dan hambatan atau tantangan yang mungkin akan timbul dalam penerapannya (*threaty*). Deskriptornya adalah apakah lebih nyaman, sehat, dan selamat; selain itu apakah akan lebih efisien terhadap penggunaan

sumber daya, efektif, dan lebih produktif (Mundel, 1994; Niebel, 1993; dan Meredith, 1992).

B. Kesulitan dalam Proyek

Kesulitan-kesulitan yang timbul, pada dasarnya hanya bersifat teknis pengumpulan data, dan belum dapat dianggap sebagai ancaman kredibilitas dalam proyek ini, antara lain adalah:

- a. Proses produksi belum dapat berlangsung secara terus-menerus karena proses perajangan memerlukan waktu cukup lama dengan persiapan yang panjang.
- b. Pengulangan pengambilan data dengan alat perekam visual, pengukuran waktu kerja, dan gerakan kerja tidak dapat diulang, karena alasan manajemen produksi yang tak dapat dihindari lagi.
- c. Pengumpulan data keluhan sakit dari lembaga kesehatan atau hasil pemeriksaan laboratorium kesehatan, tidak dapat dilaksanakan, karena memang tidak diizinkan.
- d. Pengumpulan data harus dilakukan secara tim, atau dibantu oleh beberapa asisten, karena proses produksi berjalan bersama.

Walaupun demikian, dalam proses pengumpulan data telah dapat dijarah data visual seluruh proses produksi dengan menggunakan kamera video dan kamera digital, data dokumentasi pengukuran oleh BTKL Yogyakarta, data ukuran fisik ruangan dan mesin-mesin, data iluminasi pencahayaan, temperatur udara, serta hasil wawancara secara kualitatif. Secara keseluruhan, data yang telah dapat dikumpulkan sudah mencukupi untuk kepentingan perancangan ulang sistem automasi yang terintegrasi dalam lingkungan kerja, dalam rangka meningkatkan produktivitas kerja yang berwawasan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja.



Bab IV

Hasil Proyek dan Pembahasan

A. Hasil Proyek di Proses Perajangan

Di bawah ini, disajikan deskripsi data yang telah dikumpulkan dan hasil analisis yang meliputi lingkungan kerja dan sistem automasi proses produksi, di ruang, atau tahap perajangan.

1. Peluang Perancangan Ulang Pada Proses Perajangan

Peluang perancangan ulang pada proses perajangan merupakan pemanfaatan hasil analisis data tersebut di atas untuk mencari kemungkinan-kemungkinan dilakukannya suatu perbaikan. Perancangan ulang tersebut bertujuan untuk memperbaiki kualitas lingkungan kerja yang terdiri dari kondisi udara dan pencahayaan, mengeliminasi potensi sumber bahaya seperti debu dan kebisingan, yang kemudian diintegrasikan (d disesuaikan dan dikombinasikan) dengan perancangan ulang sistem automasi.

a. Pengendalian potensi sumber bahaya debu

Peluang perancangan ulang untuk perbaikan melalui ventilasi dan sirkulasi udara akan sangat diperlukan. Ventilasi

udara ini akan memberikan asupan udara segar (idealnya 14–16%) dan dapat menekan kemungkinan paparan debu bagi pekerja. Seharusnya, untuk memperlancar sirkulasi udara, *inhaust fan* diletakan di arah berseberangan dari mesin perajang dengan daya 10% lebih kecil dari daya *exhaust fan*, lengkap dengan filter jenis basah yang dilengkapi dengan karbon aktif (*biofilter*) untuk menjernihkan udara masuk dan keluar (ACGIH,1995).

Selain itu, perlu dilengkapi dengan beberapa *dust collector* dengan daya 2 PK. *Dust collector* dan *exhaust fan* sebaiknya diletakkan di dekat sumber debu, misalnya di atas *hopper* dan bak penampung *outlet* mesin perajangan.

Outlet perajangan sebaiknya ditampung dalam kain atau plastik yang dapat dengan mudah dilepas atau diganti. Tempat hasil rajangan berupa kantong kain atau plastik tersebut ditampung di dalam bak kayu (ukuran 1x2x0,5m) yang dilapisi *stainless- steel* dan ditutup (diisolasi) dengan bahan tembus pandang misalnya akrilik secara rapat menggunakan *gasket* agar debu tidak dapat keluar. Letak bak ini dapat terpisah ruangan dengan mesin perajangnya. Tempat pemasukan bahan nabati sebelum dirajang, dilengkapi dengan *hopper* (corong) untuk menampung bahan nabati yang akan dirajang, dengan ukuran relatif besar (misalnya untuk satu *batch*). *Hopper* tersebut juga diisolasi dengan baik, misalnya ditutup akrilik dengan *gasket*, agar debu tidak dapat keluar. Debu yang berlebihan secara fisik juga dapat mempercepat keausan perangkat keras sistem automasi, karena akan dapat menimbulkan hubung singkat, yang selanjutnya dapat mengurangi keandalan sistem.

Penggunaan alat proteksi diri, merupakan tindakan terakhir yang bersifat pelengkap pencegahan penyakit akibat

kerja. Perlindungan diri dalam proses ini antara lain adalah menggunakan masker pernapasan yang mampu menyaring sampai kurang dari 3 mikron partikel debu, yang dilengkapi dengan filter khusus (misalnya karbon aktif) karena mengingat debu juga mengandung zat kimia dan biologi termasuk jamur. Lebih efisien dan efektif, jika sebaiknya digunakan masker yang sekaligus dapat melindungi mata dari debu (Pritchard, 1976).

b. Perancangan ulang pengondisian udara

Perancangan ulang pengondisian udara dengan menggunakan mesin AC, dapat dilakukan dengan asumsi bahwa kebocoran debu telah dapat dieliminasi dan ventilasi udara lengkap dengan biofilternya serta pengisap debu dalam keadaan operasi baik. Perencanaan pengondisian udara dalam suatu ruangan perlu mempertimbangkan berbagai faktor, antara lain beban kalor dalam ruangan akan menentukan kapasitas mesin pendingin untuk pengondisian udara yang akan digunakan. Pemilihan jenis mesin mempertimbangkan kebutuhan daya, fungsi ruangan, beban kalor, dan segi artistik (Arismunandar & Saito, 1991).

Perancangan ulang akan mempertimbangkan temperatur dalam ruangan (TDR) yang diharapkan: 26°C, temperatur luar ruangan (TLR): 31°C, temperatur ruang (TR): 31°C, Radiasi matahari rata-rata (RMrt): 135 Kcal/m²h. Berdasarkan perhitungan, didapatkan daya total ruangan= 5325,79 Kcal/h atau = 21090,125 BTU/h.

Jumlah beban kalor tersebut di atas digunakan untuk menentukan kapasitas mesin pendingin yang akan digunakan. Berdasarkan analisis di atas, maka dapat digunakan dua buah mesin pendingin jenis terpisah (*split*), yang dilengkapi dengan motor fan asupan udara segar, dilengkapi dengan

filter sistem *wet* yang menggunakan karbon aktif yang mampu menyaring <2 mikron debu, dengan kapasitas pendingin 3450 kcal/jam atau 1200 Btu/jam, dengan daya listrik berkisar 1250 watt sebanyak dua buah. Kelebihan pendingin jenis terpisah adalah dapat mengisolasi dari kontaminasi antar-ruang, mengisolasi perkembangan *biohazard* yang biasanya terdapat pada AC sentral, perawatan atau perbaikannya tidak begitu mengganggu operasi kerja, lebih memudahkan pengontrolan kualitas udara asupan yang segar, dan kelembapan udara dapat dikendalikan. Yang paling penting adalah mampu mengurangi *sick building syndrome* (Achmadi, 1991). Pengendalian terhadap penyakit akibat kerja dapat lebih spesifik karena sebagian faktor penyebab yang bersifat kumulatif sudah dapat dipisahkan. Keuntungan lainnya adalah kondisi udara berkisar 24–27°C dengan kelembapan yang rendah, akan membuat semua peralatan pengendalian sistem automasi akan menjadi awet dan terjamin keandalannya, atau tidak mudah rusak, sehingga dapat mendukung peningkatan produktivitas kerja.

c. Perancangan ulang pengendalian kebisingan

Peluang perbaikan lainnya yang perlu dikembangkan adalah rekayasa mesin, misalnya perancangan dan penambahan isolasi mesin perajang dengan suatu bahan khusus yang tembus pandang (*fiberglass* atau *acrylic*), dan dilengkapi dengan gasket sebagai perlengkapan peredam suara, atau bersifat sebagai pembatas akustik. Suara akan dapat diserap dan tidak dipantulkan lagi (Thurman, Louzine, & Kogi, 1993).

Prinsip perlengkapan peredam suara adalah meniadakan pantulan suara yang menimbulkan getaran balik, misalnya dengan melapisi atap dan dinding dengan bahan lunak yang

diberi tutup bahan plastik yang tidak dapat menangkap debu. Peluang perbaikan dengan penambahan suatu bantalan mesin dari bahan karet dan kayu untuk mesin rajang sangat diperlukan untuk mengurangi getaran, sehingga dapat menurunkan faktor kebisingan. Alternatif lainnya adalah operator yang diisolasi di ruang terpisah, tempat yang dapat menangani hasil perajangan, dan melakukan operasi pengendalian sistem automasi mesin secara *remote*, sehingga pekerja tidak akan terkena paparan kebisingan yang berlebihan. Alat pelindung diri berupa *ear-murf* atau *ear-plug* yang sesuai dengan standar hanya digunakan sebagai alternatif terakhir jika sedang melakukan operasi mesin perajang saat membuka dan menutup atau menginspeksi corong masukan bahan baku saja.

d. Perancangan ulang pencahayaan

Pencahayaan yang memadai akan membuat pekerja merasa nyaman, dapat melihat benda kerja dan pedoman operasi kerja sistem automasi dengan jelas, serta membuat lebih tanggap terhadap adanya ancaman bahaya atau kemungkinan kesalahan yang dapat terjadi. Perancangan ulang pencahayaan yang nyaman dan mendukung kesehatan dan keselamatan kerja perlu dianalisis melalui data di lingkungan tempat kerja (Darmasetiawan, 1991; dan Harten, 1985). Di bawah ini adalah rerata dari tiga kali pengukuran tempat kerja, dan kuantifikasi data kualitatif dari lingkungan kerja antara lain, tinggi bidang kerja: 0,5 m; faktor-faktor refleksi: langit-langit warna coklat sedang (*rp*) 0,7; dinding warna coklat muda (*rw*) 0,5; bidang kerja (*rm*) 0,1; dan depresi pemeliharaan tiap 2 tahun (*d*) 0,8.

Perhitungan perancangan ulang meliputi indeks bentuk ruangan, efisiensi refleksi ruangan dengan nilai-nilai *k*, *rp*, *rm*,

rw ; Intensitas penerangan yang ditentukan: 400 lux, dengan jenis lampu yang digunakan: 2 x TL 40 Watt roster sejajar; Jumlah titik nyala (n) ditentukan berdasarkan persamaan:

$$n = \frac{E \times A}{\phi \text{ Arm} \times \eta \times d}$$

$$E = 400 \text{ Lux}$$

$$\phi \text{ Arm} = 2 \times 2500 \text{ lumen}$$

$$A = 7 \times 4,5 \text{ m}^2 = 33,75 \text{ m}^2$$

$$\eta = 0,55$$

$$n = \frac{400 \times 33,75}{5000 \times 0,55 \times 0,8}$$

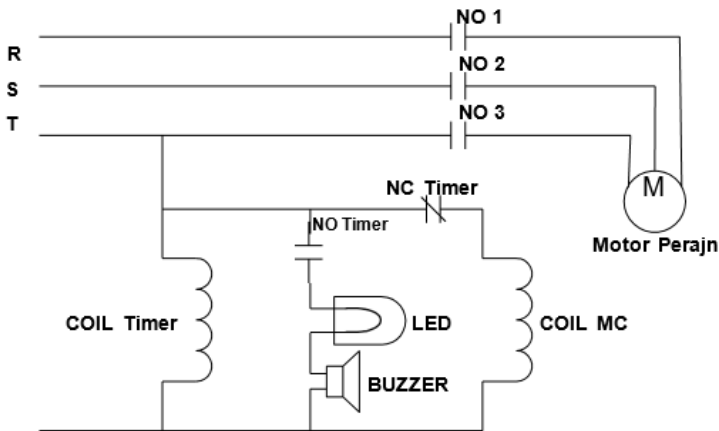
$$n = 6, \text{ berarti dibutuhkan enam buah lampu.}$$

Lampu tersebut berupa *tube-lamp* neon 2x40 watt sejajar dalam armatur yang berlapis reflektor atau cat putih, yang ditanam sejajar dengan atap atau plafon. Sejumlah lampu tersebut sudah dapat memenuhi kebutuhan pekerja dalam menjalankan operasi dengan tingkat keakuratan sedang. Pencahayaan yang memadai akan membuat pekerja menjadi merasa nyaman, lebih teliti dan hati-hati dalam bekerja, terutama dalam pengoperasian sistem automasi yang sangat membutuhkan akurasi. Hal tersebut secara langsung akan mendukung kesehatan dan keselamatan kerja, dan secara tidak langsung akan mendukung peningkatan produktivitas kerja.

e. Perancangan ulang sistem automasi di proses perajangan

Salah satu perancangan ulang perbaikan proses produksi di ruang perajangan adalah dengan menerapkan sistem automasi pengontrolan bahan baku yang akan masuk ke dalam mesin perajang. *Hopper* tempat pemasukan bahan

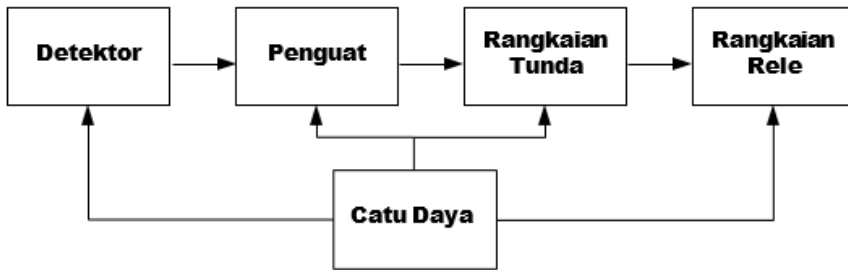
baku, sebaiknya dilengkapi dengan sensor ketinggian bahan baku (dapat menggunakan *LDR*, atau inframerah) yang dihubungkan secara otomatis ke mesin perajang. Sensor ini akan memberi tahu jika bahan baku nabati yang dirajang akan habis atau bila telah habis akan mematikan mesin perajang secara otomatis. Sensor tersebut dapat dikombinasi dengan penggunaan *timer*, *andon*, dan *buzzer*, yang akan memberi tanda berupa cahaya dan suara jika kekurangan bahan baku atau terjadi kesalahan. Pengisian bahan baku dapat menggunakan ban berjalan yang akan mengangkat dan memasukkan nabati secara otomatis. Sistem automasi mesin rajang juga dapat dikembangkan dengan menggunakan PLC (*programmable logic controller*), dengan pengaturan yang berdasarkan waktu operasi. Gambar 47 adalah skema rangkaian sederhana sistem automasi pemantauan bahan baku dalam corong mesin perajangan, yang dilengkapi dengan saklar utama (NO), pembatas waktu (*timer*), lampu tanda (LED) dan tanda suara (*buzzer*).



0

Gambar 47 Skema Pemantauan Bahan Baku di Corong (*Hopper*)

Penggunaan sensor inframerah sebagai detektor jalur bahan baku nabati yang akan dirajang akan mematikan mesin jika ada salah satu jalur yang tidak terisi bahan baku. Gambar 48 adalah diagram blok proses kerja pengendalian secara sederhana.



Gambar 48 Diagram Blok Detektor Nabati dengan Inframerah

Rangkaian detektor digunakan untuk mendeteksi jalur nabati terisi atau tidak. Jika jalur terisi, detektor tidak bekerja akan memberikan logika 0 ke rangkaian penguat. Lalu jika tidak ada bahan baku, detektor akan memberikan logika 1. Rangkaian penguat digunakan untuk menguatkan sinyal dari rangkaian detektor karena biasanya sinyal yang keluar dari rangkaian detektor masih lemah. Komponen yang digunakan adalah *op-amp*. Rangkaian tunda digunakan sebagai tunda waktu untuk memastikan bahwa detektor bekerja karena betul-betul jalur tidak terisi bahan baku nabati yang akan dirajang. Komponen yang digunakan adalah IC 555. Rangkaian rele digunakan untuk menggerakkan atau menghentikan berputarnya motor penggerak ban berjalan. Komponen yang digunakan adalah *rele* dan *transistor*. Catu daya digunakan untuk memberikan suplai tegangan pada rangkaian penguat, rangkaian tunda, serta rangkaian rele. Penggunaan *andon* (indikator lampu peraga) dan *buzzer* (alarm) untuk memberi tahu operator bahwa mesin kekurangan bahan baku atau ada masalah lain.

Hal yang sama dapat diterapkan pada bak penampung hasil perajangan. *Andon* dan *buzzer* akan memberitahukan jika isi bak telah mencapai batas tertentu. Selanjutnya operator dapat melakukan operasi lebih lanjut, misalnya dengan penggantian kain penampung, pengambilan hasil rajangan, atau mematikan mesin perajangan.

Perancangan ulang sistem automasi di atas akan memungkinkan proses perajangan berjalan dengan lebih lancar, cepat, sehat, dan aman. Pekerja akan segera mengetahui bahwa bahan baku nabati yang di dalam *hopper* atau corong telah hampir habis atau tidak. Pekerja dapat mengamati dari ruangan yang terpisah tanpa harus melihat secara langsung sehingga tidak membahayakan kesehatan dan keselamatan pekerja.

B. Hasil Proyek di Proses Ekstraksi

Di bawah ini, disajikan deskripsi data yang telah dikumpulkan. Hasil analisis meliputi kelebihan dan kelemahan sistem kerja. Terdiri dari lingkungan kerja dan sistem automasi proses produksi, di ruang atau tahap proses ekstraksi. Analisis dan pembahasan menggunakan metode SWOT yang didukung oleh statistik deskriptif.

1. Deskripsi dan analisis data lingkungan kerja

Fungsi ruang ini adalah tempat proses ekstraksi bahan baku nabati dilakukan. Ekstraksi adalah proses pengambilan kandungan zat-zat aktif yang terdapat dalam suatu bahan baku nabati jamu. Ruang ini terdiri dari dua lantai, lantai pertama digunakan untuk menampung hasil ekstraksi dan evaporasi. Di lantai ini terdapat mesin pemeras sentrifugal, untuk menyaring ampas dari proses ekstraksi. Di lantai dua terdapat tangki untuk proses ekstraksi dan evaporasi. Lantai pertama dan kedua dihubungkan dengan tangga. Saat beroperasi, dua orang pekerja harus naik

turun tangga membawa alkohol dengan ember plastik, ke tangki ekstraktor setinggi 2 meter. Hal ini sangat membahayakan karena apabila pekerja terpeleset jatuh, alkohol akan tumpah sehingga sangat membahayakan bagi pekerja, produksi, dan juga ruangan kerja. Menaikkan nabati ke tangki ekstraktor juga dengan manual, dengan cara melemparkan karung ke lantai dua. Bila plastik tempat nabati pecah, hasil rajangan seperti cabe Jawa dapat masuk ke mata dan akan membahayakan para pekerja.

