

# BAB XI

## PERKEMBANGAN TEKNIK ELEKTRO

### 11.1 PENDAHULUAN

Teknik elektro adalah bidang disiplin ilmu yang sangat luas dan memiliki tingkat perkembangan yang paling cepat pada beberapa dekade ini jika dibandingkan dengan disiplin ilmu lainnya. Hal ini disebabkan karena semakin tingginya jumlah permintaan pasar terhadap hasil-hasil pengembangan teknologi elektro yang berdampak pada semakin ditingkatkannya berbagai penelitian-penelitian di bidang elektro serta didukung pula oleh pertumbuhan industri elektro dan kebutuhannya dalam beberapa dekade ini.

Hans Christian Orsted Pengembangan ilmu pengetahuan tentang elektro dimulai sejak ditemukannya hubungan antara medan magnet dengan energi listrik oleh Hans Christian Orsted pada 1820 bahwa kawat yang dialiri arus listrik dapat menolak jarum magnet kompas. Namun, Orsted tidak menawarkan penjelasan yang memuaskan untuk fenomena ini. Ia pun tidak mencoba menghadirkan fenomena tersebut dalam kerangka matematis. Sebulan setelah temuan Orsted ini menyebar di Paris, dua orang ilmuwan Prancis Jean Baptiste Biot dan Felix Savart berhasil menentukan bentuk medan magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik yang stabil. Percobaan tersebut kemudian dikenal dengan hukum Biot-Savart.

Michael Faraday Bapak Penemu Listrik Penemuan di bidang elektromagnetik tersebut kemudian berlanjut pada penelitian Michael Faraday yang menemukan gaya gerak listrik (GGL) berdasarkan dari penelitiannya tentang efek perubahan medan magnet di dalam kumparan yang menyebabkan munculnya beda potensial pada kedua ujung kumparan. Michael Faraday menemukan efek induksi magnet ini pada tahun 1831. Meskipun penemuannya hampir bersamaan dengan penemuan Joseph Henry, namun banyak dari para ilmuwan dan pelajar di bidang elektro mengakui Michael Faraday sebagai Bapak Penemu Listrik. Pada dasarnya, Michael Faraday telah menemukan teknik pembangkitan energi listrik dan motor listrik pertama melalui hasil percobaannya tersebut. Pada percobaannya tersebut ia menggunakan sebatang magnet yang digerakkan keluar masuk melalui kumparan sehingga menghasilkan beda

potensial listrik di ujung-ujung kumparnya. Hal yang menjadi dasar dikembangkannya pembangkitan energi listrik, pembuatan motor listrik dan lain sebagainya yang hingga hari ini menjadi dasar perkembangan disiplin ilmu dan teknologi ini. Penemuannya ini kemudian dikenal sebagai Hukum Induksi Faraday. Michael Faraday juga dikenal sebagai penemu kapasitor. Satuan kapasitansi kapasitor diberi nama dengan menggunakan namanya: Farad.

Wajah dunia hari ini tidak akan pernah seperti yang terlihat hari ini tanpa penemuan besar berbagai perangkat yang memanfaatkan energi listrik. Thomas Alfa Edison adalah salah satu ilmuwan yang banyak memanfaatkan energi listrik untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Berkat penemuannya Bola Lampu Listrik pada tahun 1879 yang digunakan sebagai penerangan pertama kali di Kota Newyork, sejak saat itulah wajah dunia berubah. Perkembangan dunia elektro semakin luas dan hingga kini dibagi menjadi beberapa cabang ilmu. Thomas Alfa Edison penemu dan pemilik 1093 paten peralatan elektronika

## **11.2. PERKEMBANGAN TEKNIK ELEKTRO MASA DULU**

Revolusi besar-besaran terhadap elektronika terjadi sekitar tahun 1960-an, dimana saat itu mulai ditemukan suatu alat elektronika yang dinamakan Transistor, sehingga dimungkinkan untuk membuat suatu alat dengan ukuran yang kecil dimana sebelumnya alat-alat tersebut masih menggunakan tabung-tabung vacuum yang ukurannya besar serta mengkonsumsi listrik yang besar.

