

# PENYEMPURNAAN PROTEKSI PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DI INDONESIA

*Edy Supriyadi*

edy\_via@yahoo.com

Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNY

## **Abstract:**

The reliability of electrical power system can be seen from some indicators such as quality (voltage, power, frequency), continuity, and safety. Recently, the main problem of electrical power system in Indonesia is discontinuity. Blackout of the system oftenly occurred due to temporary or permanent faults. It seems that protection system of electrical power system doesn't work properly. Some efforts should be done to overcome that problem. State owned electrical company (PLN) and its stakeholders should do as follows: (1) developing a grand design of protection system, (2) developing a standardization of protection components, (3) developing a protection system design in every zone/area, (4) installing protection system from power station to distribution (consumers), (5) maintaining and calibrating protection component regularly.

Listrik merupakan bentuk energi yang paling banyak digunakan di hampir semua aspek kehidupan, seperti untuk rumah tangga, industri, perkantoran, pertanian, transportasi, dan sebagainya. Energi listrik dihasilkan melalui generator pada pusat pembangkit dengan berbagai macam tenaga penggerak awalnya. Penggerak awal tenaga air digunakan pada Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA), tenaga uap pada Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU), tenaga gas pada Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG), dan lain sebagainya. Pada awalnya, pemakaian tenaga listrik hanya terbatas pada daerah di sekitar pembangkit itu berada, sehingga untuk menyalurkannya hanya diperlukan sistem tenaga listrik tegangan rendah.

Terjadinya perkembangan daerah atau perkotaan menyebabkan pusat pembangkit letaknya terpaksa jauh dari kota atau pusat beban. Hal ini menyebabkan pembangkit, misalnya PLTA, tidak mungkin lagi menyalurkan listrik menggunakan tegangan rendah ataupun menengah. Untuk itu diperlukan tegangan yang lebih tinggi atau yang lazim disebut transmisi. Penggunaan saluran transmisi memungkinkan pengiriman tenaga listrik kepada pemakai yang letaknya beberapa ratus kilometer dari pusat pembangkit.

Sistem tenaga listrik dikatakan baik apabila dapat mencatu dan menyalurkan tenaga listrik ke konsumen dengan tingkat keandalan yang tinggi. Keandalan di sini meliputi kelangsungan, stabilitas, dan harga per KWH yang terjangkau oleh konsumen. Pemadaman listrik sering terjadi akibat gangguan yang tidak bisa diatasi oleh sistem proteksinya. Keadaan ini sangat mengganggu kelangsungan penyaluran tenaga listrik. Naik turunnya kondisi tegangan dan catu daya listrik pun bisa merusakkan peralatan listrik.

Idealnya, tenaga listrik dapat disalurkan dengan baik dari pusat pembangkit ke seluruh konsumen secara terus menerus tanpa pemadaman, dan dengan parameter listrik yang stabil serta harga yang terjangkau. Pada kenyataannya, konsumen di Indonesia saat ini belum memperoleh pasokan energi listrik seperti yang diharapkan. Selama ini seringkali terjadi pemadaman hampir di seluruh wilayah Indonesia, tidak terkecuali di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, Medan, Yogyakarta, Denpasar, Bandung, dan kota-kota lainnya.

Pada bulan Maret 2009 terjadi pemadaman listrik sebagian wilayah Jawa-Bali. Hal ini ditengarai karena terjadi gangguan pada sistem transmisi. Seluruh pembangkit listrik di Suralaya yang berkapasitas 3.400 MW tidak beroperasi atau keluar dari sistem interkoneksi Jawa-Bali (Kapanlagi.com, Maret 2009). Akibatnya, terjadi pengurangan beban dan pemadaman di sejumlah wilayah di pulau Jawa dan Bali. Hampir semua lampu pengatur lalu-lintas padam. Arus lalu-lintas kendaraan macet. Antrean panjang dan kesemrawutan arus lalu-lintas kendaraan, terutama di perpotongan jalan terjadi di berbagai tempat. Beberapa Bandara di wilayah pemadaman juga mengalami gangguan dalam mengelola penerbangan. Yang tentu membuat banyak pihak was-was adalah di rumah sakit yang sedang melakukan tindakan darurat terhadap pasien atau korban kecelakaan lalu-lintas. Dengan padamnya aliran listrik PLN dapat mengganggu tindakan-tindakan darurat yang dilakukan oleh pihak rumah sakit tersebut.