Selain itu mengangkat dan membungkuk, membawa beban 35–50 kg, dengan naik tangga, akan dapat menimbulkan kelelahan otot pekerja dengan lebih cepat, dan dapat mengakibatkan cedera otot dan tulang belakang (CTD). Cara pengangkutan yang sangat tidak efisien ini, berarti menambah *lead time* produksi. Di bawah ini disajikan hasil observasi mendalam, pengukuran langsung, dan data dokumentasi yang relevan di proses ekstraksi dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 3 Data Hasil Observasi Ruang Ekstraksi

| No. | Rincian | Rerata | Keterangan |
|-----|---------------------|---------------------|--------------------------|
| 1) | Ukuran ruangan | 9 x 6 m | panjang x lebar |
| 2) | Tinggi ruangan | 10 m | |
| 3) | Volume ruangan | 405 m ³ | panjang x lebar x tinggi |
| 4) | Luas lantai | 54 m ² | panjang x lebar |
| 5) | Jumlah pekerja | 3 orang | |
| 6) | Luas jendela | 4 m ² | |
| 7) | Luas dinding | 201 m ² | |
| 8) | Luas atap | 61,7 m ² | |
| 9) | Atap ruangan | - | seng |
| 10) | Suhu udara | 37 °C. | saat beroperasi |
| 11) | Lum. cahaya lt.atas | 120Lux | |
| 12) | Lum.cahaya lt.bawah | 70Lux | lampu neon: 2 x 20 Watt |
| 13) | Warna lantai | - | putih |

| | | | |
|-----|---|--------------------------|--|
| 14) | Warna dinding | 90 cm | cokelat muda (karena cat lama) |
| 15) | Tinggi tangki | 160 cm | |
| 16) | Tinggi operator | 165,4 cm | |
| 17) | Motor ekstraksi | | 2x 2HP dan 1x3HP |
| 18) | Motor <i>exhaust-fan</i> | | 3x0,5HP |
| 19) | Kebisingan | 89,3 db | |
| 20) | Alkohol | | saat operasi berupa <i>fume</i> |
| 21) | Jarak antar tangki | 50 cm | saat beroperasi (BTKLY) |
| 22) | Jumlah tangki | | 4 buah |
| 23) | Tinggi tangki | 90 cm | |
| 24) | Pjg. pan. kend. mesin penggodokkan | 45 cm | |
| 25) | Lb. pan. kend. mesin penggodokkan | 30 cm | |
| 26) | Pjg. pan. kend. mesin evaporasi | 65 cm | |
| 27) | Lb. pan. kend. mesin evaporasi | 40 cm | |
| 28) | Tg. panel lantai dari lantai hidrokarbon | 150 cm | |
| 29) | Uap alkohol atau yang terukur sebagai hidrokarbon | 12,1075ug/m ³ | BTKL Y, NAB=160 ug/m ³ Pekat menyesakkan nafas |

a. Potensi sumber bahaya dari uap alkohol

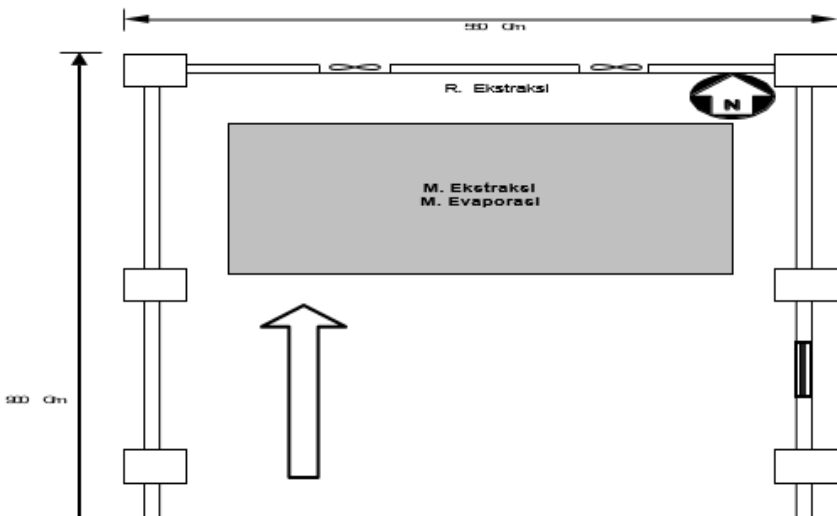
Terdapat beberapa kekurangan dalam ruangan ini misalnya tidak ada tempat yang terpisah khusus untuk drum alkohol, padahal bahan ini bersifat eksplosif. Nabati keluaran dari tangki ekstraktor disaring terlebih dahulu, sebelum dimasukkan ke tangki evaporator. Pemisahan ampas dengan alkohol menggunakan mesin peras sentrifugal. Menimbulkan uap alkohol atau yang terukur sebagai hidrokarbon, berbau sangat menyengat, menyesakkan napas, ruangan terasa panas dan pengap. Hal ini akan sangat berpengaruh bagi

kenyamanan dan kesehatan pekerja, yang berakibat pada waktu kerja yang menjadi semakin lama. Alkohol atau yang terukur sebagai hidrokarbon merupakan bahan kimia yang biasa digunakan dalam proses ekstraksi (WHO, 1995) jika terkena panas dapat mengeluarkan senyawa yang sangat iritan seperti *fosgen* dan asam hidrofluorat. Alkohol adalah sejenis hidrokarbon dengan satu atom hidrogen diganti dengan satu gugus hidroksil, keduanya digunakan sebagai bahan penyari dalam proses ekstraksi. Keluhan yang dapat diungkapkan adalah adanya perasaan telah terbiasa atau ingin membaui uap alkohol (narkosis), mula-mula adanya perasaan mual, agak pening, pedih di hidung (membrana mukosa) dan mata, serta merasa sesak nafas. Akibat klinis lebih lanjut adalah dapat menimbulkan dermatitis, kerusakan hati dan ginjal, serta dapat mengakibatkan kerusakan saraf optik dan saraf pusat (WHO, 1995). Terutama saat uap dari cairan pelarut campuran alkohol dan air serta yang terukur sebagai hidrokarbon menguap bersamaan dengan proses penirisan di mesin sentrifugal.

b. Kondisi udara

Pabrik jamu yang diolah secara modern menggunakan mesin-mesin bertenaga listrik sebagai penggerak. Peralatan yang akan menambah beban kalor antara lain adalah motor sebagai penggerak, elemen pemanas, dan lampu pencahayaan. Motor hampir digunakan pada tiap-tiap ruangan produksi ekstraksi sehingga merupakan peralatan yang paling banyak menimbulkan beban kalor. Beberapa contoh peralatan pada ruangan ekstraksi yang merupakan beban kalor adalah motor sebagai pemutar pompa cairan, uap alkohol atau yang terukur sebagai hidrokarbon yang bercampur hasil ekstraksi, motor pengering sentrifugal, tangki ekstraksi yang dialiri uap panas, serta lampu TL sebagai penerang

ruangan. Saat proses ekstraksi dilakukan suhu ruangan mencapai 37°C . Temperatur tersebut terlalu tinggi, melebihi ukuran standar yang dianjurkan yaitu berkisar 24°C – 26° (Sutalaksana dkk., 1979). Hal ini jika dibiarkan akan berakibat kurang baik bagi para pekerja yang terlibat pada proses tersebut. Kondisi temperatur melebihi 30°C akan berpengaruh terhadap aktivitas mental, daya tanggap mulai menurun, cenderung membuat kesalahan dalam pekerjaan, dan timbul kelelahan fisik (Berry, 1998), dengan tingginya suhu maka akan menurunkan kinerja pekerja. Ventilasi yang digunakan ada dua macam cara yaitu alamiah dan buatan. Sistem alamiah dengan menggunakan pintu yang dibuka, sedangkan Sistem secara buatan menggunakan dua buah *exhaust fan*. Sistem ventilasi ini dirasakan masih sangat kurang bila saat terjadi operasi penirisan dengan mesin sentrifugal karena uap alkohol masih terasa pekat. Di ruang ini belum dilengkapi dengan penyedot uap alkohol yang didukung oleh filter yang memadai. Gambar 49 adalah denah ruang ekstraksi seperti apa adanya.



Gambar 49 Ruang Ekstraksi dan Evaporasi

c. Pencahayaan

Pencahayaan yang ada bersifat alamiah menggunakan jendela dan menggunakan lampu ber-armatur putih. Ternyata luminasi sumber cahaya masih jauh dari standar yang dianjurkan (70–120 Lux). Padahal, pekerjaan tersebut dapat digolongkan ke dalam jenis pekerjaan menengah, di mana luminasi cahaya yang direkomendasikan adalah 200–500 Lux.

d. Kebisingan

Kebisingan dalam ruang ini ternyata tidak melampaui ambang batas walaupun saat mesin sentrifugal dioperasikan. Dua buah motor yang bekerja saat proses ekstraksi dan evaporasi juga tidak menimbulkan gangguan yang berarti. Oleh karena itu, pihak BTKL Yogyakarta tidak merasa perlu untuk melakukan pengukuran.

e. Sistem automasi di proses ekstraksi

Pengoperasian mesin ekstraksi, evaporasi, dan sentrifugal masih bersifat mekanis belum semi-otomatis. Peranan operator dalam pemantauan keberlangsungan proses operasi mesin ekstraksi sangat dominan. Baik menjalankan mesin, mengatur valve, memasukkan cairan penyari (alkohol dan DIW), mengeluarkan hasil cairan, menjalankan mesin sentrifugal, maupun sampai dengan memompa cairan ke mesin evaporator. Operator dalam hal ini, akan terpapar langsung dengan uap alkohol, sampai proses penirisan selesai dan selama pengambilan ampasnya.

Sumbangan hasil perancangan ulang sistem automasi terhadap peningkatan produktivitas kerja akan dapat diketahui, melalui perbandingan waktu yang dibutuhkan saat proses ekstraksi berlangsung. Seberapa perbedaan waktu yang digunakan pada saat sebelum dan sekiranya sesudah penerapan hasil rancangan sistem automasi, akan menunjukkan kedalaman manfaat atau

sumbangan sistem automasi tersebut. Tabel 4 di bawah ini adalah hasil pengukuran dan observasi mendalam terhadap proses ekstraksi dan evaporasi pada keadaan yang nyata.

Tabel 4 Data Pengamatan Waktu Proses Ekstraksi

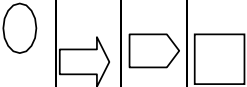
| Unsr | Deskripsi | Pengamatan | | | | | Total (menit) | Rerata waktu |
|-----------|--|------------|------|------|------|------|---------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| Ekstraksi | Penimbangan alkohol | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,4 | 3,2 | 16,5 | 3,3 mn |
| | Mengangkat alkohol naik ke tangki ekstraktor | 12,1 | 12,2 | 12,3 | 12,3 | 12,1 | 61 | 12,2 mn |
| | Waktu tunggu alkohol | 10 | 15 | 10 | 10 | 12 | 57 | 11,4 mn |
| | Membawa nabati ke tangki ekstraktor | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 33 | 6,6 mn |
| | Persiapan dan pengadukan bahan | 7 | 8 | 7 | 8 | 7 | 37 | 7,4 mn |
| | Ekstraksi | 360 | 318 | | | | 678 | 339 mn |
| | Waktu tunggu | 245 | 235 | | | | 480 | 240 mn |
| | Mengeluarkan ekstrak untuk disaring | 30 | 32 | 35 | 30 | 35 | 167 | 33,4 mn |
| | Mengambil ampas | 20 | 20 | 17 | 15 | 17 | 89 | 17,8 mn |

Diasumsikan semua pekerja mempunyai faktor penyesuaian yang sama yaitu 1,17. Kemudian ditentukan waktu normalnya $W_n = W_s \times p$. $W_s = 7,345$ jam, $W_n = W_s \times p = 7,345 \times 1,17 = 8,59$ jam. Faktor kelonggaran yang meliputi beratnya tenaga yang dikeluarkan 19%, sikap bekerja berdiri diatas dua kaki 2%, gerakan kerja sulit 5%, kelelahan mata 5%, keadaan temperatur tinggi 20%, keadaan atmosfer 10%, Keadaan lingkungan 5%, sehingga

jumlah totalnya 66 %. Jadi waktu baku untuk proses ekstraksi adalah $W_b = W_n + (W_n \times fp) = 8,59 + (8,59 \times 0,66) = 14,3$ jam.

Hasil pengamatan secara mendalam terhadap proses ekstraksi, selanjutnya dituangkan menjadi diagram alir. Diagram ini akan mentabulasikan aktivitas dan waktu yang dibutuhkan dalam proses ekstraksi. Penilaian kedalaman hasil perancangan sistem automasi dapat diketahui dengan perbandingan peta kerja tersebut, antara keadaan sebenarnya dan sekiranya sesudah sistem automasi diterapkan.

Tabel 5 Diagram Alir Proses Ekstraksi

| Unsur | Deskripsi | |  | | | | Waktu (menit) | Ket. |
|-----------|-------------------------------|-----|---|---|---|---|---------------|--------|
| | | | • | → | ▸ | □ | | |
| ekstraksi | Penimban ganalkohol | | • | | | | 3,3 | |
| | Mengangk at ember alkohol | 4 m | | • | | | 12,2 | manual |
| | Waktu tunggu alkohol | | | | • | | 11,4 | |
| | Membawa nabatike ekstraktor | 4 m | | • | | | 6,6 | manual |
| | Persiapan, peng-adukan bahan | | • | | | | 7,4 | |
| | Ekstraksi | | • | | | | 339 | mesin |
| | Waktu tunggu diruang ekstrasi | | | | • | | 240 | |
| | Mengeluarkan untuk disaring | | • | | | | 33,4 | |
| | Mengambil ampas | | • | | | | 17,8 | |

Mesin yang digunakan sudah bersifat mekanis, dengan menggunakan motor vakum, sentrifugal, pompa aliran steam

dan motor pengaduk, tetapi masih bersifat terbuka atau termasuk dalam kategori semi-otomatis. Peranan manusia dan mesin dalam proses ini mendekati seimbang sifat interaksinya. Pengoperasian masing-masing mesin masih sepenuhnya di bawah pengontrolan manusia secara langsung. Melalui peta kerja dan perhitungan waktu baku di atas, akan dapat dibandingkan sumbangan sistem automasi produksi terhadap peningkatan produktivitas kerja.

2. Peluang perancangan ulang pada proses ekstraksi

Tujuan utama perancangan ulang ini adalah untuk meningkatkan produktivitas kerja atas dasar kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan para pekerja. Caranya dengan memperbaiki kondisi lingkungan kerja dan sistem automasi proses produksi seperti dalam analisis di atas. Perbaikan tersebut meliputi pengendalian potensi sumber bahaya uap alkohol dan hidrokarbon, kondisi udara dan ventilasinya, pencahayaan di ruang kerja, serta sistem automasi pemasukan cairan penyari (alkohol dan DIW) dan ekstraksi dengan menggunakan PLC (*programmable logic controller*).

a. Pengendalian potensi sumber bahaya uap alkohol

Paparan uap atau kabut alkohol atau yang terukur sebagai hidrokarbon saat pemerasan dengan mesin sentrifugal sangat pekat dan mengganggu, untuk itu sebaiknya dieliminasi. Mesin peras sentrifugal tersebut dapat diisolasi dengan rapat menggunakan bahan yang tembus pandang (kaca-fiber, akrilik, termoplastik, dll) yang dilengkapi lubang pengontrol, agar uap alkohol atau yang terukur sebagai hidrokarbon tidak dapat keluar mencemari ruangan dan pekerja. Gasket pada penutup tangki ekstraksi dan pada ruang isolasi mesin pemerasan, seharusnya dirawat dan diperbaiki secara berkala, agar tidak bocor.

Sebaliknya, dapat digunakan cara lainnya, yaitu pembuatan ruang terisolasi bagi operator yang terpisah dari ruang operasi kerja proses ekstraksi. Ruang ini memiliki sistem ventilasi yang berbeda (Burton,1994).

Penggunaan alat pelindung diri berupa masker khusus untuk kimia, kaos tangan, sepatu kerja, tutup kepala, dan baju kerja, sebaiknya tetap diutamakan sesuai dengan kebutuhan dan jenis potensi bahaya yang ada (Pritchard, 1976). Alat proteksi diri ini, merupakan tindakan terakhir yang bersifat preventif, dengan tetap mengutamakan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja.

b. Perancangan ulang pengondisian udara

Peluang pengembangan sirkulasi udara, dengan pemasangan *exhaust-fan* dan *inhaust-fan* yang dilengkapi dengan *fume-collector* sangat diperlukan untuk membantu mengurangi paparan uap alkohol atau yang terukur sebagai hidrokarbon atau alkohol tersebut. *Fume-collector* dibuat satu sistem dengan *dust-collector*, yaitu dengan menggunakan filter basah yang dilengkapi dengan karbon aktif, sehingga dapat menghemat biaya operasional. *Exhaust-fan* diletakkan di atas mesin peras sentrifugal, di dinding atau di atap mesin ekstraksi dan evaporasi. *Inhaust-fan* diletakkan di sebelah yang berseberangan, dengan kapasitas daya 10% lebih rendah (ACGIH, 1995). Perlengkapan ventilasi tersebut sebaiknya dilengkapi dengan sensor dan pengatur suhu udara. Fan untuk ventilasi tersebut akan mati dan hidup sesuai dengan kebutuhan karena dikendalikan melalui PLC (*programmable logic controller*).

Pengondisian udara dengan menggunakan AC jenis *split* atau terpisah adalah untuk menciptakan temperatur udara nikmat dengan tanpa interaksi kontaminan dari

ruang lainnya. Hal ini dapat dilakukan dengan asumsi jika kebocoran uap alkohol sudah dapat dieliminasi semaksimal mungkin (Pritchard, 1976). Alternatif lainnya adalah AC hanya ditempatkan pada ruang kendali oleh operator yang terisolasi dari mesin-mesin ekstraksi. Konsekuensinya sistem automasi yang diterapkan sudah memungkinkan untuk operasi mesin secara *remote*. Dengan demikian, pekerja tidak akan menerima paparan uap alkohol dan panas dari ruang proses ekstraksi. Unit AC yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan yang telah mempertimbangan kondisi lingkungan kerja dan ruangan adalah lima buah dengan daya masing-masing 1.200 Watt, dengan kapasitas pendingin 3.450 kcal/jam atau 12.000 Btu/jam, karena beban kalor ruangan adalah 7.304,67 kcal/jam atau 28.999,5 Btu/jam. Jika dipasang pada ruang kendali operator cukup menggunakan sebuah saja.

c. Perancangan ulang pencahayaan di ruang ekstraksi

Perancangan ulang pencahayaan bertujuan untuk meningkatkan luminasi di ruang ekstraksi yang semula berkisar 70–120 Lux, menjadi memenuhi standar kenyamanan yaitu 250–500 Lux. Harapannya adalah terpenuhinya kenyamanan dan kesehatan mata para pekerja. Selain itu, pekerja akan menjadi lebih teliti, hati-hati, dan waspada, terutama dalam mengoperasikan sistem automasi proses ekstraksi yang memerlukan keakuratan. Dengan demikian keselamatan pekerja juga akan terjamin, yang selanjutnya akan dapat mendukung peningkatan produktivitas kerja.