Hanya dalam kurun waktu 10 tahun sejak ditemukannya transistor, ditemukan sebuah rangkaian terintegrasi yang dikenal dengan IC (*Integrated Circuit*) merupakan sebuah rangkaian terpadu yang berisi puluhan bahkan jutaan transistor di dalamnya. Sehingga kita bisa melihat sebuah perangkat elektronika semakin kecil bentuknya tetapi semakin banyak fungsinya sebagai contoh telephone genggam (Handphone) yang anda pakai saat ini dengan telephone genggam yang kita pakai beberapa tahun yang lalu. Semua itu berkat revolusi Silikon sebagai bahan dasar pembuatan Transistor dan IC atau CHIP.

Kemudian pada era pemanfaatan komputer untuk aplikasi pemantauan dan pengendalian berawal tahun 1950-an, terutama pada pusat-pusat tenaga listrik. Pada dasawarsa 1960-an dan 1970-an terjadi peningkatan tajam dalam otomatisasi daya sebagai mini komputer. Muncul antara lain sistem SCADA (*Supervisory Central and Data Acquisition*) dan EMS (*Energy Management System*).

## **11.3 PERKEMBANGAN TEKNIK ELEKTRO MASA SEKARANG**

Dalam kehidupan sehari-hari kita banyak menemui suatu alat yang mengadopsi elektronika sebagai basis teknologinya contoh ; Di rumah, kita sering melihat televisi, mendengarkan lagu melalui tape atau CD, mendengarkan radio, berkomunikasi dengan telephone. Di kantor kita menggunakan komputer, mencetak dengan printer, mengirim pesan dengan faximile, berkomunikasi dengan telephone. Di pabrik kita memakai alat deteksi, mengoperasikan robot perakitan, dan sebagainya. Bahkan di jalan raya kita bisa melihat lampu lalu-lintas, lampu penerangan jalan yang secara otomatis hidup bila malam tiba, atau papan reklame yang terlihat indah berkelap-kelip dan masih banyak contoh yang lainnya. Dari semua uraian diatas kita dapat membuktikan bahwa pada zaman sekarang ini kita tidak akan lepas dari perangkat yang menggunakan elektronika sebagai dasar teknologinya.

Maka perkembangan teknik elektro pada masa sekarang sangatlah besar, contohnya saja di bidang listrik Teknologi turbin gas, siklus kombinasi dan kogenerasi. Turbin gas kini memegang peran penting di dalam pengembangan pusat-pusat pembangkit tenaga listrik yang baru. Peran itu tampaknya masih akan berlanjut. Sebab utama dominasi ini adalah efisiensi termal yang tinggi. Perkembangan yang cepat dari teknologi turbin gas mulai awal 1990an meningkatkan efisiensi pusat listrik siklus kombinasi mendekati 60 persen dengan mempergunakan gas bumi sebagai bahan bakar. Diperkirakan bahwa efisiensi ini masih akan lebih meningkat lagi dalam beberapa tahun mendatang. Selain daripada itu, pembangkitan siklus kombinasi dengan bahan bakar gas, sering disebut pusat listrik tenaga gas uap, atau PLTGU, adalah relatif lebih murah dari PLTU-bataubara. Lebih baik lagi bilamana dapat diperoleh pemasokan gas bumi dengan harga rendah. Selanjutnya juga dapat disebut bahwa gas bumi sering disebut sebagai bahan bakar yang "bersih" sehingga sebuah PLTGU mengakibatkan pencemaran lingkungan minimal. Indonesia, dalam hal ini PT PLN (Persero), kini telah banyak mengoperasikan PLTGU. Dapat dikemukakan bahwa pada saat ini perusahaan Amerika GE (General Electric) berusaha untuk meningkatkan efisiensi PLTGU yang dapat melampaui 60 persen dengan mempergunakan siklus kombinasi Kalina, yang mempergunakan sebagai fluida kerja suatu campuran dari air dan amonia. Teknologi kogenerasi, yang membangkitkan energi listrik dan panas dapat menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi lagi bahkan hingga 90 persen. Teknologi ini juga sudah dimanfaatkan di beberapa pabrik di Indonesia.

