

Jurnal Ilmiah

ENERGI & KELISTRIKAN



SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN

RANCANGAN RFID (RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION) SEBAGAI PENGAMAN KENDARAAN BERBASIS MIKROKONTROLER

Erlina; Tingkos Martin S

PENGUJIAN KARAKTERISTIK TRIP MINI CIRCUIT BREAKER

Nurmiati Pasra

PRAKIRAAN KEBUTUHAN TENAGA LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINIER BERGANDA

Retno Aita Diantari

PEMANFAATAN SAMPAH BANTAR-GEBANG SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH DENGAN METODE SANITARY LANDFILL

Isworo Pujotomo

SIMULASI DAN PENGUJIAN PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN MIKRO-KONTROLLER ATMEGA 8535 DENGAN KONTROL PID

Syarif Hidayat; Tegar Resdiansyah

PEMANFAATAN ENERGI NUKLIR UNTUK MENOPANG KEGIATAN INDUSTRI NASIONAL

Mukhlis Akhadi

RANCANG BANGUN OPERASI HIBRIDA ANTARA PLTB 750 WATT DENGAN PLTPH 750 WATT

Luthfiana Husnunnisa Abidin; Juara Mangapul Tambunan

DAMPAK RADIOLOGIS PEMBANGKIT THERMAL BERBAHAN BAKAR BATUBARA

Mukhlis Akhadi



SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN (STT-PLN)

ENERGI & KELISTRIKAN VOL. 6 NO. 1 HAL. 1-76 JANUARI - MEI 2015 ISSN 1979-0783

Jurnal Ilmiah
ENERGI & KELISTRIKAN

VOLUME 6 – NOMOR 1 JANUARI – MEI 2015 – ISSN : 1979-0783

SEKOLAH TINGGI TEKNIK – PLN (STT-PLN) - JAKARTA

PENGARAH

Prof. Ir. Abdul Kadir
Ir. Djiteng Marsudi

PENASEHAT

Dr.Ir. Supriadi Legino, MM, MBA.

PENANGGUNG JAWAB

Dr. Ir. Uno Bintang Sudibyo

PIMPINAN REDAKSI

Dr. Ir. Mohammad Hafidz , M.Eng.Sc.

DEWAN REDAKSI

Ir. Sampurno SP, MT.
Erlina, ST, MT
Ir. Sajiharjo, M.Sc.
Ir. Harianto
Ir. Jasmid Edy, MT
Ir. Kusmiati S. Adibroto
Ir. J.B. Rumahlewang , MMSI

REDAKSI TAMU

DR. Ir. Hardiv Haris Situmeang , M.Sc.
Prof. DR. Ir. Bambang Suryawan, MT.

SIRKULASI DAN PERCETAKAN

Yudha Formanto , SIP

ALAMAT REDAKSI :

PUSAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT STT-PLN
Menara PLN, Jl. Lingkar Luar Barat Duri Kosambi, Cengkareng, Jakarta Barat 11750
Telp. 021-5440342, 5440344 Ext. 1409, Fax. 021-5440343
Website : www.sttpln.ac.id
E-Mail Address : rektorat@sttpln.com

CARA BERLANGGANAN :

Permintaan berlangganan dapat dikirimkan ke alamat redaksi

DITERBITKAN OLEH :

PERPUSTAKAAN, PENERBITAN DAN PERCETAKAN STT-PLN
Frekuensi Terbit : 2 kali dalam 1 tahun (Januari, Juni)