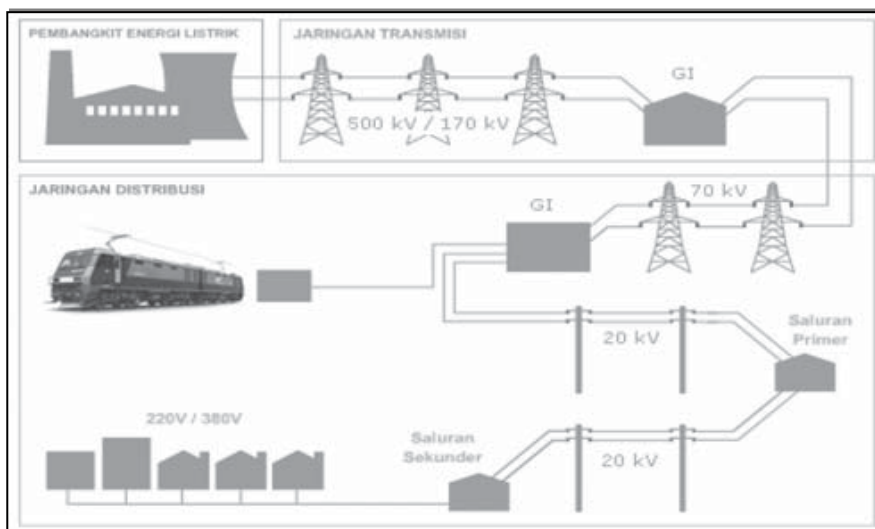
Gangguan pada sistem transmisi tenaga listrik yang berdampak pada pemadaman secara meluas di beberapa wilayah tidak hanya terjadi satu kali saja. Pada tahun-tahun sebelumnya sudah sering terjadi. Belum lagi pemadaman secara bergiliran, dan pemadaman lokal akibat gangguan pada sistem distribusi di dekat konsumen. Hampir setiap konsumen pernah mengalami gangguan pemadaman. Bahkan di beberapa wilayah, pemadaman tersebut termasuk sering terjadi, terutama di daerah

pinggiran dan pedesaan. Di wilayah D.I Yogyakarta dan Jawa Tengah dilaporkan lebih sering terkena pemadaman listrik terutama pada musim penghujan (Suara Merdeka, 23 Nopember 2005).

Berkaitan dengan masih seringnya terjadi pemadaman listrik akibat gangguan pada sistem tenaga listrik, Direktur Utama PT PLN Dahlan Iskan mengatakan, PLN akan meminimalisasi gangguan teknis listrik dalam upaya meningkatkan pelayanan kepada masyarakat. PLN menargetkan pengurangan gangguan teknis listrik bisa berkurang hingga 70 persen sebanding dengan gangguan listrik di negara maju (Tempo Interaktif, 2010). Pertanyaannya adalah bagaimana PLN melakukan pengurangan gangguan listrik tersebut.

### Sistem Tenaga Listrik di Indonesia

Tenaga listrik dihasilkan dari pusat pembangkit dan disalurkan ke konsumen melalui beberapa tahapan atau komponen. Secara umum, komponen-komponen yang ada pada sistem tenaga listrik, adalah sebagai berikut; (1) Stasiun pembangkit, (2) Jaringan transmisi tegangan ekstra tinggi 500 KV, (3) Gardu Induk, (3) Jaringan transmisi tegangan tinggi, (4) Gardu Induk Distribusi, (5) Jaringan distribusi 20 KV, dan (6) Konsumen. Diagram sistem tunggal tenaga listrik dari pusat pembangkit sampai konsumen dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem (tunggal) tenaga listrik

Agar diperoleh sistem penyaluran tenaga listrik yang lebih baik, diperlukan sistem interkoneksi. Dengan interkoneksi dimungkinkan tidak terjadi pembebanan lebih pada salah satu stasiun, dan kebutuhan beban bisa disuplai dari stasiun lain secara seimbang. Sistem interkoneksi kelistrikan merupakan sistem terintegrasinya seluruh pusat pembangkit menjadi satu sistem pengendalian. Dengan cara ini akan diperoleh suatu keharmonisan antara pembangunan stasiun pembangkit dengan saluran transmisi dan saluran distribusi agar bisa menyalurkan daya dari stasiun pembangkit ke pusat beban secara ekonomis, efisien, dan optimum dengan keandalan yang tinggi.

Keandalan sistem merupakan probabilitas bekerjanya suatu peralatan dengan komponen-komponennya atau suatu sistem sesuai dengan fungsinya dalam periode dan kondisi operasi tertentu. Faktor-faktor yang mempengaruhi keandalan sistem tersebut adalah kemampuan untuk mengadakan perubahan jaringan atau peralatan pembangkitan dan perbaikan dengan segera terhadap peralatan yang rusak. Keuntungan sistem interkoneksi, antara lain bisa memperbaiki dan mempertahankan keandalan sistem, harga operasional relatif rendah sehingga menjadikan harga listrik per KWH yang diproduksi lebih murah. Hal ini dengan asumsi bahwa pembangunan pembangkit dengan kapasitas yang besar akan menekan harga listrik.