Kita juga bisa melihat perkembangan teknik elektronika. Kemajuan-kemajuan yang terjadi dalam teknologi komputer dan komunikasi merupakan daya dorong penggunaan otomatisasi dalam semua industri. Secara umum dapat dikatakan, bahwa banyak kemajuan terjadi dalam

bidang-bidang komunikasi, pembangkitan, operasi distribusi dan layanan pelanggan. Teknologi komunikasi memegang peran penting. Pada umumnya, perusahaan-perusahaan memiliki dan mengoperasikan sistem komunikasi dengan kemampuan yang terbesar di banyak negara. Antara lain dapat dikemukakan pemanfaatan PLC (Power Line Carriers) antar pusat tenaga listrik melalui saluran-saluran transmisi. Teknologi-teknologi baru seperti pemanfaatan satelit, serta serat optik dan sistem komunikasi seluler kini telah mencapai tingkat pematapan yang tinggi. Selain dari itu banyak menara radio yang telah dipasang yang dapat dipakai sebagai antena. Penggunaan teknologi komunikasi yang mutakhir akan senantiasa diperlukan dan dimanfaatkan.

### **11.3. PERKEMBANGAN TEKNIK ELEKTRO MASA YANG AKAN DATANG**

Kemajuan-kemajuan yang terjadi dalam teknologi komputer dan komunikasi merupakan daya dorong penggunaan otomatisasi dalam semua industri, termasuk usaha penyediaan tenaga listrik. Era pemanfaatan komputer untuk aplikasi pemantauan dan pengendalian berawal tahun 1950-an, terutama pada pusat-pusat tenaga listrik. Pada dasawarsa 1960-an dan 1970-an terjadi peningkatan tajam dalam otomatisasi daya sebagai mini komputer. Muncul antara lain sistem SCADA (*Supervisory Central and Data Acquisition*) dan EMS (*Energy Management System*). Secara umum dapat dikatakan, bahwa banyak kemajuan terjadi dalam bidang-bidang komunikasi, pembangkitan, operasi distribusi dan layanan pelanggan.

Teknologi komunikasi memegang peran penting dalam industri penyediaan tenaga listrik. Pada umumnya, perusahaan-perusahaan memiliki dan mengoperasikan sistem komunikasi dengan kemampuan yang terbesar di banyak negara. Antara lain dapat dikemukakan pemanfaatan PLC (*Power Line Carriers*) antar pusat tenaga listrik melalui saluran-saluran transmisi. Teknologi-teknologi baru seperti pemanfaatan satelit, serta serat optik dan sistem komunikasi seluler kini telah mencapai tingkat pematapan yang tinggi, sehingga banyak dimanfaatkan oleh bidang penyediaan tenaga listrik. Perusahaan listrik berada dalam posisi yang kuat untuk bersaing dalam bidang komunikasi, karena memiliki lahan maupun tiang atau menara guna menggantung atau memasang serat atau kabel yang diperlukan. Selain dari itu banyak menara radio yang telah dipasang yang dapat dipakai sebagai antena. Penggunaan teknologi komunikasi yang mutakhir akan senantiasa diperlukan dan dimanfaatkan dalam bidang industri penyediaan tenaga listrik.

Pembangkitan tenaga listrik mengalami banyak dampak sebagai akibat deregulasi dan kompetisi yang terjadi dalam industri penyediaan tenaga listrik. Untuk menjadi kompetitif,

perusahaan listrik perlu lebih memusatkan pemikiran pada keperluan para pelanggan. Sejumlah perusahaan listrik yang berfikir ke depan telah melakukan restrukturisasi usahanya dengan membentuk anak perusahaan pembangkitan (APP) dan anak perusahaan distribusi (ADP). Terbukanya akses pada jaringan transmisi mengakibatkan terjadinya perusahaan pembangkitan independen (PPI). Bahkan saluran transmisi akan dapat menjadi suatu perusahaan tersendiri. Dan dimungkinkan bahwa APP maupun PPI memiliki pelanggan tersendiri melalui perusahaan transmisi. Kiranya jelas, bahwa perkembangan-perkembangan ini membawa akibat besar terhadap operasi sistem yang memerlukan otomatisasi dengan taraf yang sangat canggih.