Jurnal Ilmiah
ENERGI & KELISTRIKAN
SEKOLAH TINGGI TEKNIK – PLN (STT-PLN) - JAKARTA

VOL. 6 NO. 1 JANUARI – MEI 2015, HAL. 1-76

ISSN 1979-0783

DAFTAR ISI

RANCANGAN RFID (RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION) SEBAGAI PENGAMAN KENDARAAN BERBASIS MIKROKONTROLER <i>Erlina; Tingkos Martin S</i>	1 – 6
PENGUJIAN KARAKTERISTIK TRIP MINI CIRCUIT BREAKER <i>Nurmiati Pasra</i>	7 – 15
PRAKIRAAN KEBUTUHAN TENAGA LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINIER BERGANDA <i>Retno Aita Diantari</i>	16 – 22
PEMANFAATAN SAMPAH BANTAR-GEBAK SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH DENGAN METODE SANITARY LANDFILL <i>Isworo Pujotomo</i>	23 – 30
SIMULASI DAN PENGUJIAN PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535 DENGAN KONTROL PID <i>Syarif Hidayat; Tegar Resdiansyah</i>	31 – 42
PEMANFAATAN ENERGI NUKLIR UNTUK MENOPANG KEGIATAN INDUSTRI NASIONAL <i>Mukhlis Akhadi</i>	43 – 54
RANCANG BANGUN OPERASI HIBRIDA ANTARA PLTB 750 WATT DENGAN PLTPH 750 WATT <i>Luthiana Husnunnisa Abidin; Juara Mangapul Tambunan</i>	55 – 64
DAMPAK RADIOLOGIS PEMBANGKIT THERMAL BERBAHAN BAKAR BATUBARA <i>Mukhlis Akhadi</i>	65 – 76

KATA PENGANTAR REDAKSI

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Tuhan yang maha esa dan maha kuasa atas nikmat kesehatan dan keselamatan kita semua sehingga kita masih bisa beraktifitas dan berkarya baik dalam urusan dunia maupun urusan akhirat. Semoga Allah tetap memberikan kekuatan dan hidayahnya sehingga kita semua masih diberikan kesempatan dalam melaksanakan kegiatan pendidikan dan penelitian serta pengabdian kepada masyarakat dalam bidang dan kompetensi masing-masing.

Selamat berjumpa kembali dengan jurnal ilmiah kita "**Energi dan Kelistrikan**" yang kali ini akan menampilkan tulisan-tulisan ilmiah dan laporan hasil penelitian yang sangat bermanfaat dan perlu kita simak sebagai bahan untuk kajian dan penelitian para dosen dan mahasiswa pada kesempatan yang akan datang.

Pada edisi ini terdapat tulisan hasil kajian dan laporan hasil penelitian dalam bidang pengembangan energi terbarukan, yaitu pemanfaatan sampah sebagai pembangkit tenaga listrik, disain dan pengembangan turbin angin sumbu vertikal untuk pembangkit listrik, rancang bangun pembangkit listrik hibrida dan hasil penelitian bidang instrumentasi, yaitu pemanfaatan mikrokontroler untuk pengamanan kendaraan, pengaturan kecepatan motor DC. Selain itu terdapat tulisan yang bersifat kajian yaitu tentang dampak radiologis pembangkit thermal berbahan bakar batubara.

Semoga tulisan dan laporan penelitian tersebut dapat bermanfaat bagi para pembaca dalam upaya untuk selalu meningkatkan minat dan motivasi dalam melakukan penelitian dan kajian ilmiah. Selain itu karya ilmiah tersebut diharapkan dapat memberikan nilai tambah bagi para penulisnya dan juga bagi institusi.

Selamat membaca dan mengkaji.

Redaksi

PEMANFAATAN ENERGI NUKLIR UNTUK MENOPANG KEGIATAN INDUSTRI NASIONAL

Mukhlis Akhadi

Peneliti Utama Bidang Fisika Nuklir di BATAN
Jurusan Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknik (STT) – PLN, Jakarta

Abstrak

Kelangsungan jalannya pembangunan nasional yang dilakukan oleh suatu bangsa memegang peran yang begitu penting dalam upaya untuk meningkatkan kualitas hidup dan mengatasi pengangguran. Energi merupakan salah satu infrastruktur penting dalam menopang jalannya kegiatan pembangunan tersebut. Ketiadaan infrastruktur energi akan memperlambat pertumbuhan ekonomi suatu negara. Industrialisasi merupakan salah satu sektor program pembangunan yang sedang digalakkan di Indonesia. Energi listrik merupakan sumber energi sekunder yang sangat luas digunakan untuk menggerakkan mesin-mesin produksi dalam kegiatan industri. Guna mendukung kelangsungan program industrialisasi ini, diperlukan adanya suplai energi listrik yang kontinuitasnya dapat diandalkan. Karena itu, beberapa pembangkit listrik harus dioperasikan untuk memenuhi kebutuhan listrik pada beberapa sektor pembangunan seperti industri, transportasi, kegiatan bisnis, pelayanan publik serta kebutuhan lainnya. Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) hingga saat ini memiliki peran penting dalam membangkitkan dan menyediakan energi listrik bagi negara-negara industri. Berdasarkan pengalaman ini, program pembangunan nasional yang saat ini sedang digalakkan akan dapat berjalan dengan mulus jika didukung oleh adanya infrastruktur energi listrik yang baik. Pemanfaatan energi nuklir melalui pengoperasian PLTN dapat dipertimbangkan sebagai salah satu sumber energi untuk mendukung jalannya program pembangunan nasional di Indonesia. Pembangkit listrik tenaga nuklir mampu mensuplai kebutuhan energi listrik yang sangat besar dan cocok dimanfaatkan sebagai penyangga beban dasar sistem ketenagalistrikan nasional.