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam perhitungan pencahayaan antara lain adalah tinggi bidang kerja 0,5 m; faktor-faktor refleksi: langit-langit warna coklat sedang (rp) 0,7; dinding warna coklat muda (rw) 0,5; bidang kerja (rm) 0,1; faktor depresi pemeliharaan tiap 2 th. (d) 0,8; perhitungan

meliputi indeks bentuk ruangan, efisiensi ruangan dengan nilai-nilai k , rp , rm , rw , intensitas penerangan dari tabel I Van Harten II ditentukan 450 Lux; jenis lampu yang digunakan 2 x TL 40 Watt roster sejajar. Jumlah titik nyala (n) ditentukan berdasarkan persamaan:

$$n = \frac{E \times A}{\phi \text{ Arm} \times \eta \times d}$$

$$E = 450 \text{ Lux} \qquad \phi \text{ Arm} = 2 \times 2500 \text{ lumen}$$

$$A = 11,5 \times 4,5 \text{ m}^2 = 51,75 \text{ m}^2 \qquad \eta = 0,427$$

$$450 \times 51,75$$

$$n = \frac{\quad}{5000 \times 0,43 \times 0,8}$$

$n = 13,49$; berarti dibutuhkan lampu sebanyak 14 buah (dibulatkan)

Pemasangan lampu, dengan armatur yang dilengkapi reflektor secara merata pada atap plafon. Tujuannya agar tidak mudah menangkap debu. Tingkat iluminasi cahaya dalam perancangan ulang ini, atas dasar asumsi, bahwa ruangan dapat digunakan pada malam hari atau untuk produksi secara terus-menerus. Adapun saat siang hari, penggunaan lampu dapat dikurangi, karena dikombinasi dengan cahaya sinar matahari melalui jendela yang dirancang di langit-langit ruangan.

d. Perancangan ulang sistem automasi proses ekstraksi

Peluang perancangan ulang untuk perbaikan pengendalian mesin pada proses ekstraksi antara lain adalah

sistem automasi untuk menaikkan campuran cairan alkohol dan air yang digunakan dalam proses ekstraksi setinggi dua meter. Proses yang sama juga digunakan untuk menaikkan cairan ekstrak dari mesin peras sentrifugal langsung ke tangki evaporator. Ekstrak cair diusahakan tidak keluar dari pipa, sehingga bau yang dihasilkan tidak terlalu menyengat. Pompa-pompa tersebut dilengkapi dengan *valve* elektronik, dan alat penghitung volume (*counter*), agar dapat mengetahui volume yang digunakan. Selain itu, volume dan debit cairan tersebut dapat diatur dan disesuaikan penggunaan. Spesifikasi yang diperlukan adalah berkapasitas 100 liter/menit, sehingga untuk memompa cairan sebanyak 200 liter sesuai kebutuhan 1 batch, hanya memerlukan waktu 2 menit. Pompa terbuat dari bahan yang tidak bereaksi dengan alkohol atau *stainless- steel*. Hal ini dapat mengurangi beban kerja serta untuk meningkatkan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja bagi para karyawan.

Pengoperasian proses ekstraksi dapat dimodifikasi dari sistem *open-loop* (filter semi-otomatis) menjadi *close-loop* yang lebih otomatis, dengan menggunakan bantuan PLC. Pemantauan setiap aspek dalam proses ekstraksi sebaiknya menggunakan bantuan sensor dan transduser. Sensor dan transduser ini akan membantu proses sistem automasi produksi. Sensor panas, cairan, dan tekanan, dihubungkan dengan indikator panas, cairan, dan tekanan, diletakkan di sebuah panel, untuk memudahkan pengontrolan. Sensor dan indikator tersebut dapat dikombinasi dengan penggunaan *timer*, *andon*, dan *buzzer*, seperti halnya pada proses perajangan, tetapi dapat dikendalikan dengan PLC.

Peluang perbaikan yang lain adalah penggunaan PLC untuk mengendalikan secara otomatis mesin dan katup,

sesuai urutan prosedur proses ekstraksi dan evaporasi. Misalnya pembukaan dan penutupan *valve* cairan, atau uap panas (*steam*), mengendalikan putaran beberapa motor, baik motor pengaduk, motor pompa, maupun motor pemeras sentrifugal, secara bergantian, berurutan, atau berdasarkan masukan sinyal perintah dari sensor dan transduser.

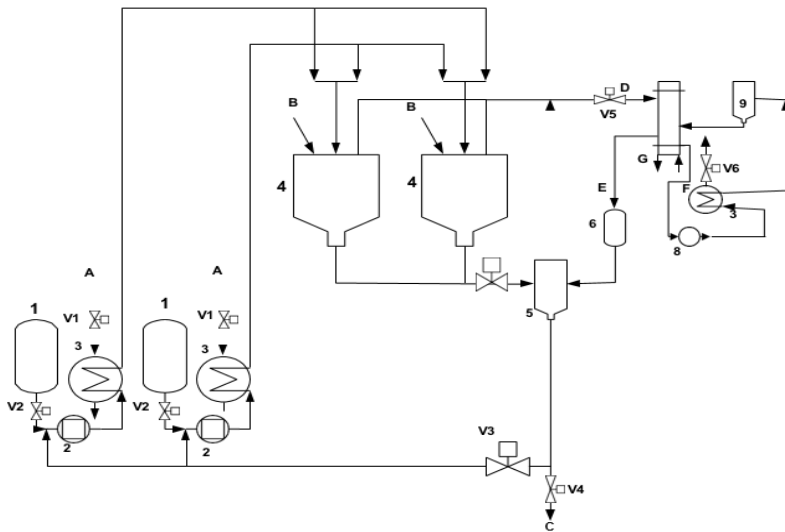
Pengambilan zat-zat aktif ini dapat dilakukan dengan cara perendaman (maserasi), penggodokan (infundasi) dan perkolasi. Proses ekstraksi dengan cara perendaman yaitu nabati yang sudah dirajang dan dicampur sesuai formula untuk suatu *batch* tertentu (sudah merupakan formula), tangki ekstraktor diisi dengan cairan pelarut (alkohol + DIW) dalam ukuran tertentu (200 liter/1 batch) kemudian nabati yang sudah dirajang tadi dimasukkan sedikit demi sedikit bersamaan dengan pengoperasian alat pengaduk yang ada dalam ekstraktor, masukkan nabati dan aduk hingga merata. Kemudian tutup kembali ekstraktor, kemudian diamkan dalam waktu tertentu ($\pm 2 \times 24$ jam). Setelah itu buka ekstraktor tampung pada mesin peras sentrifugal di lantai bawah untuk memisahkan ampas dan ekstrak cairnya. Setelah mesin peras tidak lagi mengeluarkan ekstrak cair lagi, maka dilanjutkan proses evaporasi.

Proses ekstraksi dengan cara penggodokan yaitu masukkan *De Ionized Water (DIW)* ke dalam tangki ekstraktor dalam jumlah atau ukuran tertentu, panaskan sampai mendidih (± 3 jam), setelah mendidih matikan mesin dan buka penutupnya, masukkan nabati yang akan diproses sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga merata (aduk manual dengan kayu). Setelah selesai, tutup tangki ekstraktor lalu operasikan alat pengaduk otomatis selama 10 sampai 15 menit, matikan dan diamkan selama 30 menit (agar temperaturnya

menurun untuk memudahkan proses penyaringan). Langkah selanjutnya siapkan mesin peras sentrifugal, masukkan semua hasil ekstraksi sedikit demi sedikit agar mesin peras sentrifugal dapat mencapai kecepatan maksimum. Tampung ekstrak cair yang keluar dan hentikan mesin sentrifugal, ekstrak cair tersebut siap dievaporasi.

Perkolasi dilakukan dengan mengalirkan pelarut dari atas ke bawah. Pengaliran itu dilakukan dengan sirkulasi pelarut dengan bantuan pipa, pompa, dan *balance tank*. Selama disirkulasikan pelarut dan ekstrak dipanaskan di dalam *heat exchanger* oleh *steam*. Sirkulasi dilakukan selama dua sampai tiga jam. Simplisia yang telah siap diekstraksi dimasukkan ke tangki perkolasi, kemudian dialirkan *steam* ke dalam tangki yang telah ditutup selama 15 menit. *Steam* yang dialirkan (sebelum diisikan pelarut) merupakan suatu cara untuk membuka sel-sel dari simplisia agar menjadi renggang dan mudah dimasuki oleh pelarut. Kemudian pelarut yang sesuai dialirkan ke dalam tangki perkolasi dengan volume yang telah ditetapkan. Perbandingan volume pelarut dengan simplisia berkisar antara 6:1 sampai 8:1. Pelarut yang telah dimasukkan tidak langsung disirkulasikan tetapi dibiarkan lebih dulu untuk merendam simplisia. Hal ini dilakukan untuk memberikan kesempatan yang sebesar-besarnya kepada pelarut memasuki seluruh pori-pori simplisia sehingga mempermudah proses ekstraksi. Perkolasi dilakukan sekaligus dengan perendaman simplisia di dalam tangki selama sirkulasi pelarut berlangsung. Perkolasi dilakukan dengan mengalirkan pelarut dari dalam tangki perkolasi menuju tangki separasi untuk kemudian dimasukan kembali dalam *balance tank*. Dari *balance tank* ekstrak dipanaskan dengan *heat exchanger* dan kemudian masuk kembali melalui bagian atas tangki perkolasi. Aliran

proses ekstraksi dengan cara perkolasi dapat dilihat pada gambar 50.



Gambar 50 Proses Ekstraksi dengan Cara Perkolasi

Keterangan:

- | | |
|-------------------------------|------------------|
| 1. Tangki penampung | A. Steam |
| 2. Balance tank | B. Ventilasi |
| 3. Heat exchanger | C. Ekstrak |
| 4. Tangki perkolasi | D. Uap |
| 5. Tangki separasi | E. Kondensat |
| 6. Tangki penampung kondensat | F. Ice water |
| 7. Kondensor | G. Cooling water |
| 8. Pompa vacuum | |
| 9. Tangki sealing water | |

V1: Katup steam, V2: Katup penampung ekstrak cair, V3: Katup balance tank,

V4: Katup keluaran, V5: Katup kondensor, V6: Katup ice water, V7: Katup perkolasi Sistem automasi proses ekstraksi menggunakan cara perkolasi yang dikembangkan dalam

proyek ini. Di dalam unit ekstraksi ini juga terdapat kondensor untuk menampung uap dari pelarut yang ada di tangki perkolator. Kondensor ini berhubungan langsung dengan pompa vakum sehingga uap akan lebih mudah mengalir ke kondensor. Di dalam kondensor terdapat pipa air yang dialiri oleh *cooling water* sehingga fasa uap menjadi fasa cair kembali. Selain itu, air dari kondensor juga didinginkan dalam *heat exchanger* oleh *ice water* sehingga air menjadi bersuhu 10°C . Air yang telah didinginkan dikembalikan lagi ke kondensor dan dialirkan menuju tangki penampung kondensat dan masuk dalam tangki separasi untuk bercampur lagi dengan ekstrak.

Berdasarkan keterangan dan gambar di atas dapat disusun proses ekstraksi yang dilengkapi pengalamatan *input/output* pada PLC:

1. Input *push button* ditekan untuk mengoperasikan katup *steam* selama 15 menit (*push button* = 000, Katup *steam* = 50, Timer = T00)
2. Pengoperasian motor pompa untuk memompa pelarut dan katup penampung membuka sampai batas yang ditentukan. (Sensor batas pelarut = 001, rele motor = 51, katup pelarut = 52)
3. Tunda selama satu jam untuk perendaman simplisia. (*timer* = T01)
4. Setelah satu jam katup *steam* dibuka (*output* = 50)
5. Katup bawah tabung perkolasi yang menuju *balance tank* dihidupkan dan katup keluaran ekstrak ditutup (*output* = 53, dan *output* 57)
6. Motor pada *balance tank* dihidupkan (*output* = 51)
7. Rele untuk mengalirkan *cooling water* dihidupkan (*output* = 54)
8. Pompa vakum dihidupkan (*output* = 55)
9. Katup yang menuju kondensor dihidupkan (*output* = 56)

10. Proses no. 4–9 berlangsung selama 2 jam (*timer* = T02 2 jam)
11. Setelah dua jam katup keluaran ekstrak dihidupkan dan katup yang menuju *balance tank* ditutup (*output* = 57 dan *output* = 53)

Setelah *input* dan *output* diketahui alamatnya, maka selanjutnya dibuat *ladder diagram*. Adapun *ladder diagram* dari proses ekstraksi dengan perkolasi dapat dilihat pada lampiran 10. Berdasarkan diagram *ladder* di atas kemudian diterjemahkan dalam instruksi program berupa kode mnemonic. Kode mnemonic tersebut dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Program Instruksi Mneumonik

| Instruksi | Alamat | Keterangan |
|-----------|-----------|---------------------------------|
| ! | 000 | Saklar <i>Push button</i> |
| / | 200 | Rele bantu |
| &N | T 20 | Timer |
| = | 50 | Katup <i>steam</i> |
| = | 200 | Rele bantu |
| ! | 200 | |
| = | T 20. 15' | <i>Timer</i> 20 diatur 15 menit |
| ! | T 20 | <i>Timer</i> 20 |
| STR | 001 | Sensor Batas pelarut |
| FUN | 03 | |
| = | 51 | Rele motor (2) |
| = | 52 | Katup pelarut (V2) |
| ! | 001 | Sensor batas pelarut |
| &N | T 21 | |
| = | T 21. 15' | Tunda waktu 15 menit |
| ! | T 21 | |
| STR | Z 50 | <i>Counter</i> 50 |
| = | Z50. 4 | <i>Counter</i> 50 sebanyak 4 x |
| ! | Z 50 | |
| &N | Z 51 | <i>Counter</i> 51 |

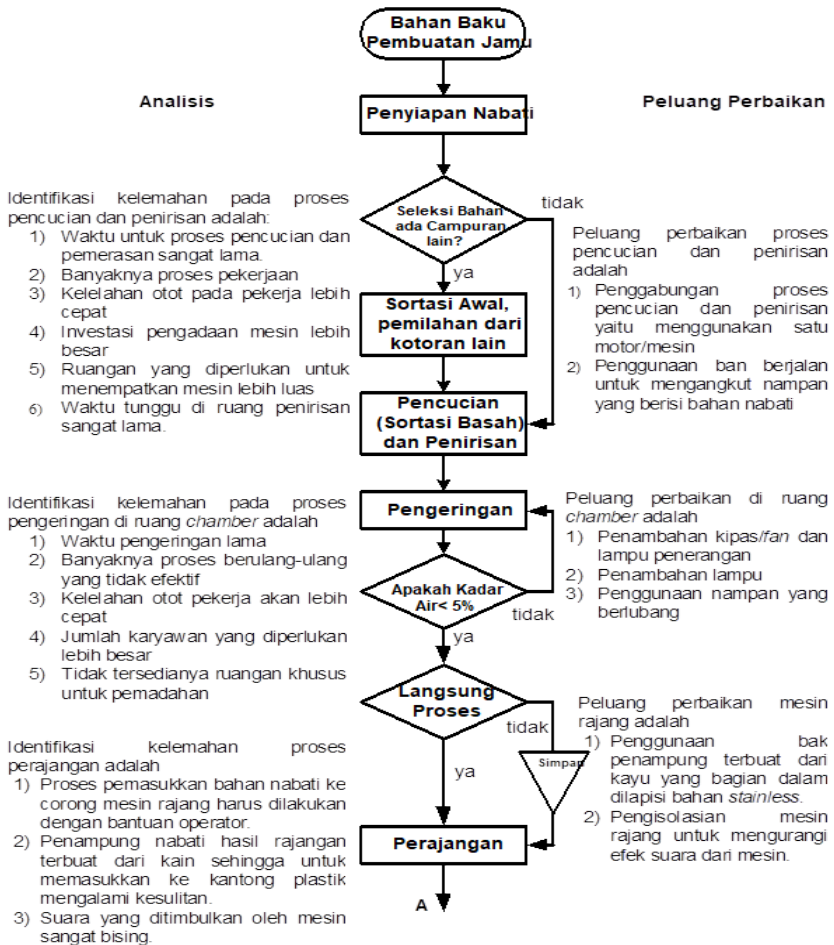
| | | |
|-----|-----------|----------------------------------|
| = | 50 | Katup Steam (V1) |
| = | 51 | Rele Motor (2) |
| = | 53 | Katup Tangki Perkolasi (V3) |
| = | 54 | Rele Cooling Water (V6) |
| = | 55 | Pompa Vakum (8) |
| = | 56 | Katup Kondensor (V5) |
| ! | Z 50 | |
| = | T 02. 15' | <i>Timer</i> 02 selama 15 menit |
| ! | T 22 | |
| STR | Z 51 | |
| = | Z 51. 8 | <i>Counter</i> Z 51 sebanyak 8 x |
| ! | Z 51 | |
| STR | 002 | Sensor batas ekstrak kental |
| FUN | 02 | |
| = | 57 | Katup keluaran |

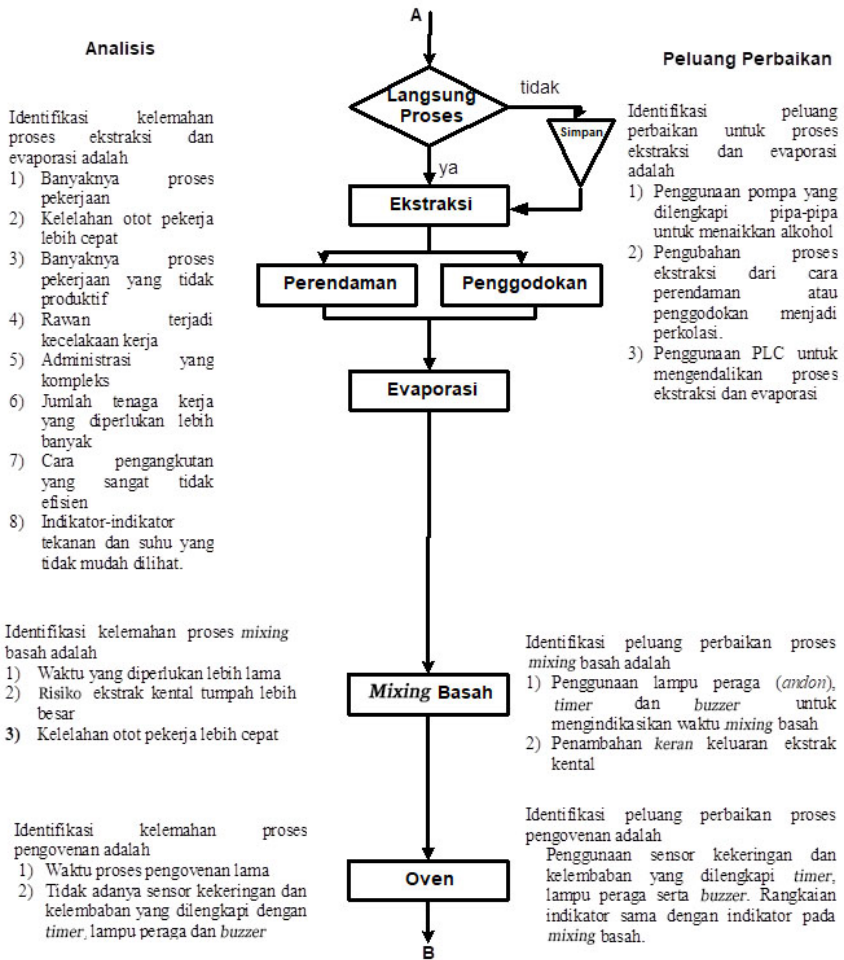
Sistem automasi tersebut di atas, akan memerlukan perlengkapan tambahan yaitu sebuah unit PLC, 15 buah klep atau *valve* yang dikendalikan dengan magnet, beberapa sensor suhu, beberapa *limit swicth*, dan perlengkapan pendukung panel kontrol. Peralatan tersebut nilai investasinya lebih murah bila dibandingkan dengan keuntungan yang akan diperoleh. Semua teknologi yang terkait dengan perlengkapan tersebut, sudah tersedia di pasaran Indonesia.