Sesuai dengan UU no 15/1985 mengenai Ketenagalistrikan, sistem kelistrikan di Indonesia ditangani oleh PLN sebagai BUMN listrik. Sistem kelistrikan dibagi menjadi beberapa wilayah yang terinterkoneksi yaitu Sistem Jawa-Bali, Sumatera Bagian Selatan (Riau, Sumatera Barat, Jambi, Sumatera Selatan dan sebagian Riau), Sumatera bagian Utara (Sumatera Utara dan NAD). Selebihnya di Pulau-pulau lain belum ada sistem interkoneksi seperti di Jawa dan Bali (Indonesian Commercial Newsletter, 2008). Sistem Jawa Bali adalah sistem kelistrikan terbesar di Indonesia yang menghubungkan berbagai pembangkit listrik dan pusat-pusat beban di seluruh P. Jawa, P. Madura dan P. Bali. Sistem ini terdiri dari pembangkit listrik dengan total kapasitas 22.236 MW yang dihubungkan dengan saluran transmisi tegangan ekstra tinggi 500KV dan tegangan tinggi 150 KV dan 70 KV. Jaringan transmisi tegangan ekstra tinggi 500 KV telah menghubungkan pembangkit diseluruh wilayah P. Jawa melalui jaringan transmisi sepanjang pantai utara P. Jawa dan diperkuat dengan jaringan transmisi di daerah Selatan. Sistem interkoneksi Jawa Bali dikelola oleh PLN Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban (PLNP3B) Jawa Bali.

Pusat-pusat pembangkit berskala besar dari beberapa wilayah di Jawa, seperti Suralaya, Saguling, Paiton, dan Cirata, saling dihubungkan melalui stasiun atau gardu-gardu induk. Dengan sistem ini apabila kebutuhan daya dari wilayah tertentu tidak bisa dipenuhi oleh pembangkit setempat, maka bisa dibantu dengan suplai dari berbagai stasiun yang terhubung. Demikian pula jika terjadi kelebihan catu daya, pusat pembangkit bisa mengirimkannya ke wilayah-wilayah lain yang tersambung dalam sistem interkoneksi.

Guna memperluas jaringan interkoneksi di Indonesia, pemerintah merencanakan akan membangun sistem interkoneksi Sumatera-Jawa. Interkoneksi Sumatera-Jawa diperkirakan akan menghubungkan Musi Rawas dan Muara Enim yang nantinya akan menjadi sebuah pusat pembangkitan listrik mulut tambang dan wilayah sekitar Jakarta sebagai pusat beban. Panjang saluran transmisi diperkirakan sekitar 700 km. Dimana 40 km dari panjang tersebut merupakan kabel bawah laut yang melintasi Selat Sunda dengan menghubungkan Kalianda dengan Suralaya. Daya yang ditransmisikan diperkirakan lebih dari 2000 MW. Dengan spesifikasi tersebut maka pilihan teknologi yang dianggap paling tepat adalah dengan menggunakan sistem transmisi HVDC (*High Voltage Direct Current*).



Gambar 2. Rencana jalur interkoneksi Sumatera-Jawa (Sumber: infoenergi.wordpress.com)

### **Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik**

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem yang melibatkan banyak komponen dan sangat kompleks. Oleh karena itu, ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik, antara lain faktor manusia, faktor internal, faktor dan eksternal. Faktor Manusia terutama

menyangkut kesalahan atau kelalaian dalam memberikan perlakuan pada sistem. Misalnya salah menyambung rangkaian, keliru dalam mengkalibrasi suatu piranti proteksi, dan sebagainya.

Faktor Internal menyangkut gangguan-gangguan yang berasal dari sistem itu sendiri. Misalnya usia pakai (ketuaan), keausan, dan sebagainya. Hal ini bisa mengurangi sensitivitas relai proteksi, juga mengurangi daya isolasi peralatan listrik lainnya. Faktor eksternal meliputi gangguan-gangguan yang bersal dari lingkungan di sekitar sistem. Misalnya cuaca, gempa bumi, banjir, dan sambaran petir. Di samping itu ada kemungkinan gangguan dari binatang, misalnya gigitan tikus, burung, kelelawar, ular, dan sebagainya.