Distribusi tenaga listrik juga mengalami perubahan dinamika karena deregulasi. Otomatisasi dan pengendalian beban merupakan aspek-aspek yang banyak terpengaruh. Pengendalian beban didefinisikan sebagai kemampuan untuk pengendalian dari jarak beban pemakai dari satu tempat terpusat. dalam konteks ini pengelolaan sisi pemakai (*demand-side*) management tidak termasuk pengendalian beban. Apakah pengendalian beban di waktu mendatang menjadi lebih penting, tergantung dari pertumbuhan otomatisasi di dalam operasi distribusi. Dalam banyak hal akan diperlukan sistem pengendalian yang lebih canggih daripada yang kini dipakai. Sistem-sistem GIS (*Geographic Information System*) semula merupakan sistem-sistem pemetaan dan pengelolaan fasilitas yang berawal di bagian teknik. Fasilitas-fasilitas itu kemudian dilengkapi dengan kemampuan untuk mengikuti fasilitas-fasilitas distribusi. Walau semula sistem GIS kurang disukai, terutama karena biayanya tinggi, tuntutan-tuntutan masa kini menyebabkan bahwa GIS diperlukan dan mendukung perkembangan perusahaan, terutama di masa mendatang, dengan perluasan fasilitas distribusi yang cepat.

Pelayanan pelanggan kini kian lama menjadi kian penting. Salah satu bidang adalah pembacaan pengukuran otomatis (PPA). Biayanya hingga kini masih terasa tinggi dan karenanya dibatasi pada pelanggan besar seperti industri, pusat belanja, ataupun gedung-gedung tinggi. Pencatatan dan pelaporan pemadaman juga merupakan suatu bidang layanan yang masih lemah. Pada saat ini perusahaan listrik mencari peralatan yang memiliki kemampuan mencatat terjadinya pemadaman. Bilamana hal itu terjadi, alat itu melaporkan adanya pemadaman. Beberapa perusahaan listrik menyediakan peralatan di mana pelanggannya memasukkannya ke dalam outlet listrik dan telepon. Bilamana pemadaman terjadi, alat ini melaporkannya kepada perusahaan listrik. Hal ini sangat banyak meningkatkan layanan pelanggan. Selain itu, layanan pelanggan masih dapat lebih ditingkatkan dalam bidang pembuatan rekening, dan pengelolaan sisi pemakai.

Selain itu masalah penyediaan energy listrik juga menjadi pertimbangan dalam perkembangan elektro kedepannya. Berdasarkan kemelut energi yang terjadi pada tahun 1973 dan tahun 1979 menyoroiti masalah ketergantungan suatu negara pada hanya satu jenis energi yang diimpor yaitu minyak. Hal ini menyebabkan terjadinya permintaan untuk pusat-pusat pembangkit tenaga listrik yang dapat mempergunakan jenis bahan bakar lain. Pada saat ini terdapat lima jenis bahan bakar untuk pembangkitan tenaga listrik, yaitu batubara, gas, hidro, nuklir dan minyak. Kemudian berkembang tuntutan-tuntutan lain, yaitu keperluan peningkatan efisiensi pembangkitan dan perlunya teknologi yang lebih bersahabat lingkungan. Aplikasi biomasa juga menjadi suatu sasaran yang penting.