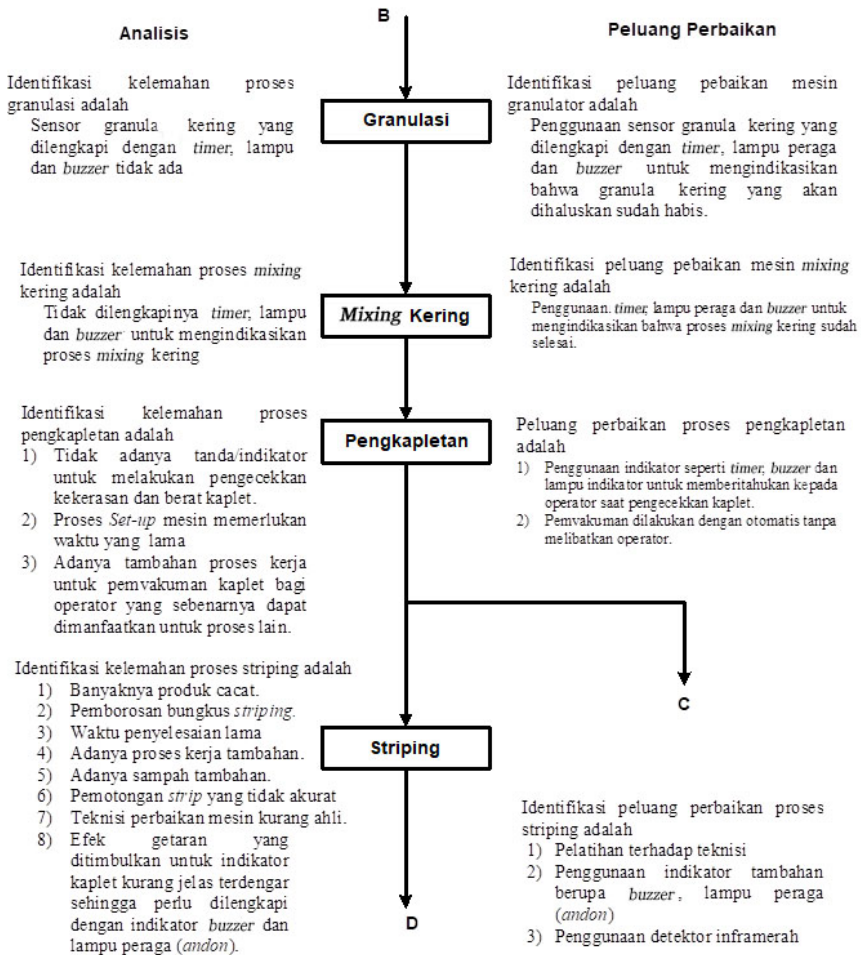
Penerapan sistem automasi dengan menggunakan PLC pada proses ekstraksi dan evaporasi di atas, akan membawa banyak keuntungan. Keuntungan yang segera didapatkan adalah terkait dengan eliminasi waktu produksi, kemudahan untuk pengontrolan, dan peningkatan produktivitas kerja. Keuntungan yang paling diharapkan adalah produktivitas kerja yang didukung oleh lingkungan kerja yang nyaman, sehat, dan aman.

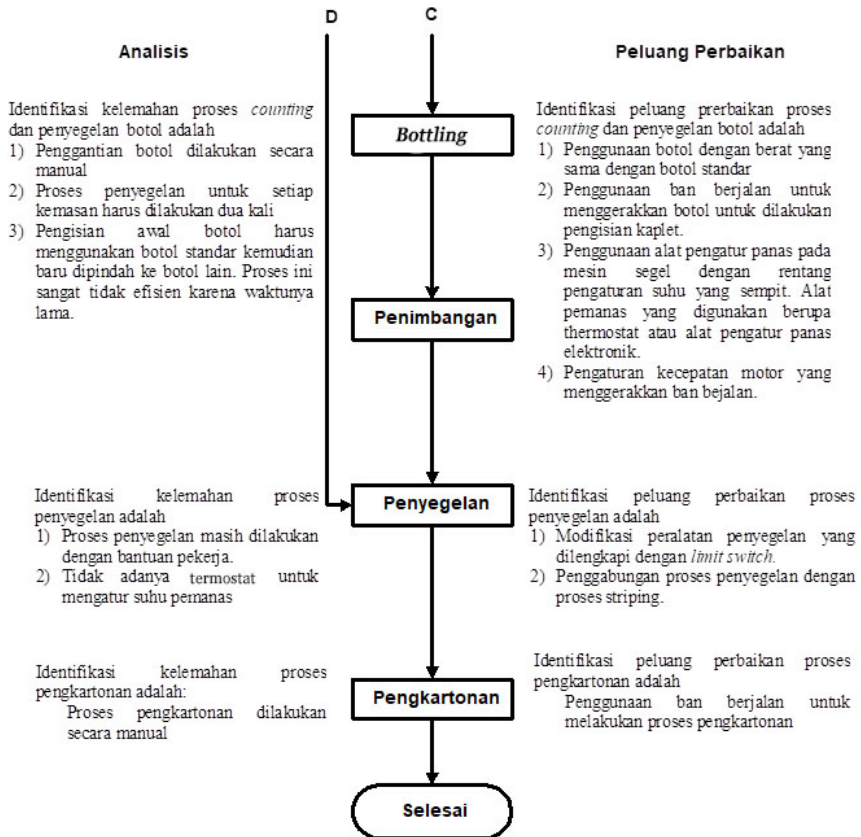
C. Flow Chart Hasil Proyek Peluang Perbaikan Jamu Ekstraksi

FLOW CHART PROSES PEMBUATAN JAMU EKSTRAK









D. Pembahasan

Pembahasan produktivitas kerja di bawah ini, meliputi perancangan ulang sistem automasi dan lingkungan kerja yang dikaitkan dengan kenyamanan, kesehatan dan keselamatan kerja. Kedalaman sumbangan atau kemanfaatan hasil perancangan ulang secara teoretis (*audit-trail*) didapatkan atas dasar pertimbangan referensi (*review*) dari para ahli yang relevan, khususnya para pimpinan atau tenaga ahli di pabrik yang bersangkutan dan Petugas evaluasi pabrik obat tradisional dari Badan POM RI.

Indikator sebagai tolok ukur yang digunakan antara lain adalah kemudahan penerapan (*aplicative, adaptability and flexibility*), kelebihan (*strenght*), kekurangan (*weakness*), peluang penyempurnaan kembali (*opportunity*), dan hambatan atau tantangan yang mungkin akan timbul dalam penerapannya (*threaty*). Deskriptornya adalah apakah lebih nyaman, sehat, dan selamat; selain itu apakah akan lebih efisien terhadap penggunaan sumber daya, efektif, dan lebih produktif (Mundel, 1994; Niebel, 1993; dan Meredith, 1992). Berdasarkan hal tersebut, maka akan dapat ditentukan tingkat kelayakan untuk diimplementasikan, dan digeneralisasikan ke proses yang sama di pabrik lain.

1. Lingkungan kerja dan produktivitas

Produktivitas kerja merupakan tujuan utama dari perusahaan pabrik jamu ekstrak. Produktivitas kerja dapat diketahui dari jumlah *output* dibagi jumlah tenaga kerja, atau dari jumlah *output* dibagi dengan jumlah waktu yang digunakan, atau jumlah *output* dibagi dengan jumlah modal untuk *input* (Aroef, 2000). Peningkatan produktivitas kerja antara lain dapat melalui perbaikan lingkungan kerja. Lingkungan kerja yang baik berarti nyaman, sehat dan aman, pasti akan dapat meningkatkan gairah kerja atau motivasi berprestasi karyawan.

Peningkatan produktivitas kerja dapat diketahui dengan cara menganalisis berbagai kelebihan dan kekurangan proses produksi dibandingkan dengan sekiranya hasil perancangan ulang telah diterapkan. Kelebihan digunakan sebagai modal untuk mengatasi kelemahannya, serta bagaimana menangkap peluang dan mengatasi tantangan dalam rangka meningkatkan produktivitas kerja lebih lanjut.

Produktivitas kerja yang baik dari suatu perusahaan tergantung dari banyak faktor yang saling terkait satu dengan lainnya. Faktor-faktor tersebut adalah tenaga kerja sebagai faktor utama, proses produksi perusahaan termasuk penerapan sistem automasi mesin yang digunakan, dan lingkungan kerja yang nyaman. Selain itu, produktivitas kerja juga dipengaruhi oleh faktor psikologis pekerja yang antara lain berupa pekerjaan yang menarik, upah yang baik, keamanan dan perlindungan dalam pekerjaan, kesehatan dan keselamatan kerja yang terjamin dan kondisi fisik pekerja (Meredith, 1992).

Menurut Suma'mur (1996) hal-hal yang dapat memengaruhi produktivitas kerja dalam lingkup lingkungan kerja antara lain pengendalian potensi sumber bahaya kebisingan, debu, alkohol, dan hidrokarbon; perbaikan kondisi udara dan pencahayaan di ruang kerja proses perajangan dan ekstraksi. Teorinya, jika lingkungan kerja diperbaiki, maka produktivitas kerja akan naik (Aroef, 2000).

Usaha untuk meningkatkan produktivitas kerja tersebut dengan perancangan ulang pengendalian PAK (penyakit akibat kerja), dan pencegahan kecelakaan kerja, dengan menggunakan pendekatan ECCS (*eliminate, combine, change, and simplify*) berdasarkan teori Barnes (1990). Penjabarannya secara terperinci adalah sebagai berikut:

a. Pengecekan kesehatan

Pengecekan kesehatan secara berkala dapat digunakan untuk mengurangi, mengendalikan, mengobati, serta mencegah timbulnya penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh faktor lingkungan kerja. Timbulnya penyakit akibat kerja harus dicegah sedini mungkin. Pengecekan kesehatan secara rutin atau berkala terhadap para karyawan atau tenaga kerja, baik sebelum maupun sesudah diterima sebagai karyawan, digunakan untuk mengetahui seberapa jauh keberhasilan pengendalian potensi sumber bahaya bagi kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja.

b. Eliminasi

Usaha eliminasi terdiri dari pengenceran (*dilution*), sirkulasi udara (*ventilation*), penyekatan (*isolation*), pengurangan (*reduction*), dan absorpsi (*absorption*). Masing-masing metode dapat dilakukan secara mandiri atau lebih baik dengan cara kombinasi. Saat memproduksi jamu ekstrak timbul potensi paparan alkohol dan debu yang ternyata melebihi nilai ambang batas. Keduanya dapat menimbulkan bahaya dalam diri pekerja. Oleh karena itu, sebaiknya dilakukan tindakan pencegahan untuk mengencerkan alkohol dan debu yang masih pekat tersebut.

Pengenceran dapat dilakukan dengan perancangan sistem ventilasi yang memadai agar terdapat sirkulasi udara yang baik, sehingga pekerja mendapatkan asupan udara segar dengan memadai untuk meningkatkan kesehatan kerja. Misalnya, dengan pemasangan *inhaust* dan *exhaust fan* dengan perbandingan yang tepat. Mesin perajangan sebagai sumber potensial paparan debu, dapat dilakukan isolasi dengan menyediakan kotak kayu yang dalamnya dilapisi *stainless-steel*, yang tertutup dengan rapat, sehingga

debu tidak dapat keluar. Begitu pula dengan corong (*hopper*) di atas mesin rajang, yang berguna untuk memasukkan bahan nabati, juga harus tertutup dengan rapat, sehingga debu tidak dapat keluar. Selain itu, kadar debu yang tinggi di ruang perajangan dapat dikurangi dengan alat penyedot debu (*dust collector*).

Potensi sumber bahaya cukup tinggi berasal dari paparan uap alkohol di mesin peras sentrifugal pada proses ekstraksi. Penumpahan hasil ekstraksi dan mesin peras dapat dirancang ulang agar dalam keadaan tertutup rapat, sehingga uap panas alkohol dan air tidak dapat menembus ke luar. Isolasi tersebut haruslah dapat dibuka dan ditutup dengan baik. Untuk mengurangi paparan alkohol, jika proses ekstraksi dapat memungkinkan, dengan mengurangi atau mereduksi kadar alkohol, misalnya perbandingan alkohol lebih rendah dari air.

Cara lainnya adalah dengan mengisolasi sumber bahaya. Misalnya peralatan mesin yang digunakan pada proses perajangan, memiliki tingkat kebisingan cukup tinggi. Kebisingan akan dapat mengakibatkan stres atau terganggunya emosi, dan menyebabkan ketulian, sehingga akan dapat menurunkan produktivitas kerja. Kebisingan dapat dikurangi dengan cara: pengendalian sumber suara yang ada, mengurangi getaran mesin, pengisolasian suara, penggunaan peredam suara, dan pemakaian pelindung telinga bagi para pekerja.

Langkah terbaik yang disarankan dalam proyek ini adalah dengan merancang mesin-mesin yang tidak bising (akrab lingkungan), dengan cara mengisolasi mesin tersebut dengan bahan kedap suara yang tembus pandang (akrilik dengan bantuan karet penyambung). Kebisingan dapat

direduksi atau dikurangi dengan cara teknis korektif (peredam bunyi) panel antipantulan, lapisan pelindung dan merancang ruang kedap suara, sehingga kebisingan tidak merembet ke ruang lain. Absorpsi adalah tindakan penyerapan, misalnya untuk kelembapan suatu peralatan dapat menggunakan bahan silika gel, untuk penyerapan bahan kimia tertentu dapat menggunakan karbon aktif. Kebisingan dapat diserap dengan sejenis bahan lunak seperti gabus atau kardus yang bergelombang, sehingga suara tidak akan dipantulkan kembali, dan akan mengalami degradasi, yang akhirnya kebisingan akan teredam atau terus berkurang. Kebisingan dan produktivitas kerja merupakan perbandingan terbalik, sehingga produktivitas kerja akan meningkat jika kebisingan dikurangi.

Pencahayaan di ruangan kerja sangat memengaruhi hasil dari pekerjaan yang sedang dilakukan. Keuntungan dari sebuah industri yang menggunakan penerangan dengan baik adalah: meningkatkan produksi dalam perusahaan, memperbaiki kualitas kerja, mengurangi tingkat kecelakaan kerja, memudahkan dalam melakukan pengawasan, memudahkan dalam melakukan pengamatan terhadap peralatan kontrol dan kendali, instrumen pengukuran, panel-panel indikator dari sistem automasi dan kelengkapan produksi lainnya, mempertinggi gairah kerja, meningkatkan kenyamanan kerja serta mengurangi kerusakan dan cacat produksi.

Sistem pencahayaan (*lighting*) di lingkungan kerja sebaiknya sesuai untuk kebutuhan kerja atau standar penyinaran nyaman di organ mata. Pencahayaan yang memenuhi standar akan dapat mengeliminasi berbagai ancaman dari sumber kesalahan kerja dan keselamatan kerja.

Luminasi cahaya yang memadai akan mendukung kesehatan kerja dan menciptakan kenyamanan selama bekerja, sekaligus akan meningkatkan produktivitas kerja.

c. Perubahan, penggantian, dan penyederhanaan

Peralatan mesin yang digunakan pada proses pembuatan jamu ekstrak yang potensial menimbulkan bahaya (debu, getaran, kebisingan, dan alkohol) hendaknya segera diatasi. Salah satu caranya adalah dengan mengubah atau mengganti sistem, mesin, atau perlengkapan, dengan hasil rekayasa yang mampu mengeliminasi sumber bahaya tersebut, atau dianggap lebih akrab lingkungan.

Perubahan dapat diartikan dengan penggantian atau penyederhanaan tahapan atau prosedur proses produksi. Semakin sederhana prosedur operasinya, akan semakin kecil kemungkinan untuk timbulnya pemborosan dan ancaman potensi sumber bahaya. Selain itu, penyederhanaan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas kerja. Perubahan dengan penyederhanaan atau penggantian tersebut di atas, harus tetap berorientasi kepada produktivitas, kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Sistem automasi atau penerapan mekatronik dan robotik, merupakan salah satu alternatif terbaik dalam menciptakan proses produksi yang nyaman, aman, sehat, dan selamat.

d. Proteksi atau perlindungan

Proteksi dapat diorientasikan kepada pekerja dengan menggunakan alat pelindung diri, atau melindungi mesin dari sentuhan manusia. Misalnya roda gigi, atau putaran rantai mesin harus diberi *safe-guard* sebagai proteksi agar tidak membahayakan pekerja.

Begitu pula dengan peralatan yang bertegangan listrik, juga harus diberi perlengkapan pembatas arus, atau

pengaman hubung singkat sebagai proteksi bagi manusia penggunaannya. Perlengkapan pelindung atau proteksi yang berupa almari atau ruang terbatas harus dilengkapi kunci pengaman (*lock-it*). Termasuk dalam hal ini adalah penyediaan perlengkapan dan peralatan termasuk deteksi dini kebakaran, pentanahan semua kelistrikan, dan pemasangan penangkap petir di lingkungan pabrik. Hal tersebut dimaksudkan untuk melindungi sistem automasi berbasis elektronik dan komputer terprogram yang digunakan dalam perancangan ulang dalam proyek ini.

Paparan debu dan uap alkohol dapat dikurangi dengan proteksi diri, para pekerja diharuskan memakai alat pelindung diri yang tepat, misalnya masker kimia yang melindungi mata, untuk melindungi pekerja dari uap alkohol di ruangan ekstraksi. Penggunaan alat proteksi diri ini sebaiknya merupakan alternatif tindakan terakhir.

e. Kombinasi

Pencegahan penyakit akibat kerja dapat dilakukan dengan kombinasi berbagai metode dan pendekatan. Misalnya, untuk mengatasi paparan debu dapat digunakan pendekatan isolasi, ventilasi, automasi, dan pemasangan *dust-collector* serta penggunaan alat pelindung diri berupa masker.

Paparan bahaya alkohol dapat dieliminasi dengan menggunakan pendekatan isolasi, reduksi bahan baku, dan ventilasi serta penggunaan alat pelindung diri berupa masker. Kebisingan dapat dieliminasi dengan cara isolasi, reduksi, dan penggunaan alat pelindung diri berupa penutup atau sumbat telinga. Kesemuanya itu harus selalu dikombinasikan dengan sanitasi yang baik, pengolahan limbah, pemeriksaan kesehatan, pendidikan dan latihan, dan berbagai tindakan antisipatif lainnya.

f. Antisipasi

Upaya apa saja untuk menghindari dan mencegah (preventif) timbulnya penyakit akibat kerja, atau berbagai potensi yang mengancam kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja di masa akan datang, disebut sebagai tindakan antisipatif. Upaya tersebut dapat berupa tindakan promotif, preventif, perawatan dan perbaikan mesin secara berkala, maupun tindakan manajemen K3 meliputi perancangan strategis, pemantauan pengevaluasian, dan pengontrolan semua aspek yang terkait dengan proses produksi jamu ekstrak. Upaya antisipasi lainnya adalah pengaturan suhu kerja yang ideal untuk menurunkan tingkat kelelahan pekerja dan meningkatkan kenyamanan kerja. Kelembapan (40–60%) dan suhu kerja yang ideal (24–26 derajat celsius) juga akan dapat menjaga keandalan dan keawetan perangkat keras sistem automasi yang bersifat elektronik dan komputerisasi.

g. Manajemen K3

Sistem manajemen K3 sebaiknya dibentuk secara terstruktur dalam organisasi perusahaan. Sistem ini yang akan menangani berbagai hal yang terkait dengan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja serta masalah lingkungan (*environment, health, and safety*). Hal tersebut meliputi perencanaan, pengorganisasian, pengadaan, pelaksanaan dan pengontrolan berbagai kegiatan K3 yang akan mendukung produktivitas kerja. Manajemen K3 juga terkait erat dengan rotasi atau *shifting* kerja serta pendidikan dan latihan. Tujuannya supaya pekerja hanya akan menanggung paparan yang di atas NAB, dengan lebih singkat sehingga diharapkan tidak akan menimbulkan gangguan penyakit akibat kerja atau kecelakaan kerja yang lebih lanjut (asas domino). Hal ini juga meliputi penyusunan standar operasi

kerja di tempat yang memiliki potensi sumber bahaya. SMK3 meliputi perancangan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengontrolan kesehatan dan keselamatan kerja, atas dasar peraturan dan kelayakan yang berlaku.