Kata kunci : *pembangunan nasional, ketahanan energi, energi nuklir, PLTN*

Abstract

Continuity of development by a nation play an important role to increase the quality of life and to overcome the jobless. Energy is one of very important infrastructure in order to support the development activity. Government's ability to support this infrastructure will very helpful speed its national program, and lack of such infrastructure will slow down the economic development. Industrialization is one sector of national development program. Electric energy is a secondary energy source that broadly needed to move production machine in industrial sector. To support this program, it is needed continuity of electric energy supply. Some electric power plant should be operate in order to fulfil the electric demand for several sectors, such as industry, transportation, business, public service and other needs. Nuclear power plant has very important role in generating and supporting electric energy in industrial countries till this time. Based to this experience, Indonesia national development program will smoothly going on if supported by good electric energy infrastructure. Nuclear power plant should be considered as one of electric energy source to support industrialization development program in Indonesia. This power plant can generate very large electric energy and suitable for based load national electric supply.

Key word : *national development, energy independency, nuclear energy, NPP.*

1. Pendahuluan

Energi memegang peranan yang sangat penting dalam hampir semua kegiatan industri. Di seluruh dunia, sekitar 30 % total konsumsi energi dipakai untuk memenuhi kebutuhan listrik, sedang 70 % lainnya dipakai untuk berbagai keperluan, meliputi transportasi, dikonversi menjadi air panas maupun uap panas untuk proses industri, serta untuk desalinasi air laut. Sektor industri merupakan pemakai energi dalam jumlah yang sangat besar, mencapai 45 % dari total pemakaian energi, dan menempati posisi tertinggi dibandingkan dengan sektor-sektor lainnya¹.

Sepanjang dekade 1950-an dan 1960-an, harga energi terutama bahan bakar minyak (BBM) sangat murah dan pola konsumsinya cenderung terus menunjukkan peningkatan dari waktu ke waktu. Persediaan BBM di pasar dunia yang stabil dan melimpah digunakan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar baik industri maupun transportasi di negara-negara maju². Jumlah konsumsi BBM dunia meningkat dua kali lipat setiap dekade¹. Tingkat penggunaan energi yang tumbuh semakin tinggi pada saat itu dianggap sebagai lambang keberhasilan pembangunan abad ke-20. Negara-negara industri mungkin tidak akan mencapai kemajuan seperti kondisi saat ini tanpa didukung oleh adanya suplai energi yang mencukupi.

Sejarah mencatat, bahwa peningkatan konsumsi energi secara besar-besaran pernah terjadi pada tahun-tahun antara 1950-1960-an dan awal tahun 1970-an. Peningkatan konsumsi ini terutama untuk mendorong proses industrialisasi negara-negara di belahan bumi bagian utara³. Pada saat itu, efisiensi penggunaan energi tidak terlalu dipermasalahkan, karena tujuan terpentingnya adalah tercapainya pertumbuhan ekonomi yang tinggi. Hal itu bisa terjadi karena harga sumber energi pada umumnya dan harga minyak bumi pada khususnya sangat murah, serta adanya anggapan keliru yang menyatakan bahwa energi akan selalu tersedia dalam jumlah yang dibutuhkan.

Pertumbuhan ekonomi yang memuncak bermula di Amerika Utara, kemudian menyebar dengan cepat ke Eropa dan Jepang. Dengan ekonomi dunia yang tumbuh 4 persen per tahun, penggunaan BBM meningkat menjadi dua kali lipat perdekade. Pada awal dekade 1970-an, jumlah energi yang digunakan di seluruh dunia meningkat lebih dari tiga kali lipat dibanding tahun 1950. Sementara itu penggunaan BBM mengalami kenaikan yang lebih cepat, hingga mencapai lebih lima kali lipat¹.