Jika ditinjau dari sifat dan penyebabnya, jenis gangguan dapat dikelompokkan menjadi tegangan lebih, hubung singkat, beban lebih, daya balik. Tegangan lebih merupakan suatu gangguan akibat tegangan pada sistem tenaga listrik lebih besar dari seharusnya. Gangguan *tegangan lebih* dapat terjadi karena kondisi eksternal dan internal pada sistem. Kondisi internal terutama karena isolasi akibat perubahan yang mendadak dari kondisi rangkaian atau karena resonansi. Misalnya operasi hubung pada saluran tanpa beban, perubahan beban yang mendadak, operasi pelepasan pemutus tenaga yang mendadak akibat hubungan singkat pada jaringan, kegagalan isolasi, dan sebagainya.

Kondisi eksternal terutama karena adanya sambaran petir. Petir terjadi disebabkan oleh terkumpulnya muatan listrik, yang mengakibatkan bertemunya muatan positif dan negatif. Pertemuan ini berakibat terjadinya beda tegangan antara awan bermuatan positif dengan muatan negatif, atau awan bermuatan positif atau negatif dengan tanah. Bila beda tegangan ini cukup tinggi maka akan terjadi loncatan muatan listrik dari awan ke awan atau dari awan ke tanah. Jika ada menara (tiang) listrik yang cukup tinggi maka awan bermuatan yang menuju ke bumi ada kemungkinan akan menyambar menara atau kawat tanah dari saluran transmisi dan mengalir ke tanah melalui menara- dan tahanan pentanahan menara. Bila arus petir ini besar, sedangkan tahanan tanah menara kurang baik maka akan timbul tegangan tinggi pada menaranya. Keadaan ini akan berakibat dapat terjadinya loncatan muatan dari menara ke penghantar fase. Pada penghantar fase ini akan terjadi tegangan tinggi dan gelombang tegangan tinggi petir yang sering disebut surja petir. Surja petir ini akan merambat atau mengalir menuju ke peralatan yang ada di gardu induk.

*Hubung singkat* adalah terjadinya hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung tidak melalui media (resistor/beban) yang semestinya sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal (sangat besar). Hubung singkat merupakan jenis gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik, terutama pada saluran udara 3 fase. Meskipun semua komponen peralatan listrik selalu diisolasi dengan isolasi padat, cair (minyak), udara, gas, dan sebagainya. Namun karena usia pemakaian, keausan, tekanan mekanis, dan sebab-sebab lainnya, maka kekuatan isolasi pada peralatan listrik bisa berkurang atau bahkan hilang sama sekali. Hal ini akan mudah menimbulkan hubung singkat. Arus hubung singkat yang begitu besar sangat membahayakan peralatan, sehingga untuk mengamankan peralatan dari kerusakan akibat arus hubung singkat maka hubungan kelistrikan pada seksi yang terganggu perlu diputuskan dengan peralatan pemutus tenaga atau *circuit breaker* (CB).

*Beban lebih* merupakan gangguan yang terjadi akibat konsumsi energi listrik melebihi energi listrik yang dihasilkan pada pembangkit. Gangguan beban lebih sering terjadi terutama pada generator dan transformator daya. Ciri dari beban lebih adalah terjadinya arus lebih pada komponen. Arus lebih ini dapat menimbulkan pemanasan yang berlebihan sehingga bisa menimbulkan kerusakan pada isolasi. Pada transformator distribusi sekunder yang menyalurkan energi listrik pada konsumen akan memutuskan aliran melalui relai beban lebih jika konsumsi tenaga listrik oleh konsumen melebihi kemampuan transformator tersebut.

*Daya balik* merupakan suatu gangguan berubahnya fungsi generator menjadi motor (beban) pada sistem pembangkit tenaga listrik. Gangguan ini terjadi pada sistem tenaga listrik yang terintegrasi (*interconnected sistem*). Pada kondisi normal generator-generator yang tersambung secara paralel akan bekerja secara serentak dalam membangkitkan tenaga listrik. Namun karena sesuatu sebab, misalnya gangguan hubung singkat yang terlalu lama, gangguan medan magnet, dan sebagainya, maka akan terjadi ayunan putaran rotor sebagian dari generator pada sistem tersebut. Ayunannya bisa lebih cepat atau lebih lambat dari putaran sinkron. Hal ini menyebabkan sebagian generator menjadi motor dan sebagian berbeban lebih. Dengan demikian terjadi aliran tenaga listrik yang berbalik, yaitu generator yang seharusnya menghasilkan tenaga listrik, justru berbalik menjadi motor yang menyerap tenaga listrik. Kejadian ini akan terjadi pada sistem tegangan tinggi atau ekstra tinggi yang lebih luas, misalnya pada sistem tenaga listrik terintegrasi (Jawa-Bali). Cara untuk mengatasi gangguan ini adalah dengan melepas generator yang terganggu atau melepas daerah yang terjadi hubung singkat secepat

mungkin. Gangguan ini dapat membahayakan generator itu sendiri atau membahayakan sistemnya. Untuk mengamankan gangguan di atas biasanya pada penyerentakan generator telah dilengkapi dengan relai daya balik (*reserve power relay*).