Pekerja akan merasa terjamin kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan dalam melakukan aktivitas pekerjaannya jika diberikan pengetahuan tentang K3. Pengetahuan tentang K3 diberikan dengan mengadakan penyuluhan atau pengarahan dan pendidikan dan latihan. Apabila mengetahui dan paham K3, pekerja diharapkan dapat melindungi diri dengan baik sehingga penyakit akibat kerja dapat dihindari. Karyawan yang baru diterima sebaiknya diberikan orientasi mengenai tata cara kerja yang baik sesuai dengan aspek K3. Pendidikan dan latihan K3 dapat meningkatkan produktivitas. Produktivitas akan menguntungkan para pekerja itu sendiri dan tentu saja perusahaan.

Pendekatan-pendekatan di atas dapat dengan fleksibel diterapkan sesuai dengan kebutuhan, kepentingan, dan pertimbangan ketersediaan dana. Walaupun demikian, tujuan utamanya adalah meningkatkan produktivitas kerja melalui pengembangan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Dalam proyek ini, akan ditekankan pada pendekatan *elimination, change, combination, protection, dan simplification*, yang diterapkan di tahap proses produksi pada ruang perajangan dan ekstraksi, pembuatan jamu ekstrak. Kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja, merupakan motivasi atas dasar tingkat kebutuhan yang kedua menurut pendapat Maslow. Motivasi higienis menurut pendapat Herzberg yang harus dipenuhi terlebih dahulu.

Keuntungan atau perbaikan yang diakibatkan oleh hasil perancangan ulang lingkungan kerja tersebut di atas,

menunjukkan adanya kesesuaian dengan perancangan ulang sistem automasi. Selain itu, berdasarkan pembahasan tersebut di atas dapat diketahui peranan perancangan ulang lingkungan kerja dengan pendekatan ECCS terhadap peningkatan produktivitas kerja yang berwawasan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja.

2. Ergonomi

Definisi dari ergonomi secara harfiah ergonomi diartikan sebagai kerja fisik secara normal sesuai dengan hukum alam (*ergon*=kerja dan *nomos*=hukum alam). Fokus perhatian dari ergonomis adalah berkaitan erat dengan aspek-aspek manusia dalam perencanaan *man-made objects* dan lingkungan kerja. Maksud dan tujuan dari pendekatan disiplin ergonomi diarahkan pada upaya memperbaiki performasi kerja manusia seperti menambah kecepatan kerja, akurasi, keselamatan kerja di samping untuk mengurangi energi kerja yang berlebihan serta mengurangi datangnya kelelahan yang terlalu cepat. Pendekatan khusus yang ada dalam disiplin ergonomi adalah aplikasi yang sistematis dari segala informasi yang relevan yang berkaitan dengan karakteristik dan perilaku manusia di dalam perancangan peralatan, fasilitas, dan lingkungan kerja yang dipakai. Beberapa contoh dari ergonomis adalah ukuran ruangan, temperatur, pencahayaan, kebisingan, kandungan debu, bahan baku jamu, peralatan ukuran ruangan standar untuk aktivitas kerja dengan jumlah penghuni 1 orang minimal 4x3 meter (Soehendrodjati, 1998). Keputusan Mennaker, pendapat para ahli, badan standardisasi nasional, yaitu suhu nyaman untuk iklim kerja orang Indonesia berkisar 21°-26°C. Kep Mennaker No: Kep-51/Men/1999 yang tertuang dalam himpunan peraturan perundang-undangan keselamatan dan kesehatan kerja, yaitu NAB intensitas kebisingan sebesar 85 DB. Bahan kimia seperti alkohol hendaknya sebelum digunakan

harus diencerkan dahulu jangan sampai dalam keadaan pekat karena hal ini sangat berbahaya. Peralatan yang digunakan seperti mesin, bangku-meja-kursi hendaknya disesuaikan dengan postur pekerjaanya, sehingga terjamin kenyamanan dalam bekerja.

3. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan obat hendaklah memiliki rancang bangun dan konstruksi yang tepat, ukuran yang memadai, dan ditempatkan dengan tepat, sehingga mutu yang dirancang bagi tiap produk obat terjamin secara seragam dari *batch* ke *batch*, serta untuk memudahkan pembersihan dan perawatannya. Rancang-bangun dan konstruksi peralatan hendaklah memenuhi persyaratan-persyaratan seperti permukaan peralatan yang bersentuhan dengan bahan baku, produk antara, produk ruahan, atau obat jadi tidak boleh bereaksi, meng-adisi. Setelah digunakan peralatan hendaklah dibersihkan baik bagian ditetapkan, dijaga, dan disimpan dalam kondisi yang bersih. Sebelum dipakai, kebersihannya diperiksa lagi untuk memastikan bahwa seluruh produk atau bahan dari *batch* sebelumnya telah dihilangkan. Pembersihan dengan cara vakum atau cara basah lebih dianjurkan Udara bertekanan dan sikat hendaklah digunakan dengan hati-hati dan sedapat mungkin dihindari karena menambah risiko pencemaran produk. Pembersihan dan penyimpanan peralatan yang dapat dipindah-pindahkan dan penyimpanan bahan pembersih hendaklah dilakukan dalam ruangan yang terpisah dari ruangan pengolahan. Catatan mengenai pelaksanaan pembersihan, sanitasi, sterilisasi dan inspeksi sebelum penggunaan peralatan hendaknya disimpan.

4. Upaya Pencegahan Penyakit Akibat Kerja

Untuk menghindari adanya kelelahan atau penyakit kerja sebaiknya diadakan perbaikan sebagai peluang untuk

pengendalian penyakit akibat kerja, seperti: *health examination*, yaitu pencegahan timbulnya akibat kerja sedini mungkin. Manajemen K3, pentingnya pengetahuan mengenai K3 harus diketahui para pekerja. *Education* dan *training*, mengenai tata cara kerja yang baik sesuai K3 dan aspek ergonomis harus diberikan pada pekerja baru. *Dilution*, untuk bahan-bahan kimia yang berbahaya seperti alkohol sebaiknya dalam penggunaannya diencerkan lebih dulu. Hindari penggunaan bahan kimia dalam keadaan pekat 6,5. *Elimination*, alat pelindung diri (APD) hendaknya diefektifkan penggunaannya disesuaikan dengan kondisi lingkungan kerja. *Ventilation*, dalam sebuah lingkungan kerja sistem ventilasi harus benar-benar berfungsi baik, hal ini untuk sirkulasi udara yang baik. *Isolation*, hal-hal yang bisa menimbulkan bahaya sebaiknya segera diatasi atau dikurangi. *Sanitation*, sebuah lingkungan kerja harus terjaga dan terjamin kesehatannya. *Change and substitution*, peralatan atau fasilitas kerja yang kurang ergonomis sebaiknya segera diganti atau dimodifikasi sehingga memenuhi aspek ergonomi. *Antisipation*, untuk menghindari adanya penyakit akibat kerja sebaiknya dilakukan pencegahan sedini mungkin. *Lighting*, sistem pencahayaan dalam lingkungan kerja sebaiknya disesuaikan dengan standar yang dianjurkan.

5. Kondisi Fisik Karyawan

Hendaklah dilakukan pemeriksaan kesehatan sebagai berikut terhadap karyawan sebelum dipekerjakan. Dilakukan cek kondisi karyawan secara berkala, paling sedikit setahun sekali dan secara khusus, yaitu sesudah pulih dari penyakit infeksi misalnya penyakit saluran pernapasan (TBC) dan penyakit menular lain. Pemeriksaan kesehatan dan sasarannya meliputi: 1) pemeriksaan umum, yaitu pemeriksaan mengenai keadaan umum terutama adanya penyakit alergi terhadap bahan obat atau bahan kimia tertentu, adanya luka terbuka, dan lain-lain.

2) Pemeriksaan sinar-X, yaitu pemeriksaan kondisi paru-paru (foto toraksi) terutama adanya penyakit TBC, pnemokoniosis yang disebabkan oleh debu, dan lain-lain. Hasil pemeriksaan kesehatan digunakan untuk tindak lanjut berupa terapi kausal atau simptomatis, pemberian vitamin, pemberian istirahat kerja, atau mutasi kerja (misalnya kepada karyawan yang mengidap penyakit alergi) sehingga memungkinkan karyawan dapat sembuh dari penyakitnya. 3) Riwayat kesehatan karyawan termasuk orang tua dan generasi sebelumnya serta catatan medis karyawan hendaknya dibuat secara individu dan disimpan oleh dokter perusahaan untuk memantau perkembangan kesehatan karyawan khususnya dalam mengantisipasi kemungkinan timbulnya penyakit akibat kerja. Penilaian medis hendaknya ditentukan persyaratan kelayakan kesehatan karyawan untuk bekerja. Untuk tiap sarana hendaklah ditentukan persyaratan kelayakan kesehatan karyawan untuk bekerja. Persyaratan tersebut menjadi dasar dari penilaian medis untuk menentukan kelayakan untuk bekerja. Maka dari itu, program hendaklah dibuat dengan mempertimbangkan pemantauan terhadap bahaya potensial dari benda-benda fisik, bahan kimiawi, atau biologis terhadap karyawan yang dapat terpapar. Di tiap sarana hendaklah tersedia fasilitas yang dapat segera memberi pelayanan medis bila terjadi kecelakaan atau sakit yang mendadak pada orang yang berada di sarana tersebut. Di tiap sarana hendaklah ada prosedur yang tepat dalam hal pemberian pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K) bila diperlukan pertolongan medis darurat. Penerapan prosedur tersebut hendaklah diuji sedikitnya dua kali setahun.

6. Alat Pelindung Pernapasan

Penggunaan alat harus disesuaikan dengan persyaratan mengenai penggunaan alat pelindung pernapasan agar karyawan

terlindung terhadap pemaparan yang berlebihan dari bahan yang ada di udara. Kemudian dicantumkan dalam prosedur tertulis mengenai alat pelindung pernapasan. Langkah selanjutnya adalah diadakan pelatihan secara berkala untuk karyawan yang menggunakan alat pelindung pernapasan disertai dokumentasi mengenai pelaksanaan pelatihan tersebut. Hal tersebut tentunya akan dibarengi dengan tersedia seorang ahli untuk menilai derajat bahaya pemaparan serta menetapkan jenis alat pelindung pernapasan yang harus digunakan. Hal ini supaya para karyawan dapat memahami dalam memilih dan menggunakan alat pelindung pernapasan sesuai dengan fungsinya. Ada dua jenis fungsi alat pelindung pernapasan. Pertama, alat pelindung pernapasan yang berfungsi sebagai saringan terhadap debu dan/ atau uap suatu bahan. Jenis ini terdiri dari lima macam yaitu masker sederhana untuk penggunaan sekali pakai menutupi hidung dan mulut. Setengah masker (*half mask respirator*) di mana bagian yang menempel pada wajah terbuat dari karet atau plastik, dilengkapi saringan (*filter cartridge*) yang dapat diganti bila sudah jenuh. Masker penuh yang memenuhi wajah selain hidung dan mulut, juga menutupi mata, lengkap dengan tabung saringan (*filter cartridge*). Masker yang dilengkapi sumber tenaga (*powered respirator*) yang mengalirkan udara melalui suatu saringan ke dalam masker setengah atau masker penuh (*half or full facemask*). Masker bertenaga (*powered fisor apparatus*) yang mengalirkan udara tersaring melalui ruangan terbuka (*open fisor*) melewati wajah pemakai. Saringan debu dan/ atau uap yang digunakan pada alat pelindung pernapasan hendaklah berkapasitas 10x batas paparan yang diperkenankan (*permissible exposure limit/ PEL*). Kemudian alat pelindung pernapasan dikelola dengan cara dibersihkan dan didisinfeksi secara berkala. Alat yang digunakan dibersihkan dan didisinfeksi setelah setiap pemakaian. Setelah itu, alat pelindung pernapasan disimpan di tempat yang bersih dan

mudah dijangkau. Alat pelindung pernapasan yang digunakan secara rutin diperiksa selama pembersihan. Bagian yang usang atau menurun mutunya harus segera diganti. Seperti halnya dengan peralatan yang lengkap (*self contained devices*), hendaklah alat pelindung pernapasan yang digunakan untuk keadaan darurat diperiksa secara menyeluruh paling sedikit setiap bulan.

7. Penanganan Limbah

Upaya kesehatan kerja (UKK) dalam penanganan limbah ini dimaksudkan untuk memberi perlindungan kepada karyawan yang menangani limbah dan juga merupakan suatu pedoman penanganan limbah untuk mencegah adanya dampak yang berbahaya bagi masyarakat serta lingkungan hidup. Hal ini penting diketahui mengingat dampak yang dapat timbul dari limbah industri farmasi yang sangat beragam, baik yang berupa bahan kimia maupun biologis. Limbah yang dihasilkan dari industri farmasi dapat berasal dari laboratorium, proses produksi, kantin, binatu, dan administrasi produksi. Penanganan limbah industri farmasi hendaklah pula mengikuti peraturan-peraturan yang berlaku antara lain Peraturan pemerintah No. 19 tanggal 30 April 1994 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun; Peraturan Menteri Kesehatan No. 12444/MenKes/SK/XII/1994 tentang Pedoman Keamanan Laboratorium Mikrobiologi dan Biomedis; Peraturan Pemerintah No. 12 tanggal 2 Mei 1995 tentang Perubahan Peraturan Pemerintah No. 1994 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Bahaya dan Beracun; Peraturan Menteri Kesehatan No. 928/Men.Kes/Per/IX/1995 tanggal 18 September 1995 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Bidang Kesehatan. Limbah yang dihasilkan dari industri farmasi sangat beragam. Oleh karena itu, penanganannya juga berbeda-beda. Limbah ini hendaklah dipilah-pilah berdasarkan tingkat bahayanya bagi kesehatan serta sifat dari limbah tersebut yang

dapat berupa padat atau cair yang dapat diuraikan oleh jasad renik maupun yang tidak dapat diuraikan. Setiap industri farmasi hendaklah menyediakan tempat sampah sesuai peruntukannya dan tempat pengumpulan sampah yang cukup besar untuk menampung limbah dari tempat-tempat sampah.

Tempat sampah hendaklah disediakan untuk masing-masing jenis limbah, misalnya: tempat sampah kertas, plastik, gelas/kaca, logam-logam, bahan-bahan biologis (misalnya bekas pembiakan jasad renik, binatang percobaan, dan sebagainya); tempat sampah untuk bekas tempat bahan aktif atau obat yang tidak memenuhi persyaratan mutu dan obat/bahan aktif yang kedaluwarsa; tempat sampah untuk bahan-bahan cair antara lain bahan cair yang mudah terbakar, oksidator, bahan korosif (misalnya asam, basa); tempat sampah untuk batu baterai dan limbah bahan beracun dan berbahaya (limbah B3). Khusus untuk limbah cair yang mengandung antibakteri nonpenisilin maupun penisilin dan turunannya hendaklah dilakukan pelarutan awal untuk menguraikan antibakteri tersebut sebelum dialirkan ke unit pengolahan air limbah untuk perlakuan lebih lanjut. Setiap karyawan yang menangani limbah hendaklah memakai alat pelindung seperti sarung tangan karet dan sepatu bot.

Penyingkiran limbah tidak berbahaya dan kurang berbahaya yang termasuk kategori A. Limbah tidak berbahaya berupa kertas hendaklah dimusnahkan menggunakan insinerator atau didaur ulang atau dibuat kompos. Limbah tidak berbahaya atau kurang berbahaya berupa cairan yang dapat terbakar sebaiknya dimusnahkan dengan insinerator, sedangkan cairan yang tidak mudah terbakar dapat dialirkan ke tempat pengolahan air limbah. Limbah tidak berbahaya yang berasal dari limbah domestik dapat diolah menjadi kompos atau ditangani oleh Dinas Kebersihan. Sampah domestik yang ditampung di tempat pengumpulan

sampah hendaklah diangkut tidak lebih dari empat hari agar tidak timbul bau dan mencegah perkembangbiakan lalat-lalat.

Sementara itu, penyingkiran limbah B3, obat/bahan aktif yang termasuk kategori B dan C yang tidak memenuhi persyaratan mutu dan kedaluwarsa limbah B3, obat/bahan aktif yang termasuk kategori B dan C yang tidak memenuhi persyaratan mutu dan kedaluwarsa, jika memungkinkan, hendaklah dimusnahkan dengan insinerator, atau diserahkan kepada perusahaan pengelola limbah B3 yang disetujui pemerintah. Limbah ini sebelum dimusnahkan hendaklah disimpan dalam wadah yang tahan bocor, tertutup, dan disegel. Kemudian penyingkiran limbah cair sisa pembersihan alat-alat produksi hendaknya diolah dahulu di pengolahan air limbah sebelum dibuang ke sungai atau ke saluran pembuangan yang telah disediakan oleh pemerintah. Limbah cair yang mengandung bahan-bahan obat tidak boleh dirembeskan ke dalam tanah lumpur limbah (*sludge*) yang dihasilkan dari pengolahan air limbah hendaklah dimusnahkan di insinerator atau dibuat kompos. Penyingkiran limbah biologis adalah cairan perbenihan mikroorganisme yang sebagian besar telah dipisahkan dengan cara pengendapan sentrifusi atau filtrasi. Limbah tersebut hendaklah didekontaminasi dengan menggunakan uap air (autoklaf) atau dipaparkan kepada bahan disinfeksi kimiawi sebelum dibuang sesuai dengan peraturan pemerintah setempat. Pengelolaan limbah gas yang berbahaya dan beracun (misalnya HCL, CO, dan sebagainya) hendaklah dibakar dan diuraikan menjadi gas yang tidak berbahaya atau disemprot dengan air sebelum dibuang ke udara bebas. Penguraian gas ini dapat dilakukan dengan bermacam cara, misalnya dilakukan melalui katalis atau dibakar dengan suhu tinggi, kemudian gas yang keluar didinginkan dahulu sebelum dibuang ke udara bebas. Adapun gas HCL biasanya ditangkap dengan dilakukan melalui semprotan air kemudian air yang mengandung HCL ini

dinetralkan dahulu dengan alkali sebelum diolah di pengolahan air limbah.