Kehidupan bangsa maju dicirikan oleh jumlah energi yang dikonsumsi. Dengan meningkatnya jumlah penduduk tentu akan mendorong peningkatan konsumsi energi. Dalam hal ini energi diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pribadi, transportasi baik manusia maupun barang-barang produk industri untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia, juga untuk mendukung proses dalam kegiatan industri dalam rangka memproduksi barang-barang konsumsi dan menciptakan lapangan kerja yang jumlahnya terus membengkak. Pada tahun 1984, konsumsi energi dunia mencapai sekitar 9,84 TW (Terra Watt = 10^9 kilo Watt atau satu juta Mega Watt), 90 persen di antaranya merupakan bahan bakar fosil. Penduduk di negara-negara dengan pendapatan perkapita rendah dan menengah dengan jumlah total mencapai 3,578 milyar jiwa (mencapai 76 persen penduduk dunia) mengkonsumsi energi sekitar 2,26 TW (23 persen dari konsumsi total). Sementara itu, penduduk di negara-negara kaya yang jumlahnya hanya 1,122 milyar jiwa (24 persen penduduk dunia) mengkonsumsi energi sebesar 7,58 TW².

Cadangan sumber energi dunia yang sifatnya tidak dapat diperbaharui jumlahnya dalam perut bumi sangat terbatas dan sewaktu-waktu akan habis. Dengan laju peningkatan konsumsi sumber energi seperti saat ini, sumber-sumber tersebut akan lebih cepat habis dibandingkan dengan apa yang diasumsikan semula. Cadangan bahan bakar fosil dunia tidak sepenuhnya diketahui. Memang sampai sekarang selalu tampak adanya peningkatan cadangan energi karena

ditemukannya sumber-sumber penambangan yang baru. Karena permintaan terhadap bahan ini terus meningkat, maka penjelajahan dan eksploitasinya juga terus berkembang, bahkan sampai ke lautan. Daerah lahan yang dulu terpencil atau tak terjangkau, kini disedot minyak dan gasnya untuk memenuhi permintaan energi dunia. Lereng Arktik Alaska dan lahan dingin Siberia merupakan contoh yang terkenal untuk kasus ini³. Namun biaya yang diperlukan untuk eksplorasi sumber-sumber cadangan baru tadi meningkat dengan tajam. Pengeboran minyak lepas pantai yang memerlukan anjungan untuk mendukung kegiatan pengeboran misalnya, akan menaikkan harga jual energi di masa-masa mendatang.

Ada kecenderungan bahwa pola dan gaya hidup manusia modern yang semakin konsumtif cenderung mempercepat habisnya persediaan sumber energi tak terbarukan seperti dalam penggunaan bahan bakar fosil. Sumber energi juga memainkan peran yang sangat penting dalam transportasi. Tingginya mobilitas manusia modern telah mendorong meningkatnya penggunaan sarana transportasi baik darat, laut maupun udara. Peningkatan dalam aktivitas ini tentu diikuti pula dengan peningkatan konsumsi bahan bakar fosil. Dengan kata lain, peningkatan konsumsi energi akan terus berlangsung di segala sektor kehidupan umat manusia. Fakta ini menyebabkan jumlah persediaan sumber-sumber energi tak terbarukan dalam perut bumi menjadi semakin tipis dan lama-kelamaan akan habis.

Listrik merupakan bentuk energi yang dianggap sangat praktis karena teknologi yang diperlukan untuk mengubahnya dari satu bentuk ke bentuk energi lainnya sudah cukup mapan. Bagi masyarakat yang belum terjangkau oleh suplai tenaga listrik, mereka sangat mendambakan kehadiran listrik dalam kehidupannya. Listrik dilihat sebagai sesuatu yang dapat mengubah pola hidup masyarakat. Disinilah energi listrik memiliki peran sosial dalam kehidupan masyarakat. Ketersediaan energi listrik biasanya merupakan salah satu indikator tingkat kemapanan ekonomi suatu negara, walaupun di antara daerah atau lokasi dalam suatu negara, di negara industri

sekalipun, mungkin ada perbedaan angka yang besar.

Pertumbuhan penduduk dan peningkatan status sosial-budaya masyarakat mempunyai dampak yang besar terhadap berbagai kebutuhan infrastruktur yang meliputi perumahan, air bersih, transportasi, telekomunikasi, kelistrikan dan sebagainya. Masyarakat awam mengkonsumsi energi listrik lebih banyak berkaitan dengan unsur-unsur yang menunjang kualitas kehidupan, termasuk masalah kenyamanan dan kemampuan untuk mengembangkan diri. Karena itu, listrik telah menjadi komoditas kebutuhan primer dalam kehidupan manusia. Karena telah menyatunya kehidupan dan energi listrik itu, maka pada masyarakat umum yang telah mendapatkan suplai energi ini, jarang sekali mereka memperhatikan masalah yang berkaitan dengan listrik. Masyarakat baru menyadari peran energi listrik sebagai penunjang kehidupan apabila terjadi gangguan suplai dan kehilangan kenyamanan.