Teknologi turbin gas, siklus kombinasi dan kogenerasi. Turbin gas kini memegang peran penting di dalam pengembangan pusat-pusat pembangkit tenaga listrik yang baru. Peran itu tampaknya masih akan berlanjut memasuki abad ke-21 yang akan datang. Sebab utama dominasi ini adalah efisiensi termal yang tinggi. Perkembangan yang cepat dari teknologi turbin gas mulai awal 1990an meningkatkan efisiensi pusat listrik siklus kombinasi mendekati 60 persen dengan mempergunakan gas bumi sebagai bahan bakar. Diperkirakan bahwa efisiensi ini masih akan lebih meningkat lagi dalam beberapa tahun mendatang. Selain daripada itu, pembangkitan siklus kombinasi dengan bahan bakar gas, sering disebut pusat listrik tenaga gas uap, atau PLTGU, adalah relatif lebih murah dari PLTU-batubara. Lebih baik lagi bilamana dapat diperoleh pemasokan gas bumi dengan harga rendah. Selanjutnya juga dapat disebut bahwa gas bumi sering disebut sebagai bahan bakar yang "bersih" sehingga sebuah PLTGU mengakibatkan pencemaran lingkungan minimal. Indonesia, dalam hal ini PT PLN (Persero), kini telah banyak mengoperasikan PLTGU. Dapat dikemukakan bahwa pada saat ini perusahaan Amerika GE (General Electric) berusaha untuk meningkatkan efisiensi PLTGU yang dapat melampaui 60 persen dengan mempergunakan siklus kombinasi Kalina, yang mempergunakan sebagai fluida kerja suatu campuran dari air dan amonia.

Teknologi kogenarsi, yang membangkitkan energi listrik dan panas dapat menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi lagi bahkan hingga 90 persen. Teknologi ini juga sudah dimanfaatkan di beberapa pabrik di Indonesia.

Teknologi batubara bersih. Secara global, lebih banyak energi listrik dibangkitkan dengan batubara dibandingkan dengan bahan bakar lain. Situasi ini tampaknya masih akan berlanjut terus. Hal ini disebabkan bahwa cadangan batubara adalah besar. Di lain pihak, masalah batubara adalah bahwa pembangkitan tenaga listrik dengan bahan-bahan lain merupakan

kontributor pencemaran yang besar. Karenanya berbagai usaha dilakukan untuk mengurangi masalah pencemaran itu, yang sering dinamakan teknologi batubara bersih.

Teknologi gasifikasi merupakan pemecahan yang kini mulai dipandang sebagai teknologi batubara yang dapat memenuhi keperluan akan pembangkitan tenaga listrik yang bersih dan efisien. Diperkirakan, bahwa pada awal abad ke-21, PLTU batubara dengan teknologi gasifikasi akan mengeluarkan 99 persen lebih sedikit sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dan abu terbang, serta 90 persen kurang nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) dari PLTU batubara masa kini. PLTU batubara gasifikasi juga diperkirakan akan menurunkan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dengan 35-40 %, menurunkan buangan padat dengan 40-50 % dan menghasilkan penghematan biaya daya 10-20 %. Teknologi gasifikasi digabung dengan teknologi turbin gas maju akan memegang peran utama dalam pusat-pusat pembangkit gasifikasi terpadu. Gasifikasi batubara maupun minyak residu sudah terjadi memanfaatkan kayu buangan atau bagas tebu juga menjanjikan. Dengan meningkatnya tuntutan-tuntunan lingkungan, kemungkinan besar teknologi gasifikasi akan menyebabkan batubara akan dapat mempertahankan posisi utamanya sebagai bahan bakar untuk pembangkitan tenaga listrik. Karena memiliki cadangan batubara yang cukup besar, terutama yang berupa lignit, teknologi gasifikasi akan menjadi sangat penting bagi Indonesia di masa mendatang. Di Amerika Serikat telah ada beberapa proyek demonstrasi siklus kombinasi gas terpadu (Integrated Gas Combined Cycle, IGCC), antara lain Wabash River Repowering Project di Indiana dengan daya 262 MW, dan Camden Clean Energy Demonstration Project di New Jersey dengan daya 480 MW.

Teknologi pencairan batubara masih banyak terganggu oleh biaya yang tinggi. Negara yang paling maju dalam bidang ini adalah Afrika Selatan. Negara ini memiliki beberapa pabrik yang memproduksi batubara cair. Pabrik pertama adalah "Sasol One" terletak dekat kota Sasolburg, yang sejak pertengahan 1950an telah berproduksi. Pabrik kedua, "Sasol Two", terletak di kota Secunde berproduksi sejak tahun 1980, dan pabrik ketiga, "Sasol Three", berproduksi sejak tahun 1982. Nuklir mengalami beberapa perkembangan yang terutama merupakan pembuatan disain sedemikian hingga pusat listrik tenaga nuklir (PLTN) generasi berikut menjadi lebih andal, aman, ekonomis serta lebih mudah dioperasikan. Peningkatan keandalan dan keamanan diperoleh pada penyederhanaan sistem pipa primer, perbaikan pada mekanisme batang kendali, dan optimasi dari pendinginan inti dalam keadaan darurat. Peningkatan kemudahan operasi dan pemeliharaan antara lain karena perbaikan sistem instrumentasi dan pengendalian. Sedangkan penurunan biaya konstruksi dan operasi meningkatkan unjuk kerja secara ekonomis.