### **Upaya Pencegahan Gangguan**

Sebagaimana dijelaskan di muka, ada beberapa jenis gangguan pada saluran tenaga listrik yang memang tidak semuanya bisa dihindarkan. Untuk itu perlu dicari upaya pencegahan agar bisa memperkecil kerusakan pada peralatan listrik, terutama pada manusia akibat adanya gangguan. Pencegahan gangguan pada sistem tenaga listrik bisa dikategorikan menjadi dua langkah, yaitu usaha memperkecil terjadinya gangguan, dan usaha mengurangi kerusakan akibat gangguan (Edy Supriyadi, 2000).

Cara yang ditempuh untuk memperkecil terjadinya gangguan, antara lain; membuat isolasi yang baik untuk semua peralatan; membuat koordinasi isolasi yang baik antara ketahanan isolasi peralatan dan penangkal petir (*arrester*); membuat kawat tanah dan membuat tahanan tanah pada kaki menara sekecil mungkin, serta selalu mengadakan pengecekan; membuat perencanaan yang baik untuk mengurangi pengaruh luar mekanis dan mengurangi atau menghindarkan sebab-sebab gangguan karena binatang, polusi, kontaminasi, dan lain-lainnya; pemasangan yang baik, artinya pada saat pemasangan harus mengikuti peraturan-peraturan yang baku; menghindari kemungkinan kesalahan operasi, yaitu dengan membuat prosedur tata cara operasional (*standing operational procedur*) dan membuat jadwal pemeliharaan rutin; memasang kawat tanah pada SUTT dan gardu induk untuk melindungi terhadap sambaran petir; memasang *lightning arrester* (penangkal petir) untuk mencegah kerusakan pada peralatan akibat sambaran petir.

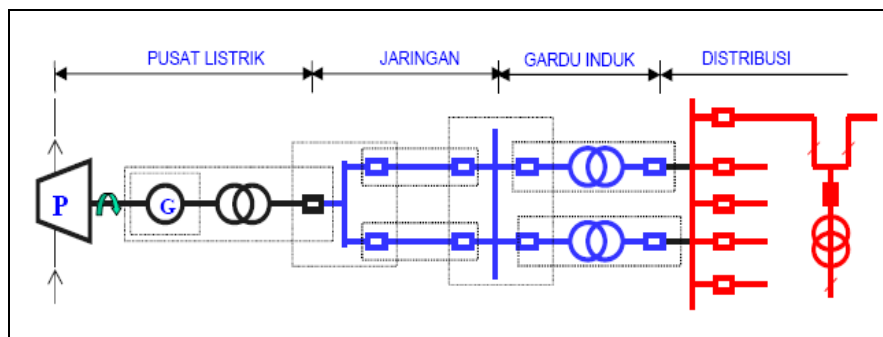
Beberapa cara untuk mengurangi kerusakan akibat gangguan, antara lain: (a) Mengurangi akibat gangguan, misalnya dengan membatasi arus hubung singkat, caranya dengan menghindari konsentrasi pembangkitan atau dengan memakai impedansi pembatas arus, pemasangan tahanan, atau reaktansi untuk sistem pentanahannya sehingga arus gangguan satu fase terbatas. Pemakaian peralatan yang tahan atau andal terhadap terjadinya arus hubung singkat; (b) Secepatnya memisahkan bagian sistem yang terganggu dengan memakai proteksi lebur atau dengan relai proteksi dan pemutus beban dengan kapasitas pemutusan yang memadai; (c) Merencanakan agar bagian sistem yang terganggu bila harus dipisahkan dari sistem tidak akan mengganggu operasi sistem secara keseluruhan atau penyaluran



tenaga listrik ke konsumen tidak terganggu. Hal ini bisa dilakukan, misalnya dengan: (1) memakai saluran ganda atau saluran yang membentuk ring; (2) memakai penutup balik otomatis; (3) memakai generator cadangan atau pembangkitan siap pakai; (4) Mempertahankan stabilitas sistem selama terjadi gangguan, yaitu dengan memakai pengatur tegangan otomatis yang cepat dan karakteristik kestabilan generator yang memadai; (5) Membuat data/pengamatan gangguan yang sistematis dan efektif, misalnya dengan menggunakan alat pencabut gangguan untuk mengambil langkah-langkah pencegahan lebih lanjut.