8. Manajemen Upaya Kesehatan Kerja

Setiap fasilitas pembuatan obat, di samping memenuhi persyaratan cara pembuatan obat yang baik (CPOB), hendaklah juga menyelenggarakan cara pengamanan khusus yang berhubungan dengan jenis dan tingkat risiko bahan dan/atau produk. Untuk mencapai hasil penyelenggaraan cara pengamanan khusus tersebut hendaklah diciptakan suatu manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (K3) yang meliputi perencanaan, pelaksanaan kegiatan, dan pemantauan serta evaluasi. Tujuan umum dari manajemen K3 adalah untuk menumbuhkembangkan UKK di pabrik farmasi agar kemampuan hidup sehat para karyawan dapat tercapai dan tujuan khusus adalah tersusunnya rencana kegiatan K3. Seluruh kewenangan dalam menetapkan program upaya kesehatan terletak di tangan manajer senior atau tim yang terdiri dari kepala departemen. Tanggung jawab pelaksanaan program dapat diserahkan kepada Ketua Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja (P2K3) yang dibentuk menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia No. 2 Tahun 1970 atau petugas lain yang ditunjuk. Tanggung jawab utama untuk penerapan UKK sehari-hari secara ketat terletak di tangan pribadi karyawan yang melaksanakan pekerjaan. Maka, karyawan diberi pendidikan dan pelatihan yang memadai mengenai risiko dari bahan atau produk yang ditangani serta pencegahannya. Kemudian dalam pembentukan organisasinya Ketua P2K3 atau petugas khusus yang diangkat adalah seorang ahli atau sarjana yang memiliki pengalaman dalam aspek kesehatan dan sanitasi di bidang teknologi produksi dan laboratorium berkaitan dengan bahan dan produk yang dibuat atau ditangani. Ketua P2K3 atau petugas khusus UKK hendaklah berfungsi sebagai narasumber

bagi dokter perusahaan dan pimpinan perusahaan dalam memberi penjelasan yang berkaitan dengan penyalahgunaan (manipulasi) bahan berpotensi atau berisiko tinggi atau mikroorganisme yang mudah menyebabkan infeksi, dekontaminasi limbah dan pengangkutan bahan berbahaya serta memberi kepastian terhadap sistem integritas pencegahan pencemaran biologis dalam penanganan bahan yang mengandung mikroorganisme. Sementara manajer produksi, manajer pengawasan mutu, manajer teknik, serta manajer lain di bagiannya masing-masing adalah penyelidik utama yang dapat memberi tugas kepada supervisor masing-masing dalam melaksanakan penyelidikan. Penyelidik utama hendaklah mengidentifikasi bahaya, menyiapkan usulan untuk upaya pencegahan dengan memanfaatkan pedoman UKK yang diuraikan pada bab 2-8 sebelumnya memastikan bahwa peralatan dioperasikan dengan aman, menyediakan alat pelindung karyawan yang diperlukan, serta menyiapkan laporan tertulis yang diserahkan kepada ketua P2K3 atau panitia lain yang khusus dibentuk untuk ditinjau pada saat yang tepat. Manajer produksi dari masing-masing bagian hendaklah memastikan bahwa karyawan mendapat perhatian yang memadai mengikuti program pengawasan medis dan mematuhi prosedur yang ditetapkan.

9. Pengawasan Mutu

Pengendalian mutu obat dilaksanakan melalui sistem pengawasan yang terencana dan terpadu. Semua unsur yang terlibat dalam pembuatan obat, baik personalia maupun kelengkapan sarana pabrik hendaklah menunjang maksud pembuatan obat itu dan mendukung sepenuhnya persyaratan yang diinginkan sehingga obat yang dihasilkan senantiasa memenuhi spesifikasi mutu dan keamanannya. Bagian pengawasan mutu dalam suatu pabrik obat bertanggung jawab untuk memastikan

bahan awal untuk produksi obat memenuhi spesifikasi yang ditetapkan untuk identitas, kekuatan, kemurnian, kualitas, dan keamanannya. Kemudian dilanjutkan ke tahapan produksi obat telah dilaksanakan sesuai prosedur yang ditetapkan dan telah divalidasi sebelumnya, antara lain melalui evaluasi dokumentasi produksi terdahulu. Pengawasan dan pemeriksaan laboratorium dalam suatu *batch* obat telah dilaksanakan dan *batch* tersebut memenuhi spesifikasi yang ditetapkan sebelum didistribusi. Suatu *batch* obat memenuhi persyaratan mutunya selama waktu peredaran yang ditetapkan. Bagian pengawasan memiliki wewenang khusus untuk memberikan keputusan akhir atas mutu obat ataupun hal lain yang memengaruhi mutu obat.

Ketentuan umum tugas tanggung jawab dan wewenang bagian pengawasan mutu di suatu pabrik obat yang meliputi perancangan sistem pengawasan, pengadaan sistem dokumentasi dan prosedur pengawasan serta tugas pokok dan pelaksanaannya diuraikan dengan jelas dalam buku pedoman CPOB. Seperti halnya lokasi ruang laboratorium letaknya terpisah dari ruang produksi agar bebas dari sumber pencemaran dan getaran yang dapat memengaruhi hasil pengujian. Sebaiknya dibangun lorong pemisah (koridor) selebar minimal dua meter antara ruang laboratorium dengan ruang produksi apabila kedua ruang tersebut berada dalam satu bangunan. Ruang laboratorium dilengkapi dengan peralatan yang mengatur aliran udara di laboratorium pada kondisi suhu 24–28°C dan kelembapan *nisbi* 60–80%. Sistem ventilasi hendaklah dapat menjamin sirkulasi udara yang baik dengan pertukaran udara 5–20 x per jam dan dapat segera menghilangkan uap, gas, asap, debu, dan panas. Perlu disediakan lemari asam dengan sistem pengisap udara dengan jumlah aliran udara minimal 15 meter kubik per jam untuk satu meter kubik volume lemari dan kecepatan aliran udara pada permukaan pipa pengisap ("*face velocity*") 0,4–0,6

meter per detik untuk mencegah masuknya udara berbahaya ke dalam ruang laboratorium.

Personalia dalam pengawasan mutu meliputi semua fungsi analisis yang dilakukan di laboratorium. Penanganannya diserahkan kepada karyawan laboratorium yang memiliki keahlian khusus antara lain dalam *kelarmasian*, kimia atau biologi/mikrobiologi serta memiliki pengalaman dan latihan yang cukup dalam bidang tugasnya, sehingga kebenaran dan ketepatan hasil analisis yang diperoleh dapat diandalkan. Kualifikasi khusus seperti keahlian dalam instrumentasi, analisis mikrobiologi, perawatan hewan, dan lain-lain. Untuk masing-masing karyawan hendaklah diberikan suatu uraian tugas yang rinci dan dipahami oleh yang bersangkutan agar batas tugas dan tanggung jawabnya menjadi jelas, seperti pakaian pelindung, *respirator*, masker, kacamata pelindung, dan sarung tangan yang tebal untuk suatu tugas tertentu, misalnya pekerjaan analisis yang dikerjakan oleh karyawan laboratorium. Pemakaian alat keselamatan kerja dipantau setiap saat oleh supervisor laboratorium.

Peralatan serta instrumen pengujian hendaklah meliputi peralatan antara lain yang sesuai prosedur pengujian yang akan dilakukan seperti halnya peralatan umum: bejana gelas, gelas ukur, tabung tes, labu *erlenmeyer*, pipet ukur, corong pemisah, botol timbang, gelas piala, corong, alu dan mortir, cawan porselen, tang dan botol pereaksi dan bermacam-macam ukuran. Peralatan analisis *volumetrik Karl Fischer*, *buret* dari bermacam-macam ukuran. Peralatan analisis spektrofotometrik yaitu *spektrofotometrik visible*, *ultra-violet*, dan *infrared*, *atomic absorptium*, *fluorometer*, dan *klorimeter*. Peralatan analisis *kromatografik* yaitu *kromatografi kertas*, *kromatografi lapisan tipis*, *kromatografi gas*, dan HPLC. Alat ukur timbangan analitik, *termometer*, pH meter, *viskosimeter*, *polarimeter*, *refraktometer*, alat ukur titik didih/titik lebur, *piknometer*. Alat

pengukur dinamis, kekerasan, kehancuran, disolusi, dan kerenyahan dari tablet dan kapsul dalam proses. Peralatan penunjang lemari pengering, tungku, pemanas, pemusing (sentrifugal), mikroskop, *desikator*, lemari pendingin, alat pengaduk, alat pengocok, pemanas bunsen, pemanas air, dan alat proses. Peralatan analisis mikrobiologi terdiri dari meja *laminar*, inkubator, lemari sterilisasi, autoklaf, cawan petri, tabung media, jarum ose, pinset, dan alat penghitung koloni. Peralatan analisis biologi yaitu alat suntik, termometer kelinci, dan timbangan hewan. Prosedur tetap suatu alat memuat urutan kerja secara rinci berikut tindakan pengamanan yang perlu diambil selama pemakaian alat.

Langkah selanjutnya adalah validasi, merupakan sebuah prosedur penetapan kadar dilakukan paling sedikit pada tiga *batch* atau *batch* produk yang sama secara berturut-turut. Validasi tersebut meliputi kualifikasi peralatan yang dipakai, spesifikasi bahan pereaksi, kondisi pengujian seperti waktu, suhu, keasaman larutan, dan kondisi lain yang ditetapkan dalam prosedur pengujian serta tindakan pengamanan yang perlu. Kriteria untuk menggunakan prosedur pengujian yang telah divalidasi hendaklah ditetapkan berdasarkan hasil pengujian yang ingin dicapai. Validasi prosedur penetapan kadar hendaklah dilakukan bila terjadi perubahan kondisi pengujian antara lain instrumen atau pereaksi yang digunakan, untuk memastikan prosedurnya masih dapat diandalkan. Maka dengan hal tersebut, instrumen kalibrasi dilaksanakan secara berkala untuk pengujian secara rutin. Namun validasi prosedur penetapan kadar dan kalibrasi instrumen dilaksanakan segera sebelum dan setelah selesai uji validasi untuk meyakinkan ketepatan hasil pengukuran instrumen yang digunakan. Bagian pengawasan mutu membantu validasi yang dilakukan oleh bagian lain, khususnya yang membutuhkan uji laboratorium dalam rangka melengkapi data validasi yang

dilaksanakan. Contoh bantuan yang biasanya diberikan oleh bagian pengawasan mutu adalah pemeriksaan homogenitas produk antara atau produk ruahan, uji sterilitas dan pengukuran besar partikel.

Pengawasan terhadap bahan awet, produk antara, produk ruahan, dan obat jadi. Setiap bahan awal, produk antara, produk ruahan, dan obat jadi mempunyai spesifikasi. Spesifikasi obat pabrik sesuai tingkat kualitas yang diinginkan pabrik terhadap produknya dan minimal memenuhi spesifikasi yang ditetapkan di farmakope nasional atau kompendium resmi lain bila belum tercantum dalam farmakope nasional. Setiap *batch* bahan baku dari sekali penerimaan diuji apakah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan untuk identitas, kekuatan, kemurnian, dan parameter kualitas lain. Sertifikat analisis oleh pemasok bahan dapat diterima apabila pemasok tersebut telah dikenal dan dipercaya yaitu senantiasa sertifikat analisis yang benar serta hasil uji identitas bahan yang dilakukan di pabrik memenuhi spesifikasi keyakinan terhadap sertifikat analisis yang diberikan pemasok diperoleh melalui verifikasi hasil uji lengkap yang dilakukan oleh pabrik secara periodik. Pemeriksaan bahan baku secara *mikroskopis* dilakukan apabila perlu setiap bahan baku dan bahan pengemas yang karena sifatnya mungkin dicemari kotoran, serangga, dan pencemaran lain perlu diuji terhadap adanya cemaran tersebut sesuai prosedur pengujian yang ditetapkan. Setiap bahan baku dan bahan pengemas yang karena sifatnya mungkin dicemari jasad renik terlebih yang membahayakan perlu diuji secara mikrobiologis. Persetujuan dari bagian pengawasan mutu mutlak diperlukan sesudah selesainya tahap-tahap produksi yang kritis yakni setelah pembuatan produk antara dan produk ruahan sebelum kegiatan produksi berikut dilanjutkan. Bahan baku untuk sediaan injeksi perlu dipertimbangkan pemeriksaan kandungan pirogennya. Berdasarkan tingginya konsentrasi

bahan baku tersebut dalam obat jadi yang dapat menimbulkan efek pirogenetik.

Pengawasan lingkungan kerja yang dimaksudkan dalam CPOB adalah lingkungan yang digunakan untuk kegiatan pembuatan obat di mana perlu diambil langkah- langkah pencegahan terhadap pencemaran obat yang diproduksi. Langkah tersebut antara lain berupa pengendalian dan pengawasan lingkungan, terutama yang berhubungan dengan sistem pengaliran udara dan sistem pengadaan air yang sering menjadi sumber utama pencemaran. Pemantauan kualitas air untuk produksi obat dilakukan secara berkala berdasarkan hasil validasi. Pemantauan dilakukan terhadap sumber air misalnya air sumur artesis atau air yang berasal dari perusahaan air minum (PAM). Sumber air yang telah mengalami proses disinfeksi misalnya dengan cara *klorinasi* atau *ozonisasi*. Air yang mengalami proses pemurnian dengan cara *delonisasi*, distilasi, osmosis balik atau cara pemurnian lain. Air yang dipakai untuk produksi obat suntik hendaklah diperiksa kandungan pirogenya segera sebelum digunakan untuk proses produksi. Hasil pemantauan kualitas air hendaklah didokumentasikan dan disampaikan kepada bagian yang bersangkutan untuk mengadakan perbaikan sistem pengadaan air. Pemantauan lingkungan produksi terhadap cemaran jasad renik, obat lain, dan cemaran di udara sekitar dapat dilakukan antara lain dengan cara menggunakan media pembiakan dalam cawan patri yang dipapar selama 30 menit di dalam ruangan, kemudian diinkubasi untuk mengetahui jumlah dan jenis koloni jasad *renik* yang tertangkap pada media tersebut. Melakukan pengujian cara hapus yaitu mengusap dengan kain lembap pada permukaan dinding, lantai ruangan, dan mesin di dalam ruangan, atau melalui alat pengambil contoh udara untuk menangkap debu di udara dengan tujuan untuk mendeteksi adanya obat lain yang dapat menyebabkan terjadinya kontaminasi di dalam

ruang produksi tersebut. Menghitung volume sirkulasi udara per menit dan jumlah pertukaran udara per jam dalam ruangan. Khusus dalam ruang bersih dan ruang steril, perlu dihitung jumlah partikel dalam satuan volume udara serta perbedaan tekanan udara antara satu ruang dengan ruang yang berada di sebelahnya. Hasil pemantauan kualitas udara dan kondisi ruang produksi hendaklah didokumentasikan dan disampaikan kepada bagian yang bersangkutan untuk mengadakan perbaikan yang diperlukan. Untuk mencegah terjadi pencemaran di lingkungan pabrik oleh jasad renik yang berasal dari laboratorium, semua sediaan jasad renik, indikator biologis, dan media pembiakan yang tidak digunakan lagi untuk uji laboratorium atau yang sudah kedaluwarsa seharusnya dimusnahkan melalui autoklaf atau insinerator. Di samping pengawasan lingkungan kerja seperti yang diuraikan di atas, pengawasan lingkungan sekitar pabrik seperti pengawasan terhadap pembuangan limbah pabrik dan polusi udara, hendaklah dilaksanakan sesuai dengan ketentuan pemerintah yang berlaku.

10. Pengawasan dalam Proses Pengolahan

Pengawasan selama berlangsungnya proses pengolahan bertujuan untuk mencegah telanjur diproduksi obat yang tidak memenuhi spesifikasi. Pengawasan dilakukan dengan cara mengambil contoh dan mengadakan pemeriksaan dan pengujian terhadap produk yang dihasilkan pada langkah-langkah tertentu dari proses pengolahan. Pengawasan dalam proses pengolahan yang dilaksanakan oleh bagian produksi menjamin bahwa mesin dan peralatan produksi serta proses yang digunakan akan menghasilkan produk yang memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Pengawasan dalam proses pengolahan yang dilaksanakan oleh bagian pengawasan mutu meyakinkan bahwa produk yang dihasilkan pada tahap tertentu telah memenuhi

spesifikasi yang ditetapkan sebelum dilanjutkan proses berikutnya. Bagian pengawasan mutu menentukan apakah tahap lanjutan dari proses pengolahan dapat dilaksanakan berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan. Pengawasan dalam proses pengolahan hendaklah meliputi pengujian parameter kualitas antara lain kadar air dalam granula yang, dilakukan sekali pada setiap *batch*. Waktu hancur untuk tablet dan kapsul, dilakukan dua kali pada setiap waktu kerja untuk setiap *batch*. Kemudian pemeriksaan bobot dan berat jenis cairan suspensi dilakukan sekali pada setiap *batch*. Langkah selanjutnya mengawasi kejernihan, pH, berat jenis larutan dilakukan sekali pada setiap *batch*. Pengujian parameter kualitas tersebut dilakukan pada saat dimulai kembali proses pengolahan setelah beberapa waktu lamanya terhenti, kemudian dilakukan secara teratur setiap 15–30 menit. Parameter kualitas tersebut dapat dilihat dari ketebalan tablet, bobot serta keseragaman bobot tablet dan kapsul, kekerasan tablet, kerenyahan tablet.

Dari parameter tersebut akan terlihat cacat visual/organoleptik seperti adanya kotoran, mengelupas (*"capping"*), berbintik (*"mottling"*) atau warna tidak merata. Frekuensi pengambilan contoh dan pengujian tersebut di atas dapat disesuaikan tergantung dari ketelitian dan ketepatan mesin, kecepatan proses, dan besar *batch* yang diolah. Penetapan batas toleransi dari spesifikasi produk dalam proses hendaklah didasarkan pada hasil uji yang diperoleh dari beberapa *batch* sebelumnya yang memenuhi serta konsisten dengan spesifikasi obat jadi. Pada tahap tertentu dari proses pengolahan, seperti selesainya pembuatan produk antara atau produk ruahan hendaklah dilakukan pengujian terhadap identitas, kekuatan, kualitas, dan kemurniannya, termasuk pemeriksaan mikrobiologis yang diperlukan, sebelum proses produksi dilanjutkan untuk menjamin obat jadi yang dihasilkan akan memenuhi spesifikasi yang ditetapkan.

11. Pengawasan dalam Pengemasan

Kesiapan jalur pengemasan harus diperiksa kembali oleh bagian pengawasan mutu untuk mencegah terjadinya campur baur dan kontaminasi silang oleh bahan, produk, atau *batch* lain. Pemeriksaan kesiapan jalur pengemasan hendaklah dilakukan dengan menggunakan daftar pemeriksaan yang mencakup antara lain penggunaan mesin dan peralatan yang bersih, tersedia tempat sampah yang bersih, tidak terdapat label lain, termasuk yang dicetak, di pensil atau diketik, tidak terdapat bahan, produk atau *batch* lain. Komponen dan label yang terdapat di atas jalur pengemasan terbatas untuk yang digunakan sesuai yang tertera dalam catatan pengemasan *batch* bersangkutan. Produk yang dikemas telah mendapatkan pelulusan dari bagian pengawasan mutu serta masih dalam batas kedaluwarsa. Jalur pengemasan mempunyai identitas produk yang dikemas, yaitu nama produk dan nomor kodenya, kekuatan, nomor *batch*, dan tanggal pengemasannya. Pengawasan dalam proses pengemasan hendaklah meliputi pemeriksaan parameter kualitas, antara lain bobot atau volume cairan, suspensi, dan krim, kebocoran dari produk yang diisi dalam botol (*tube*) atau dalam sirip laminasi, kejernihan larutan, kerapatan tutup wadah produk, seperti tutup botol, jumlah satuan produk dalam satu kemasan, kebenaran dan kebersihan bahan pengemas yang dipakai.

Kerapian pengemasan pada pemeriksaan parameter kualitas hendaklah dilakukan pada saat dimulai kembali proses pengemasan setelah beberapa waktu lamanya terhenti kemudian dilakukan secara teratur setiap 15–30 menit. Frekuensi pengambilan contoh dan pemeriksaan dapat disesuaikan tergantung dari ketelitian dan ketepatan mesin pengemas yang pengujian ulang bahan dan juga produknya telah disetujui. Bahan baku, bahan pengemas, produk antara dan produk ruahan yang telah lama

disimpan harus diperiksa ulang dan bila perlu dilakukan uji laboratorium untuk memastikan bahwa bahan atau produk tersebut masih memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Misalnya, bahan berkhasiat seperti antibiotik dan vitamin yang mudah teroksidasi atau kadarnya menurun dalam waktu singkat, perlu diuji kembali setiap 3–12 bulan. Bahan baku yang peka terhadap pertumbuhan jasad renik perlu pemeriksaan mikrobiologis setiap 6–12 bulan. Bahan pengemas seperti sirip aluminium perlu diperiksa kondisi laminasinya setiap enam bulan. Ketentuan selang waktu pemeriksaan ulang atau uji laboratorium yang diperlukan hendaklah ditetapkan oleh bagian pengawasan mutu dengan memperhatikan stabilitas bahan penyimpanannya. Bahan awal, produk antara, produk ruahan, dan obat jadi yang disimpan dalam kondisi tidak memenuhi syarat penyimpanan untuk bahan atau produk tersebut, seperti kelembapan udara yang tinggi atau suhu yang dapat merusak kualitasnya, hendaklah diuji ulang sebelum digunakan atau didistribusi.