Begitu tingginya ketergantungan umat manusia terhadap listrik, maka ketika terjadi pemadaman listrik sesaat (hanya sekitar satu jam) di beberapa kota besar di Amerika Serikat (AS) pada tahun 2001, dampak yang ditimbulkannya ternyata cukup parah. Dampak paling parah dialami kota New York serta beberapa bagian Michigan, Ohio, Connecticut dan Pennsylvania. Diperkirakan kerugian sebesar US\$ 30 juta perhari karena kejadian tersebut. Sedikitnya 54 industri perakitan dan pembuatan mobil terhenti dan pabrik-pabrik berhenti beroperasi sampai dengan satu hari setelah kejadian. Sekitar 50 juta orang berada dalam kegelapan⁴.

Sektor jasa juga tidak lepas dari dampak pemadaman listrik di AS tadi. Ratusan jadwal penerbangan udara dibatalkan, semua akses internet di seluruh perkantoran terputus. Banyak kereta api dan kereta bawah tanah terpaksa menghentikan pelayanannya. Berselang dua minggu dari pemadaman listrik di AS, kejadian serupa juga menimpa kota London dan Bagian Tenggara Inggris. Karena berlangsung pada saat jam sibuk, maka akibat yang ditimbulkannya juga cukup parah, paling

tidak 500 ribu komuter terjebak di dalam kereta bawah tanah (*subway*)⁴.

Peningkatan suplai energi listrik harus mengiringi pertumbuhan ekonomi suatu negara. Sepertinya sangat sulit membayangkan akan lahirnya peradaban modern tanpa adanya suplai listrik yang mencukupi. Sampai tahun 2015, pertumbuhan total konsumsi energi listrik di negara berkembang diperkirakan akan berlangsung dengan laju yang cepat, yaitu antara 4,8 sampai 6,3% per tahun, sedang di negara-negara industri angka ini diperkirakan tidak akan lebih dari 3,2 sampai 3,1% per tahun⁵. Pertumbuhan industri di negara-negara berkembang seperti Cina dan India yang berlangsung sangat cepat sebagai salah satu penyebab tingginya permintaan energi dunia.

Memacu Industrialisasi

Antara tahun 1974 sampai dengan 1981, sekitar 59% penduduk di negara-negara berkembang dihidupi oleh pertanian, 20% oleh sektor industri dan 21% oleh sektor jasa. Aktivitas di sektor pertanian bagi negara-negara miskin menyumbang sekitar 35-40% hasil produksi dalam negeri³. Namun kini banyak negara berkembang yang kurang tertarik menggarap sektor pertanian untuk membuka lapangan kerja yang terus meningkat. Beberapa faktor mempengaruhi hal ini, antara lain karena terbatasnya lahan pertanian yang bisa digarap. Perluasan lahan pertanian seringkali juga berbenturan dengan masalah lingkungan hidup, dimana lahan-lahan tertentu harus tetap tidak diganggu agar fungsi hidro-orologiknya juga tidak terganggu. Dengan menggunakan beberapa perkiraan dan asumsi, diketahui bahwa untuk bisa hidup layak dari usaha pertanian, seseorang memerlukan paling sedikit 0,7 hektar (7.000 m²) lahan pertanian, sehingga sektor ini hanya mampu menyerap sedikit lapangan kerja⁶.

Kemiskinan dan pengangguran di dunia ketiga merupakan masalah sosial terbesar yang dihadapi umat manusia dewasa ini. Keterbatasan lahan pertanian yang memadai sebagai tempat untuk menggantungkan kehidupan secara layak, mengharus-

kan pemerintah negara berkembang berusaha mencari dan membuka lapangan kerja baru sebagai sumber penghidupan lain bagi penduduknya, dan industrialisasi dianggap sebagai salah satu pilihan yang tepat. Dengan industrialisasi, negara-negara berkembang diharapkan tidak hanya menjadi pengekspor barang-barang mentah dari sumber daya alam yang dimilikinya, tetapi mereka dapat memberikan sentuhan teknologi sehingga dapat mengambil bagian dalam kegiatan perdagangan internasional. Dengan kemampuan industrinya, paling tidak negara-negara itu memiliki nilai tawar yang lebih tinggi dalam percaturan perdagangan dunia.