### Sistem Proteksi Tenaga Listrik

Sistem proteksi tenaga listrik merupakan sistem proteksi pada peralatan-peralatan yang terpasang pada sistem tenaga listrik, seperti generator, bus bar, transformator, saluran udara tegangan tinggi, saluran kabel bawah tanah, dan lain sebagainya terhadap kondisi abnormal operasi sistem tenaga listrik tersebut. Kegunaan sistem proteksi tenaga listrik, antara lain untuk; (1) mencegah kerusakan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal; (2) mengurangi kerusakan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal; (3) mempersempit daerah yang terganggu sehingga gangguan tidak melebar pada sistem yang lebih luas; (4) memberikan pelayanan tenaga listrik dengan keandalan dan mutu tinggi kepada konsumen; (5) mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh tenaga listrik. Di dalam proteksi sistem tenaga listrik, seluruh komponen harus diamankan dengan tetap menekankan selektivitas kerja peralatan/relai proteksi. Untuk mencapai hal ini, sistem tenaga listrik dibagi menjadi daerah-daerah (zona) proteksian.



Gambar 3 Daerah Proteksi pada Sistem Tenaga Listrik

Setiap daerah proteksi pada umumnya terdiri atas satu atau lebih elemen sistem tenaga listrik. Misalnya generator, bus bar, transformator, saluran udara, dan lain-lain. Agar seluruh sistem tenaga listrik dapat diamankan, maka harus ada daerah yang tumpang-tindih (*overlap*). Artinya ada elemen sistem yang diamankan oleh dua daerah proteksian. Setiap daerah proteksi dijaga oleh relai yang sesuai dengan karakteristik peralatan yang diamankan. Pada umumnya yang menjadi pembatas proteksian antardaerah proteksian ialah trafo arus yang mencatu ke relai.

Untuk mengatasi adanya kegagalan kerja dari sistem proteksi, maka proteksian sistem tenaga listrik dibuat berlapis menjadi dua kelompok, yaitu proteksi utama dan proteksi cadangan. Proteksi utama akan segera bekerja jika terjadi gangguan, sedangkan proteksi cadangan akan bekerja jika proteksi utama gagal bekerja. Kegagalan kerja dari sistem proteksi disebabkan oleh salah satu elemen proteksi tersebut. Daerah proteksian seperti diuraikan sebelumnya memberikan gambaran tentang tugas dari proteksi utama. Untuk relai cepat dan pemutus beban cepat, waktu mulainya terjadinya gangguan sampai selesainya pembukaan pemutus beban maksimum 100 ms, yaitu terdiri dari waktu kerja relai 20-40 ms dan waktu pembukaan pemutus beban 40-60 ms. Pada proteksian jenis tertentu, misalnya proteksian dengan relai arus lebih, waktu kerjanya justru diperlambat untuk mendapatkan selektivitas karena terjadi proteksian yang tumpang-tindih dengan seksi berikutnya. Relai ini bertugas selain sebagai proteksi utama pada daerahnya dan juga sekaligus merupakan proteksi cadangan pada seksi berikutnya.

Elemen-elemen proteksi utama terdiri atas relai, trafo tegangan, baterai (catu daya), kumparan trip, dan pemutus tenaga. Kegagalan kerja pada elemen-elemen proteksi utama dapat dikelompokkan sebagai berikut: Kegagalan pada relainya sendiri, Kegagalan catu arus dan atau catu tegangan ke relai, Kegagalan sistem catu arus searah untuk tripping pemutus beban, Kegagalan pada pemutus tenaga. Kegagalan ini dapat disebabkan karena kumparan trip tidak menerima catu, terjadi kerusakan mekanis, atau kegagalan pemutusan arus karena besarnya arus hubung singkat melampaui kemampuan dari pemutus bebannya. Kegagalan pada proteksi utama diatasi dengan menggunakan proteksi cadangan. Proteksi cadangan umumnya mempunyai perlambatan waktu untuk memberikan kesempatan proteksi utama bekerja lebih dahulu. Jika proteksi utama gagal, maka proteksi cadangan bekerja. Jenis proteksi cadangan ada dua, yaitu proteksi cadangan setempat (*local back up*) dan proteksi cadangan jauh (*remote back up*). Proteksi cadangan setempat merupakan sistem proteksi yang bekerja jika proteksi utamanya gagal bekerja. Akan tetapi, jika proteksiannya masih gagal karena pemutus beban gagal

bekerja, maka relai tersebut akan memberikan perintah untuk membuka semua pemutus beban yang ada kaitannya dengan pemutus beban tersebut.