Juga diperoleh penurunan jumlah dari limbah radioaktif yang dihasilkan. Di antara model-model baru dari beberapa pabrik dapat disebut ABWR (*Advanced Boiling Water Reactor*) dan SBWR (*Simplified Boiling Water Reactor*), kedua-duanya dari General Electric Kemudian westinghouse mengeluarkan tipe AP-600 sedangkan ABB-CE menghasilkan Sistem 80+. Sekalipun demikian dapat dikemukakan, bahwa sangat sedikit terjadi pembangunan PLTN yang baru. Juga Indonesia menanggihkan rencana pembangunan PLTN. Perkembangan terpesat PLTN kini terjadi di RRC, yang diperkirakan akan memiliki 20 GW daya terpasang PLTN pada tahun 2010, yang selain terbanyak terdiri atas PWR (*Pressurized Water Reactor*), juga akan membangun satu PLTN Candu (*Canadian Deuterium Uranium*), teknologi dari Kanada.

Magneto hidrodinamika. Teknologi pembangkit tenaga listrik magneto hidrodinamika (MHD) pada saat ini masih berada pada taraf pengembangan. PLT-MHD sistem terbuka dikembangkan di Rusia, dan mempergunakan batubara sebagai bahan bakar. Gas panas yang diberi benih dilewatkan suatu medan magnet yang kuat menghasilkan energi listrik arus searah, yang dengan sebuah inverter dijadikan arus bolak-balik. sebuah instalasi berupa pilot proyek (U-25) MHD sebesar 25 MW dekat kota Moskow telah beroperasi. PLT-MHD sistem tertutup, yang mempergunakan gas mulia dan memanfaatkan gas bumi sebagai bahan bakar, dikembangkan di Amerika Serikat. Antaralain westinghouse dan General Electric mengembangkan jenis pembangkit tenaga listrik ini.

Sel bahan bakar. Teknologi sel bahan bakar sebagai pembangkit tenaga listrik mempergunakan gas hidrogen sebagai bahan bakar. Pada dasarnya cara kerja sel bahan bakar adalah kebalikan dari prinsip elektrolisa. Perusahaan general Electric dan general Atomic mengembangkan teknologi ini. Tokyo Electric Power Company di Tokyo, Jepang kini mengoperasikan sebuah pilot proyek sebesar 11 MW, dan Consolidated Edison Company sebesar 4,8 MW di New York.

Energi terbarukan. Kebanyakan sumber daya energi terbarukan merupakan pendatang baru dalam bidang pembangkitan tenaga listrik. Penggunaan angin, panas bumi dan energi surya meningkat dalam tahun-tahun 1970-an dan 1980-an. Hal ini disebabkan terjadinya kemajuan teknologi, implementasi kebijakan pemerintah dan juga sebagai reaksi terhadap kemelut energi yang terjadi pada dekade 1970-an. Pemanfaatannya yang berlanjut juga disebabkan adanya persepsi bahwa energi terbarukan adalah bersahabat lingkungan dan juga mengurangi impor jenis bahan bakar lain. Akan tetapi, hingga kini pangsa pembangkitan tenaga listrik yang berasal dari energi terbarukan, termasuk tenaga hidro, masih relatif kecil. Pada saat ini peran yang agak

besar dari biomasa, angin dari sel suryaphotovoltaik, adalah pada listrik pedesaan. Peranan ini akan dapat menjadi lebih besar bilamana harga bahan bakar fosil akan banyak meningkat. Indonesia agak banyak memanfaatkan teknologi sel surya fotovoltaik untu listrik pedeaan.