Proyek pengujian stabilitas obat hendaklah dilakukan dengan cara: proyek mutu obat dalam jangka waktu tertentu yang terbagi dalam beberapa periode teratur pada kondisi penyimpanan yang ditetapkan. Jangka waktu tersebut biasanya disesuaikan dengan kedaluwarsa obat. Proyek mutu obat dalam waktu singkat yakni 6–12 minggu yang terbagi dalam beberapa periode teratur pada kondisi penyimpanan yang ketat, misalnya pada suhu dan kelembapan nisbi yang tinggi, terkena sinar, dan sebagainya. Cara ini disebut proyek stabilitas dipercepat yang hasil proyeknya memberi gambaran kecepatan degradasi obat serta prakiraan stabilitasnya pada kondisi penyimpanan tertentu.

Pengujian mutu obat oleh laboratorium luar hendaklah dibatasi oleh pengujian parameter kualitas tertentu saja seperti uji sterilitas, uji pirogen, analisis instrumentasi (HPLC, kromatografi

gas) yang membutuhkan peralatan atau instrumen khusus serta tenaga ahli berpengalaman dan untuk pengujian yang tidak bersifat rutin. Laboratorium yang dipakai hendaklah dinilai kemampuannya menerapkan CPOB dalam aspek pengawasan mutu khususnya di bidang pengujian laboratorium di samping kemampuannya untuk melakukan jenis pengujian yang ditetapkan pabrik. Maka pabrik hendaklah membuat daftar pemeriksaan untuk melakukan penilaian terhadap pemasok bahan baku dan bahan pengemas.

12. Sistem automasi dan produktivitas kerja

Di bawah ini akan dibandingkan beberapa keuntungan proses produksi sebelum dan jika rekomendasi perbaikan dengan hasil perancangan ulang sistem automasi sekiranya sudah diterapkan. Diterapkannya hasil perancangan ulang sistem automasi yang terintegrasi dengan lingkungan kerja di proses perajangan dan ekstraksi akan membawa keuntungan sebagai berikut:

- a. Waktu yang diperlukan untuk persiapan operasi kerja dapat dipersingkat karena proses pekerjaan dapat disederhanakan.
- b. Tingkat kelelahan otot pekerja dapat dikurangi, karena operasi kerja didukung oleh sistem automasi yang dapat dioperasikan secara *remote*.
- c. Proses pekerjaan berulang-ulang yang tidak produktif dapat dihilangkan seperti naik turun tangga untuk mengambil dan memasukkan alkohol.
- d. Tingkat kecelakaan kerja dapat dikurangi karena pengisian alkohol tidak dilakukan lagi secara manual tetapi dengan menggunakan pompa.
- e. Jumlah karyawan dapat dikurangi dan ditingkatkan keahliannya.
- f. Indikator-indikator tekanan dan suhu mudah dilihat

dari ruang kendali, sehingga lebih memudahkan untuk mengoperasikan dan mengontrolnya.

- g. Penerapan sistem automasi di perajangan atau penggunaan PLC untuk mengendalikan proses ekstraksi, maka diharapkan akan lebih cepat dan lebih baik kualitas dan kuantitasnya.
- h. Di samping itu tingkat polusi udara di ruangan perajangan dan ekstraksi dapat dieliminasi sekecil mungkin.
- i. Total waktu proses ekstraksi sebelum diterapkan automasi adalah 1.004,6 menit atau 16,743 jam. Berdasarkan kajian, maka prediksi kebutuhan waktu setelah diterapkan automasi proses ekstraksi adalah 964,1 menit atau 16,07 jam. Selisihnya adalah 40,5 menit, dalam satu kali proses ekstraksi.

Keuntungan tersebut di atas menunjukkan tingkat kepentingan atau peranan hasil perancangan ulang sistem automasi terhadap peningkatan kerja yang berwawasan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Lebih jelas lagi jika dilihat perbandingannya dalam tabel 7.

Tabel 7 Perbandingan Automasi Proses Ekstraksi

| Sebelum perbaikan | Setelah perbaikan |
|---|---|
| a. Proses pengisian alkohol ke bak plastik memerlukan waktu 20 menit | a. Pengisian alkohol ke tangki ekstraktor memerlukan waktu 2 menit |
| b. Proses penimbangan alkohol memerlukan waktu 2,5 menit | b. Waktu tunggu alkohol 15 menit |
| c. Proses pengangkutan alkohol ke tangki ekstraktor memerlukan waktu 20 menit | c. Proses pengangkutan nabati dari ruang karantina ke tangki ekstraksi memerlukan waktu 6,6 menit |

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">d. Waktu tunggu alkohol adalah 15 menite. Proses pengangkutan nabati dari ruang karantina ke tangki ekstraksi memerlukan waktu 6,6 menitf. Persiapan ekstraksi dan pengadukan bahan memerlukan waktu 7,4 menitg. Proses ekstraksi selama 6 jamh. Proses pemerasan ampas nabati memerlukan waktu 65 meniti. Proses pemasukan ekstrak cair ke tabung evaporasi memerlukan waktu 10 menitj. Pengambilan ampas hasil ekstraksi memerlukan waktu 17,8 menitk. Proses evaporasi memerlukan waktu 7 jaml. Pengeluaran ekstrak kental yang ditampung di bak plastik memerlukan waktu 30 menitm. Penimbangan ekstrak kental keluar dari evaporasi memerlukan waktu 20 detikn. Membersihkan mesin dan peralatan memerlukan waktu 30 menit | <ul style="list-style-type: none">d. Persiapan ekstraksi dan pengadukan bahan memerlukan waktu 7,4 menite. Proses ekstraksi selama 6 jamf. Proses pemerasan ampas nabati memerlukan waktu 65 menitg. Proses pemasukan ekstrak cair ke tabung evaporasi memerlukan waktu 10 menith. Pengambilan ampas hasil ekstraksi memerlukan waktu 17,8 meniti. Proses evaporasi memerlukan waktu 7jamj. Pengeluaran ekstrak kental yang ditampung di bak plastik memerlukan waktu 30 menitk. Penimbangan ekstrak kental keluar dari evaporasi memerlukan waktu 20detikl. Membersihkan mesin dan peralatan memerlukan waktu 30 menit |
|---|---|

Penghematan proses kerja antara lain meliputi pemasukan alkohol dan pengoperasian motor dan *valve* secara *remote*. Penghematan lainnya yang belum dapat diperhitungkan adalah yang terjadi pada tahap pengontrolan di tempat pada keseluruhan proses ekstraksi, pemerasan ekstrak dengan mesin sentrifugal, dan evaporasi. Keuntungan lainnya adalah tereliminasi beban kerja pengangkatan 10 ember cairan alkohol yang masing-masing 20 liter atau kurang lebih 25 kg, dengan naik melalui tangga setinggi 2 meter. Selain itu, dengan adanya sistem automasi, maka paparan alkohol saat pemerasan dan perpindahan ke tahap evaporasi dapat direduksi. Beberapa gerakan dalam proses produksi, dapat dieliminasi. Walaupun hanya beberapa menit penghematan waktu yang dapat dianalisis, keuntungan lain akan dapat mendukung sinergitas proses produksi yang sehat, aman, dan nyaman.

Peranan hasil perancangan sistem automasi tersebut di atas akan semakin kuat dalam peningkatan produktivitas kerja jika telah diintegrasikan dengan hasil perancangan ulang lingkungan kerja. Sistem automasi akan semakin andal jika didukung oleh pencahayaan dan pengondisian udara yang memadai. Selain itu lingkungan kerja yang terbebas dari potensi sumber bahaya kebisingan, debu, dan uap alkohol juga akan meningkatkan keandalan pengoperasian sistem automasi. Integrasi keduanya ternyata akan berperan penting dalam peningkatan produktivitas kerja yang berwawasan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja.

13. Peningkatan produktivitas yang berwawasan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja.

Hasil pengamatan pembanding di PT Indofarma tidak menunjukkan hasil yang tidak berbeda secara nyata karena PT SMJ memang di bawah binaan operasionalnya. Perbedaannya

adalah kelengkapan pada alat pengisap debu, desain ruangan inspeksi, dan keberadaan pintu darurat yang belum dimiliki oleh PT SMJ. Pengamatan pembanding lainnya, hanya untuk mengetahui keberadaan lingkungan kerja dan sistem automasi yang digunakan, agar dapat dibandingkan tingkat peranan hasil perancangan ulang proyek ini terhadap peningkatan produktivitas kerja.

Pelaksanaan tahap implementasi dari rekomendasi hasil perancangan ulang dalam proyek ini dengan uji coba secara nyata (empiris) di pabrik, belum dapat dilaksanakan. Tahap implementasi ini sangat tergantung dari pimpinan pabrik, karena akan membawa konsekuensi ekonomi tertentu. Selain itu, pengembangan pabrik jamu akan memakan waktu persiapan dan pengujian kembali yang cukup lama dan panjang. Dengan demikian pengujian peranan hasil perancangan ulang sistem automasi dan lingkungan kerja secara empiris di pabrik sesungguhnya, belum dapat dilaksanakan.

Hasil perancangan ulang di atas, dituangkan menjadi gambar skema, *work in process diagram*, *data flow diagram*, atau *flow chart* dan animasi dengan program *3Dmax*. Skema dan diagram tersebut untuk melengkapi uraian naratif dari prosedur perancangan ulang lingkungan kerja, dan sistem automasi, pada ruang dan atau tahap perajangan dan ekstraksi.

Hasil tahap perancangan ulang ini masih merupakan draf kasar yang masih perlu dikonfirmasi dengan pihak manajemen industri jamu dan ahli yang terkait. Hasil konfirmasi tersebut digunakan untuk menyempurnakan kembali, agar lebih sesuai dengan harapan calon pengguna hasil perancangan tersebut.

Pemeriksaan kelayakan rekomendasi perancangan ulang hasil pengembangan secara teoretis (*audit-trail*) dengan pertimbangan referensi (*review*) dari para ahli yang relevan, dan khususnya

para pimpinan atau tenaga ahli di pabrik yang bersangkutan. Berdasarkan hal tersebut, maka akan dapat ditentukan tingkat kelayakan untuk diimplementasikan, dan digeneralisasikan ke proses yang sama di pabrik lain (Mundel, 1994; Niebel, 1993; dan Meredith, 1992).

Hasilnya menunjukkan bahwa perancangan ulang sistem automasi dan lingkungan kerja ternyata mudah diterapkan dengan fleksibel dan adaptif (*aplicative, adaptability and flexibility*) terhadap beberapa pabrik jamu yang sejenis, karena pada intinya proses perajangan dan ekstraksi adalah sama. Kemudahan penerapan (*aplicative, adaptability and flexibility*), perancangan ulang tersebut di atas relatif mudah, karena semua kebutuhan sumber daya pendukung (*hardware and software*) baik informasi, teknologi, perlengkapan, bahan baku, mesin, maupun tenaga ahli yang terkait, telah tersedia dan mudah ditemukan di pasaran Indonesia. Informasi tentang pedoman dan persyaratan perancangan ulang relatif mudah didapatkan.

Kelebihan (*strength*), perancangan ulang yang bersifat terintegratif antara sistem automasi dan lingkungan kerja yang juga meliputi tempat kerja, pencahayaan, pengondisian udara, dan prosedur kerja, akan dapat menghemat biaya perancangan dan pembelian bahan baku. Biaya perawatan dan operasional baik bersifat *fixed* maupun *variabel*, dapat diprediksi terlebih dulu. Kaidah ergonomi akan terpenuhi, sehingga kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja akan terpenuhi pula. Kelebihan selanjutnya adalah kemungkinan peningkatan produktivitas kerja menjadi semakin jelas, sehingga sudah cukup meyakinkan peranannya terhadap peningkatan produktivitas kerja yang berwawasan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja.

Kekurangan (*weakness*), perancangan ulang secara parsial hanya akan menimbulkan permasalahan baru yang saling mengait.

Pengembangan seperti itu, biasanya cenderung meninggalkan orientasi terhadap kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Biaya investasi awal relatif lebih besar. Kekurangan yang akan timbul biasanya berasal dari sumber daya manusia, meliputi perilaku, kesadaran diri, disiplin diri, dan motivasi kerja (*attitude and achievement motivation*).

Peluang penyempurnaan kembali (*opportunity*), setelah melalui perbandingan dengan cara *benchmarking* di banyak pabrik jamu ekstrak, setelah dapat diimplementasikan secara nyata di lapangan, dan setelah mendapat umpan balik dari para ahli, maka peluang untuk penyempurnaan kembali sangat memungkinkan. Penyempurnaan kembali sangat terkait erat dengan banyak variabel sumber daya pendukung, di mana pabrik tersebut berada dan perlu penyesuaian.

Hambatan atau tantangan yang mungkin akan timbul dalam penerapan rekomendasi hasil perancangan ulang (*threaty*) adalah investasi dana yang relatif cukup besar. Tantangan selanjutnya adalah ketersediaan tenaga ahli yang terkait, baik yang memiliki penguasaan spesifik, spesialis, maupun yang generalis dalam perancangan ulang dan penerapannya.

Pembahasan di atas telah menunjukkan adanya deskriptor lebih nyaman, sehat, dan selamat serta proses kerja yang lebih efisien terhadap penggunaan sumber daya, efektif, dan lebih produktif, dari hasil perancangan ulang sistem automasi dan lingkungan kerja di proses perajangan dan ekstraksi. Nyaman karena ruang kerja memiliki pencahayaan yang memadai untuk kerja teliti, memiliki kondisi udara yang sesuai dengan batasan suhu nikmat, pengoperasian dan pengontrolan mesin menjadi lebih mudah. Sehat dan aman karena sumber potensi bahaya telah dapat diisolasi, dieliminasi, dan diproteksi dengan relatif lebih baik.

Asumsi yang digunakan adalah proses produksi dapat berlangsung secara terus-menerus, maka proses kerja yang lebih efisien, efektif, dan produktif, dapat ditunjukkan oleh perhitungan waktu dan gerakan kerja yang didukung oleh penerapan automasi. Hal ini telah jelas terungkap dalam analisis, perancangan ulang dan pembahasan dalam proyek pengembangan di bab sebelumnya.

Secara menyeluruh, perancangan ulang terhadap proses produksi di ruang perajangan dan ekstraksi, meliputi perancangan ulang lingkungan kerja, peralatan atau perlengkapan kerja yang berupa perangkat keras dan lunak sistem automasi. Oleh karena itu, perancangan ulang penerapan automasi proses produksi harus dikoordinasikan, diintegrasikan, dan disinkronkan dengan perancangan ulang lingkungan kerja (Thurman, Louzin & Kogi, 1993). Proyek pengembangan pabrik jamu, tidak lagi layak untuk dilakukan secara parsial. Pendekatan multidisipliner, multimetode yang bersifat integral akan lebih sinergis, efektif, dan efisien. Analisis yang digunakan lebih cenderung ke pendekatan *mix-research* atau *meta analysis* yang integratif (Reason, 1994).

Peranan hasil perancangan ulang tersebut secara teoretis dan logis, dapat untuk mengendalikan potensi sumber bahaya yang mengancam kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Selain itu dapat mempercepat proses produksi, mengurangi waktu operasi kerja yang terbuang, dan akhirnya akan meningkatkan produktivitas kerja secara menyeluruh (Sastrowinoto, 1985). Pembahasan tersebut di atas menunjukkan adanya sumbangan atau peranan penting dari perancangan ulang sistem automasi yang terintegrasi dengan lingkungan kerja yang sehat, aman, dan nyaman, dalam rangka meningkatkan produktivitas kerja. Produktivitas kerja memang belum dapat diukur secara langsung atau empiris karena hasil perancangan ulang masih belum melalui

tahap implementasi di lapangan (pabrik) sesungguhnya. Dengan demikian hipotesis dalam proyek ini dapat diterima.



Bab V

Penutup

A. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis, perancangan ulang, dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. Potensi sumber bahaya (*hazard*) di lingkungan kerja dapat diatasi dengan baik, melalui pendekatan eliminasi, perubahan, kombinasi, dan penyederhanaan (ECCS), termasuk dalam hal ini adalah pengenceran, sirkulasi udara, penyekatan, pengurangan, absorpsi, penggantian, proteksi, perlindungan, dan antisipasi secara berkelanjutan, sehingga dapat berperan penting terhadap meningkatkan produktivitas kerja yang berwawasan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Secara lebih terperinci dapat disimpulkan sebagai berikut:
 - a. Potensi sumber bahaya debu dieliminasi dengan cara mengisolasi mesin perajang, kotak tempat keluaran hasil rajangan, atau pekerja di ruang kendali operasi secara terpisah dengan pengoperasian mesin secara *remote* dan otomatis, dilengkapi ventilasi dengan filter yang memadai dan *dust-collector*, sehingga dapat mendukung keandalan sistem automasi.

- b. Potensi sumber bahaya uap alkohol dan hidrokarbon dieliminasi dengan mengisolasi mesin sentrifugal dalam proses penirisan, dengan membuat sistem automasi *close-loop* pada saat evaporasi, dilengkapi ventilasi dengan filter yang memadai dan *fume-collector*, atau mengisolasi pekerja di ruang kendali yang terpisah dengan pengoperasian mesin secara *remote* dan otomatis.
 - c. Potensi sumber bahaya kebisingan dieliminasi dengan pengurangan getaran mesin, mengisolasi mesin dengan bahan kedap suara, atau mengisolasi pekerja di ruang kendali yang terpisah dengan pengoperasian mesin secara *remote* dan otomatis.
 - d. Pencahayaan dibuat lebih nyaman dan sehat, dengan penambahan lampu dan armatur yang sesuai, sehingga dapat mendukung operasi sistem automasi.
 - e. Pengondisian udara menggunakan AC dan ventilasi berfilter, dengan asumsi bahwa potensi sumber bahaya sudah dapat dikendalikan, selain itu dapat menambah keandalan perangkat keras dan lunak sistem automasi.
2. Sistem automasi digunakan untuk pemasukan dan pemantauan bahan baku nabati pada proses perajangan dan pemompaan bahan penyari dengan menggunakan mekatronik; serta operasi ekstraksi dengan cara perkolasi dengan menggunakan PLC; sehingga dapat menyederhanakan dan meningkatkan proses produksi, sehingga dapat berperan penting terhadap peningkatan produktivitas kerja yang berwawasan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja.
3. Sistem automasi dan lingkungan kerja secara terintegrasi ternyata dapat saling mendukung, sehingga dapat lebih berperan terhadap meningkatkan produktivitas kerja yang berwawasan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja.

B. Saran

Saran-saran sebagai berikut berdasarkan hasil proses analisis dan sintesis dalam proyek ini. Hal ini merupakan usulan yang bersifat futuristik, terkait dengan usaha penerapan dan diseminasi lebih lanjut dari hasil proyek ini, untuk kepentingan kemajuan ekonomi bangsa, khususnya melalui pabrik obat tradisional jamu di Indonesia.