Sistem proteksi cadangan setempat umumnya digunakan pada sistem tenaga listrik dengan tegangan ekstra tinggi. Dalam hal ini relai cadangan mempunyai kecepatan sama dengan proteksi utamanya, karena sistem ini mempunyai proteksi ganda. Disebut proteksi ganda, sebab trafo arus, baterai, maupun kumparan trip semuanya ganda. Di Indonesia untuk sistem dengan tegangan tinggi, yaitu tegangan 150 KV dan 70 KV, biasanya proteksi cadangannya hanya berupa relai cadangan. Proteksi cadangan jauh merupakan proteksi yang digunakan untuk mengantisipasi adanya kegagalan kerja proteksi di daerah tertentu. Dalam hal ini suatu gangguan pada daerah tertentu akan dihilangkan atau dipisahkan oleh proteksi dari tempat lain berikutnya (cadangan jauh).

### **Pengembangan Sistem Proteksi Tenaga Listrik yang Handal**

Berdasarkan pada kondisi sistem tenaga listrik di Indonesia dan berbagai gangguan yang terjadi selama ini, maka perlu dilakukan pengembangan system proteksi yang lebih komprehensif, efektif, dan efisien. Beberapa hal yang perlu dilakukan, terutama oleh pihak PLN dan pihak terkait dalam pengembangan system proteksi adalah sebagai berikut: (1) Menyusun grand design sistem proteksi tenaga listrik secara menyeluruh; (2) Melakukan standarisasi komponen sistem proteksi tenaga listrik; (3) Menyusun rancangan penyempurnaan sistem proteksi pada setiap zona (daerah); (4) Melaksanakan instalasi penyempurnaan sistem proteksi mulai dari penggerak awal pembangkit sampai distribusi ke konsumen; (5) Melakukan perawatan dan kalibrasi serta penggantian komponen proteksi secara berkala.

Grand design system proteksi tenaga listrik secara nasional perlu dikembangkan secara komprehensif. Sebelum melakukan hal tersebut,, pengembangan grand design system ketenagalistrikan secara nasional harus lebih dulu dikembangkan. Prediksi kebutuhan tenaga listrik dalam waktu 25 tahun kedepan harus dikalkulasi sehingga pengembangan pusat-pusat pembangkit dan system transmisi serta distribusi tenaga listrik ke konsumen dapat dirancang. Grand design system proteksi harus mengacu pada system ketenagalistrikan tersebut. Sistem transmisi melalui SUTET 500 KV yang saat ini menjangkau Pulau Jawa-Bali kemungkinan akan dihubungkan dengan pulau-pulau lain, terutama pulau Sumatera dan Kalimantan. Hal ini berimplikasi pada system proteksinya. Di dalam grand design system proteksi perlu dirancang proteksi pada pusat-pusat pembangkit, proteksi pada system transmisi

dan distribusi, pengkoordinasian operasi system proteksi dan berbagai hal terkait lainnya. Grand design digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan pengembangan atau penyempurnaan system proteksi ketenagalistrikan di Indonesia.

Standarisasi komponen system proteksi dilakukan untuk menjamin bahwa piranti-piranti proteksi yang digunakan memiliki kualitas yang baik sesuai standar ketenagalistrikan yang berlaku. Standarisasi terutama menyangkut piranti-piranti proteksi seperti Circuit Breaker, Rele-rele yang digunakan (arus lebih, diferensial, jarak, suhu, tunda waktu, automatic recloser dll), Arrester, Penangkal petir, Batere, dan komponen-komponen proteksi lainnya. Standarisasi komponen proteksi antara lain mencakup efektivitas kerja, relevansi, kepekaan (sensitivitas), kecepatan kerja, keandalan, dan efisiensi, serta parameter lain yang terkait. Standarisasi prosedur instalasi, operasi, perawatan dan kalibrasi proteksi juga perlu dikembangkan.

Menyusun rancangan penyempurnaan sistem proteksi pada setiap zona (daerah) perlu dilakukan dalam rangka mengatasi berbagai pemadaman akibat gangguan selama ini, sekaligus meningkatkan performansi dari system ketenagalistrikan secara nasional. Penyempurnaan sitem proteksi perlu dilakukan baik mulai dari pusat pembangkit, jaringan transmisi, dan jaringan distribusi yang terdekat dengan konsumen. Pemadaman yang sering terjadi saat musim penghujan umumnya menimpa daerah-daerah pinggiran dan pedesaan. Gangguan petir, yang sebenarnya merupakan gangguan temporer sering menimbulkan pemadaman. Padahal, jika jaringan distribusi pada daerah tersebut dilengkapi dengan piranti auto recloser atau piranti lainnya, maka tidak perlu terjadi pemadaman.

Instalasi penyempurnaan sistem proteksi mulai dari penggerak awal pembangkit sampai distribusi ke konsumen perlu dilakukan dengan segera berdasarkan pada rancangan penyempurnaan system proteksi.; Instalasi mencakup piranti proteksi baru dan atau memperbaiki piranti proteksi yang telah ada. Koordinasi penyetelan parameter proteksi, termasuk besaran arus, tegangan, impedansi, arah, frekuensi, dan waktu tunda serta besaran lainnya harus benar-benar diperhatikan. Instalasi rele proteksi harus memenuhi persyaratan sensitivitas, reliabilitas, selektivitas, dan kecepatan. Piranti proteksi pada saluran distribusi harus diprioritaskan mengingat sebgaiian besar gangguan umumnya terjadi pada jaringan distribusi dekat konsumen. Piranti rele automatic recloser pada sisi distribusi perlu dikaji, dan diuji ulang keterandalannya. Salah satu factor penyebab gangguan di luar teknis jaringan distribusi adalah pohon-pohon yang kemungkinan besar akan mengganggu memutus jaringan jika tumbang

menimpa jaringan. Pohon-pohon tersebut harus ditertibkan. Masyarakat hendaknya menyadari dan rela jika ada pohon-pohon miliknya yang dapat mengganggu penyaluran tenaga listrik.

Perawatan dan kalibrasi serta penggantian komponen proteksi secara berkala perlu dilakukan. Kelemahan secara historis dari masyarakat di Indonesia adalah kurangnya perhatian pada aspek perawatan. Bahkan alokasi pembiayaan untuk perawatan umumnya tidak diberikan secara proporsional. Piranti proteksi, seperti komponen Circuit Breaker, rele-rele, batere, transformator ukur dan piranti lainnya selalu aktif bekerja meskipun tidak terjadi gangguan. Agar pianti tersebut memenuhi syarat keandalan, kecepatan, sensitivitas dan selektivitas, maka kalibrasi secara berkala perlu dilakukan. Jika piranti tersebut tidak memenuhi syarat lagi, maka perlu diganti dengan piranti baru.

## **Simpulan dan Saran**

Keandalan sistem tenaga listrik dapat dilihat dari tersalurkannya tenaga listrik dari pembangkit ke konsumen dengan kualitas dan kontinuitas serta keamanan memadai. Kualitas mencakup terpenuhinya kesesuaian besaran tegangan, daya, frekuensi, dan parameter lainnya. Kontinuitas berkaitan dengan terus-menerusnya pasokan tenaga listrik ke konsumen dan tidak terjadi pemadaman. Keamanan berkaitan dengan keselamatan manusia dan peralatan tenaga listrik dari bahaya atau kerusakan.

Sistem tenaga listrik di Indonesia saat ini belum sepenuhnya dapat memenuhi kriteria keandalan. Masih banyaknya pemadaman baik yang diakibatkan oleh kurangnya pasokan tenaga listrik maupun gangguan, terutama di daerah pinggiran dan pedesaan harus segera diatasi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dilakukan pengembangan dan penyempurnaan system tenaga listrik di Indonesia secara lebih sistematis. Beberapa hal yang harus dilakukan antara lain: (1) Menyusun grand design sistem proteksi tenaga listrik secara menyeluruh; (2) Melakukan standarisasi komponen sistem proteksi tenaga listrik; (3) Menyusun rancangan penyempurnaan sistem proteksi pada setiap zona (daerah); (4) Melaksanakan instalasi penyempurnaan sistem proteksi mulai dari penggerak awal pembangkit sampai distribusi ke konsumen; (5) Melakukan perawatan dan kalibrasi serta penggantian komponen proteksi secara berkala.

## DAFTAR PUSTAKA

- Edy Supriyadi, 2000. *Sistem Proteksi Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Adi Cita.
- Info Energi. 2007. *Interkoneksi Sumatera-Jawa, Investasi Strategis yang Selalu Tertunda*.  
<http://infoenergi.wordpress.com/2007/04/05/interkoneksi-sumatera-jawa-investasi-strategis-yang-selalu-tertunda/> (diunduh 13 Nopember 2010)
- Indonesian Commercial Newsletter. 2008. *Market Intelligence Report On Industri Kelistrikan di Indonesia*. <http://www.datacon.co.id/Listrik2008Ind.html>  
(Diunduh 13 Nopember 2010)
- Harian Suara Merdeka, Rabu 23 Nopember 2005. *Gangguan Listrik Meningkat saat Penghujan*
- Kapanlagi.com. 2009. *Gangguan Transmisi Sebabkan Listrik Jawa - Bali Padam*.  
<http://www.kapanlagi.com/h/old/gangguan-transmisi-sebabkan-listrik-jawa-bali-padam.html>. Diunduh 12 Nopember 2010.
- Tempo Interaktif, 2010. *Gangguan Listrik Ditekan Hingga 70 Persen Tahun Ini* .  
<http://www.tempointeraktif.com/hg/bisnis/2010/07/01/brk,20100701-260231.id.html>  
Diunduh 12 Nopember 2010.