1. Hasil proyek ini dapat diintegrasikan dengan subsistem kerja lainnya seperti tempat kerja, prosedur kerja, dan psikologi pengembangan sumber daya manusia, agar dapat lebih meningkatkan produktivitas kerja secara menyeluruh.
2. Proyek ini perlu ditindaklanjuti dengan tahap implementasi di pabrik jamu ekstrak secara nyata, sehingga akan dapat diketahui sumbangan yang bersifat empiris terhadap peningkatan produktivitas kerja.
3. Penggunaan alat pelindung diri yang sesuai dengan sifat sumber bahaya atau polutan yang ada, merupakan tindakan terakhir, untuk melengkapi hasil perancangan ulang terhadap sistem automasi atau rekayasa mesin dan lingkungan kerja di proses perajangan dan ekstraksi.
4. Sebaiknya hasil proyek ini disebarluaskan lebih lanjut melalui lembaga terkait seperti asosiasi pabrik jamu, Badan POM, Depnaker, Deperindag, lembaga pendidikan, dan melalui media informasi lainnya, sehingga dapat lebih disempurnakan secara berkelanjutan dan dapat lebih bermanfaat.

Daftar Pustaka

- ACGIH. 1995. *Industrial Ventilation, Manual of Recommended Practice*. Cincinnati.
- Achmadi, U.F.1991. *Sick Building Syndrome di Gedung X*. Laporan Proyek. Jakarta: Lembaga Proyek UI.
- Apple, J.M. 1990. *Tata Letak Pabrik dan Pемindahan Bahan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Apple, James M. 1987. *Plant Layout and Material Handling*. New York: John Wiley & Sons.
- Arismunandar, Heizo Saito. 1991. *Penyegaran Udara*. Bandung: PT Pradnya Paramita.
- Aroef, Matthias dan Buchara Ubuh.2000.*Analisis Produktivitas dan Manajemen Mutu*. Magister Manajemen Teknologi PPS ITB.
- Barnes, Ralph M. 1990. *Motion and Time Study (Design and Measurement of work)*. New York: John Wiley & Sons.
- Bennet N.B. Silalahi dan Rumondang B. Silalahi. 1995. *Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: PT Binaman Pressindo.
- Berry, Lilly. M. 1998. *Psychology at Work*. Sanfransisco: McGraw-Hill.
- Bogdan RC. 1972. *Participant Observation in Organizational Setting*. New York: Syracuse University.
- Bridger,R.S. 1995. *Introduction to Ergonomics*. Singapore: McGraw-Hill.Inc
- Burton, DJ. 1994. *Industrial Ventilation Workbook*. IAQ and HVAC Workbook.
- Cheremisinoff, Paul (Ed.). 1995. "Encyclopedia of Environmental Technology", *Work Area Hazard*, Vol. 8.. Houston: Gulf Pub.
- Cohen, Lou.1995. *Quality Function Deployment (QFD), How to make QFD Work for You*. Massachusetts: Addison-Westley Pub. Co.
- Darmasetiawan, C. Puspakesuma, L. 1991. *Teknik Pencahayaan dan Tata Letak Lampu*. Jakarta: PT. Grassindo.

- Davis.W.S. 1983. *System Analysis and Design a Structured Approach*. Massachusetts: Wesley Addison.
- DEPKES RI. 1986. *Sediaan Galenik*. Badan POM Indonesia.
- DEPKES RI. 1996. *Pedoman Teknis Inspeksi dan Sertifikasi*. Badan POM Indonesia.
- DEPNAKER. RI. 1991. *Himpunan Peraturan Perundang-undangan Keselamatan Kerja dan Kesehatan Kerja*. Jakarta.
- Grandjean, E. 1988. *Fitting The Task to the Man: A Textbook of Occupational Ergonomics, 4th edition*. Taylor & Francis
- Groover, Mikkel P. 2001. *CAD/CAM Computer Aided Design and Manufacturing*. New Delhi: Prentice Hall.
- Harten, P.V. 1985. *Instalasi Listrik Arus Kuat 2*. Bandung: Bina Cipta.
- Hutchins, David.1996. *Just in Time*. New York: Professional Books.
- ILO.1991.*Encyclopedia of Occupational Health and Safety*. Geneva.
- ILO.1996. *Ergonomic Checkpoints*. Geneva: International Labour Office.
- Ismara, K. Ima. 2001. *Programmable Logic Controller (PLC)*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Jefrey.LW., Lonnie. DB. & Thomas. IM. 1986. *System Analysis and Design Methods*. St.Louis: Time Mirror-Mosby CP.
- Jogiyanto HM. 1999. *Analisis & Desain*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Keyserling,WM. 1988. "Occupational Safety:Preventing Accidents and Overt Trauma". *Occupational Health*, Levy and Wegman (ed.). USA: Penguin Book Ltd.
- Kirk j. & Miller ML. 1986. *Reliability and Validity in Qualitative Research*. California: SAGE Pub. Inc.
- Kristina Asih Damayanti. 2000. *Pengembangan Produk yang Ergonomis dengan Metode QFD, Proceeding, Ergonomi 2000*. Surabaya: Guna Widya.
- LaDau Joseph, MD. 1990.*Occupational Medicine*. California:Apleton & Lange.
- Levy and Wegman (ed.).1988. *Occupational Health*. USA: Penguin Book.

- Manuaba Adnyana. 2000. "Ergonomi kesehatan dan Keselamatan Kerja", *Proceeding Ergonomi 2000*. Surabaya: Guna Widya.
- Meredith.J.R. 1992. *The Management of Operations, a Concepts Emphasis*. New York: John Willey & Sons Inc.
- Michael Lee. 2001. *Ergonomics*, <http://www.cchs.usyd.edu.au/ESS/lee/ess3/>
- Miles MB. & Huberman. AM. 1984. *Qualitative Data Analysis*. California: SAGE Pub. Inc.
- Morris, S. Brian. 1995. *Automated Manufacturing System (Actuators, Controls, Sensors and Robotic)*. New York: McGraw Hill.
- Morse JM.1994. "Designing Funded Qualitative Research", *Handbook of Qualitative Research* (Densin NK. & Lincoln YS, eds.). California: SAGE Pub. Inc.
- Mundel, Marvin E. and David L. Danner. 1994. *Motion and Time Study: Improving Productivity*. Enggelwood Cliffs, N. J.: Prentice Hall International Inc.
- Niebel, Benjamin W. 1993. *Motion and Time Study*. Homewood, IL.: Richard D. Irwin. Osborne. David. 1982. *Ergonomic at Work*. John Wiley & Son Ltd.
- Pakpahan, Sahat. 1994. *Kontrol Otomatik (Teori dan Penerapan)*. Jakarta: Erlangga.
- Pulat B.Mustafa. 1992. *Fundamentals of Industrial Ergonomics*. New Jersey : Prentice Hall. Pritchard, John A. 1976. *A guide to Industrial Respiratory Protection*. Washington D.C.:US Dept. Of Helth, Education, and Welfare.
- Reason, Peter. 1994. "Three Approaches to Participative Inquiri", *Handbook of Qualitative Research* (Densin NK. & Lincoln YS, eds.). California: SAGE Pub. Inc.
- Sastrowinoto, S. 1985. *Meningkatkan Produktivitas dengan Ergonomi*. Jakarta: PT. Pratinja.
- Scott, M Ronald. 1995. *Introduction to Industrial Hygiene*. Lewis Publisher.

- Sugiyanto. 2000. "Otomatisasi di Dunia Kerja dan Industri," *Proceeding Ergonomi 2000* (Sritomo Wignjosoebroto & Wiratno, ed). Surabaya: Guna Widya.
- Spradley JP. 1980. *Participant Observation*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Sritomo Wignjosoebroto dan Wiratno (ed). 2000. *Proceeding Ergonomi 2000*. Surabaya: Guna Widya.
- Suma'mur. 1996. *Keselamatan dan Pencegahan Kecelakaan*. Jakarta: PT Seksama.
- Sutalaksana, dkk. 1979. *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Suzaki, Kiyoshi. 1997. *The New Manufacturing Challenge: Techniques for Continuing Improvement*. California: Diamond Pub.Comp.
- Thurman, J.E., Louzine, A. E, Kogi, K. 1993. *Peningkatan Produktivitas Sekaligus Tempat Kerja*. Jakarta: PT Komunika Jaya Pratama.
- U.S. Departement of Health and Human Services. 2002. *Bioguard Air Filter*.
Info@bioguardfilter.com.
- Walters.D.B. and Stricoff .R.S. 1995. *Handbook of Lab. Health and Safety*. New York: John Wiley & Sons,Inc.
- Wignjosubroto, S. 1995. *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*. Jakarta: PT Candimas Metropole.
- Woodside, G and Kocurek, D. 1997. *Enviromental, Safety, and Health Engineering*. New York: John Wiley & Sons.
- Yahya, M. 1996. *Penerapan Ergonomi Dalam Sistem Manusia Alat Terhadap Kenyamanan Kerja dan Produktivitas Pembatik Tulis di Kotamadya Yogyakarta*. Tesis. Yogyakarta: Program Pascasarjana Universitas Gajah Mada.
- Zenz Carl, M.D, Sc.D. 1994. *Occupational Medicine*, 3rd. Ed. Toronto: Mosby. WHO.1995.*Deteksi Dini Penyakit Akibat Kerja*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Widodo Hariyono. 1999. *Tata Letak Pabrik yang Ergonomis Bagi*

Keseimbangan Sistem Manusia-Mesin di Balai Yasa Perumka Yogyakarta. Tesis. Yogyakarta: Program Pascasarjana Universitas Gajah Mada.

Pedoman Cara Pembuatan Obat yang Baik, Departemen Kesehatan RI, 1968 Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 43/Menkes/SK/II/1988 Upaya Kesehatan Kerja Sektor Inormal di Indonesia, Departemen Kesehatan RI, 1994

Pedoman Teknis Upaya Kesehatan Kerja di Rumah Sakit, Departemen Kesehatan RI, 9661

Pedoman Keamanan Laboratorium Mikrobiologi dan Biomedis (Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 1244/Menkes/SK/XII/1994).

Biosafety Guidelines for Personnel Engaged in the Production of Vaccines and Biological Product for Medical Use, WHO, 1994.

Hazard Study and Risk Assesment in the Pharmaceutical Industry, John E. Gillet, Interpham Press, Inc, 1996.

Techniques of Safety Management, Dan Peterson, 2 Edition, McGraw-Hill.

Kogakusha, Ltd. Industrial World, November 1974.

Poisoning & Drug Overdose, Kent R. Olsen, MD, FACEP, San Fransisco By Area Regional Poison Control Center.

Chart, Lab. Safery Supply, Janes ville, WI 53547-1368, U.S.A. Chat, Du Pont & Co., U.S.A.

T'oday's Supervisor, August 1998 Brasur Produk 3M.

ACGIH. 2010. *Industrial Ventilation A Manual of Recommended Practice for Design, 27th Edition*. Cincinati: Signature Publications.

Bridger, R.S. 2003. *Introduction to Ergonomics*. Singapore: McGraw-Hill.Inc.

Dewanti, Ratih. 2013. *HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point)*. Jakarta: Dian Rakyat.

Ismara, K dan Prianto, E. 2016. *Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Bidang Kelistrikan*. Solo: Adicandra Media Grafika.

- Melinda. 2014. *Aktivitas Bakteri Daun Pascar (Lowsonia inemis L), Skripsi, Univeristas Muhammadiyah Surakarta.*
- Muhandri, t. & Kadarisman, D., 2008. *Sistem Jaminan Mutu Industri Pangan.* Bogor: IPB Press.
- Muhandri, T. & Kadarisman, D., 2013. *Mutu dan Kinerja Perusahaan Suatu Pendekatan pada Industri Pangan.* Tengerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Nash, A. R dan Wachter, A.H. 2003. *Pharmaceutical Process Validation 3th Edition.* New York: Marcel Dekker, Inc.
- Prawirosoentono, s., 2002. *Filosofi Baru Tentang Managemen Mutu Terpadu.* Jakarta: Bumi Aksara.
- Priyambodo, Bambang. 2007. *Manajemen Farmasi Industri.* Yogyakarta: Global Pustaka Utama.
- Rini Iskandar. 2007. *Sick Building Syndrome di Gedung X.* Laporan Penelitian. Jakarta: Universitas Kristen Maranatha.
- Sumarny, Ros. 2002. *Paradigma Pengobatan Kanker.* Institut Pertanian Bogor. Tugas Falsafah Sains. <http://rudycr.tripod.com/sem 2 012/ros sumarny.htm>.
- Sumarny, Ros. 2002. *Paradigma Pengobatan Kanker.* Institut Pertanian Bogor. Tugas Falsafah Sains. <http://rudycr.tripod.com/sem 2 012/ros sumarny.htm>.
- Tilaar, M. 2002. *Budidaya Secara Organik Tanaman Obat Rimpang.* Jakarta: Penebar Swadaya.
- Widiyastuti, Y. 2004. *Penanganan Hasil Panen Tanaman Obat Komersial.* Jakarta: Penebar Swadaya.

DAFTAR PUSTAKA GAMBAR

- <https://docplayer.info/122264259-Sortasi-pencucian-dan-pengeringan.html>
- <https://www.suarasurabaya.net/kelanakota/2014/Mesin-Cuci-Empon-empon-Percepat-Proses-Pembuatan-Jamu/>
- <https://docplayer.info/122264259-Sortasi-pencucian-dan->

[pengeringan.html](#)
http://kalsel.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php?option=com_content&view=article&id=886:susi-lesmayati-retna-qomariah-awanis&catid=14:alsin&Itemid=43
<https://anekamesinbagus.wordpress.com/2013/04/04/mesin-perajang-simplisia-jamu/>
<https://infopublik.id/galeri/foto/detail/80240>
<http://www.prima-brt.com/2019/07/spesifikasi-mesin-pengering-simplisia.html>
<https://docplayer.info/204280175-Peningkatan-produktivitas-mesin-sangrai-biji-kopi-di-ukm-kabupaten-kediri.html>
<https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-5477502/dapat-bantuan-mesin-giling-produksi-jamu-di-bantul-lebih-efisien>
<http://pengetahuanpanganpertanian.blogspot.com/2015/05/pengayakan-dalam-pembuatan-jamu-bubuk.html>
<https://ponorogo.go.id/2022/04/17/direktur-akafarma-sudahkah-semua-jamu-melalui-uji-praklinik-dan-uji-klinik/>
https://www.sidomuncul.co.id/en/warehouse_hangar.html
<https://indonesian.alibaba.com/p-detail/SS304-316L-60660296101.html?spm=a2700.8699010.29.17.419f643djbm5sn>
<https://www.aprilasia.com/id/our-media/artikel/april-learning-institute-pusat-pelatihan-dan-pengembangan-karyawan-industri-pulp-dan-kertas-terbesar-di-indonesia>
<https://hima.pwk.its.ac.id/memproyeksi-peluang-industri-biofarmaka-nasional/>
<https://www.youtube.com/watch?v=R-VTmaupo8Y>
<https://environment-indonesia.com/personal-hygiene-phbs-tips/>
<https://ponorogo.go.id/2022/04/17/direktur-akafarma-sudahkah-semua-jamu-melalui-uji-praklinik-dan-uji-klinik/>
https://www.pdfprof.com/PDF_Image.php?id=44802&t=37
<https://environment-indonesia.com/tujuh-prinsip-haccp/>

Biodata Penulis

Prof. Dr. Ir. Qomariyatus Sholihah ST., M.Kes. IPU., Asean Eng.



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 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dari Universitas Brawijaya, Malang 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 tersebut 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 116 artikel di jurnal nasional maupun internasional bereputasi. Selain itu ia telah menulis 20 buku ajar maupun buku teks di antaranya 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.

Dr. Ketut Ima Ismara, M.Pd. M.Kes., IPU



Keahlian:

Manajemen Pendidikan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (Safety Education Management), Psikologi K3LH (Safety Psychology, Safety Behaviour, and Safety Culture), Pengembangan Tempat yang Aman dan Sehat (Safety Workplace Development), Manajemen K3LH Industri (Industrial Safety Management), Pengembangan K3LH Teknopreneurship (Safety Technopreneurship Development), Asesor BNSP K3LH.

Riwayat pendidikan S-1 Pendidikan dan Pelatihan Kelistrikan, IKIP Yogyakarta terkait dengan otomatisasi dan manajemen industri. Lalu S-2 Manajemen Pendidikan, IKIP Malang, Kepedulian dalam Sistem Manajemen dan Pendidikan Kejuruan, & Pendidikan HRD. S-2 K3LH Industri (Kesehatan, dan Keselamatan Kerja serta Lingkungan Hidup), Fakultas Kedokteran UGM, Kepedulian pada Faktor Manusia (Ergonomis), Teknik Keselamatan, Pengembangan Budaya Keselamatan, Pelatihan EHS, dan Manajemen EHS. Kemudian S-3 K3LH Industri (Kesehatan dan Keselamatan Kerja serta Lingkungan Hidup) Program Studi Doktor Ilmu Kedokteran dan Kesehatan Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, dan Keperawatan (UGM).

Nita Rahma Wati, S.Pd

Kelahiran Lampung Selatan 1 Februari 1990. Telah menyelesaikan Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro di Universitas Negeri Yogyakarta. Pernah Bekerja sebagai Human Resource Departement Divisi Training & Development untuk Industri Fast Moving Consumer Goods (FMCG) dan Industri Garment. Memiliki Hobi utak-atik pemrograman, saat ini bekerja sebagai Quality Assurance Software (Manual tester) di sebuah perusahaan Software Development yang ada di Yogyakarta.

Eko Prianto, S.Pd.T., M.Eng.

Pengalaman Pendidikan Sarjana (S1) Pendidikan Teknik Elektro UNY, Pendidikan Pasca Sarjana (S2) Magister Sistem Teknik - Teknik Mesin UGM dan sedang melanjutkan Studi S3 di Program Studi Doktor Teknik Industri - 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.

PENGEMBANGAN PABRIK JAMU

Sistem otomatisasi di industri merupakan salah satu upaya dalam mengurangi serta mencegah terjadinya kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang terjadi di lingkungan kerja karyawan. Secara khusus buku *Proyek Pengembangan Pabrik Jamu* ini membahas tentang *awareness* terhadap Kesehatan dan Keselamatan Kerja di pabrik jamu khususnya pabrik jamu ekstrak. Buku ini ditulis berdasarkan hasil riset penulis di salah satu industri jamu ekstrak yang ada di Jawa Tengah. Perkembangan industri yang semakin maju serta era modernisasi menuntut sumber daya manusia untuk memahami cara memproduksi jamu atau obat yang safety dan higienis, maka buku ini hadir untuk membantu Anda dalam memahami ilmu Kesehatan dan Keselamatan Kerja di industri pengolahan jamu ekstrak yang dikombinasikan dengan Cara Pengolahan Obat yang Baik (CPOB) agar memperoleh hasil produksi obat tradisional jamu yang berkualitas.

Buku ini menjelaskan dengan bahasa yang mudah dipahami, disertai dengan ilustrasi gambar yang jelas, dan contoh yang aplikatif, sehingga Anda tidak akan menemukan kesulitan dalam memahami ilmu Kesehatan dan Keselamatan Kerja di industri jamu ekstrak. Selain itu, dengan adanya contoh aplikatif akan memudahkan Anda dalam memahami pentingnya otomatisasi Industri dalam menunjang Kesehatan dan Keselamatan Kerja.

 **BINTANG**
SEMESTA MEDIA

Jl. Karang Sari, Gg. Nakula, Sleman, Yogyakarta 57773
Telepon: (0274) 4558369 WA: 0858 6534 2317
Email: redaksibintangpustaka@gmail.com
Website: bintangpustaka.com



ISBN 978-623-8015-74-0



9 786238 015740