Negara-negara berkembang yang kini berkuat dengan masalah ledakan pengangguran dan besarnya tekanan angkatan kerja produktif mau tidak mau harus menggalakkan industrialisasi untuk menampung ledakan tenaga kerja tersebut. Industrialisasi memiliki daya tarik tersendiri karena sektor ini mampu menyerap banyak tenaga kerja yang tidak mungkin tertampung dalam sektor pertanian. Sektor industri tidak hanya mampu untuk menciptakan lapangan kerja, namun juga menyediakan berbagai produk dan jasa untuk masyarakat yang terus berkembang tersebut, sehingga terjadi suatu peningkatan yang sangat besar dalam produksi barang-barang konsumsi dasar.

Konsekwensi dari pertumbuhan dan pemacuan sektor industri serta semua aktivitas yang terkait dengannya sebagai salah satu pilihan yang diambil untuk mengatasi pertumbuhan tenaga kerja di negara-negara berkembang, tentu akan menyebabkan peningkatan yang cukup besar dalam penggunaan energi dan bahan baku yang diambil dari alam. Industri-industri yang sangat mengandalkan sumber daya alam tumbuh dengan pesat di negara-negara berkembang. Selain itu, karena kemampuan teknologinya masih sangat terbatas, maka industri yang berkembangpun biasanya adalah industri-industri dasar (seperti logam dasar, kimia dasar dan sebagainya). Industri-industri semacam ini pada umumnya cukup konsumtif dalam penggunaan energi.

Dalam aktivitas pembangunan, listrik merupakan bentuk energi yang sangat

fleksibel baik ditinjau dari segi kemungkinan konversinya maupun dari segi transmisinya⁷. Energi listrik cukup mudah dikonversikan menjadi energi dalam bentuk lain, misal diubah menjadi energi mekanik untuk menggerakkan mesin-mesin produksi, diubah menjadi energi panas untuk proses-proses dalam agroindustri, diubah menjadi cahaya untuk penerangan dalam sektor jasa dan pelayanan publik, diubah menjadi pulsa untuk komunikasi dan sebagainya. Energi ini juga cukup mudah untuk ditransmisikan dari tempat pembangkitan ke konsumen melalui kabel transmisi yang jaraknya bisa mencapai ratusan kilometer.

Peningkatan aktivitas sektor industri akan dibarengi dengan peningkatan yang kuat sekali dalam pertumbuhan penggunaan energi pada umumnya dan energi listrik secara khusus. Meskipun sektor pertanian, pertambangan, konstruksi, perdagangan maupun jasa-jasa pemerintahan semuanya membutuhkan suplai energi, namun Industrialisasi mempunyai sifat yang khas. Sifat khas ini muncul karena industrialisasi merupakan proses peningkatan nilai tambah dalam proses produksi. Apapun bentuk dan jenis industri yang melakukan proses nilai tambah tersebut, energi mempunyai peran yang melekat di dalamnya. Proses perubahan bahan mentah menjadi bahan setengah jadi maupun bahan jadi dalam industri, pengembangan peningkatan nilai tambah dalam proses penggunaan energi minyak menjadi BBM yang siap pakai, pengolahan produk-produk pertanian, peternakan maupun perikanan, serta proses-proses peningkatan nilai tambah lainnya yang dilakukan dalam suatu industri, semuanya dapat terlaksana dengan melibatkan penggunaan energi⁷.

Industrialisasi telah merasuk ke segala sektor kehidupan umat manusia dengan menghadirkan mesin-mesin padat energi. Listrik memiliki peran strategis dalam proses pembangunan karena berperan sebagai penunjang produktivitas. Peningkatan aktivitas sektor industri akan dibarengi dengan peningkatan yang kuat sekali dalam pertumbuhan penggunaan energi pada umumnya dan energi listrik secara khusus. Pertumbuhan industri yang cepat, tanpa

diikuti oleh penyediaan infrastruktur yang memadai pada gilirannya akan menimbulkan kelangkaan suplai, yang juga akan menimbulkan biaya tersendiri dalam proses produksi⁸. Masalah kelangkaan infrastruktur ini bisa terjadi antara lain karena kurang terpenuhinya kebutuhan energi listrik untuk industri. Dalam hal ini, meningkatnya permintaan terhadap energi listrik tidak bisa diimbangi oleh kemampuan pembangkit yang ada.

Bagi para pelaku industri, listrik merupakan salah satu infrastruktur penting dalam menggerakkan sektor industri. Infrastruktur yang kuat akan mampu mendukung pertumbuhan ekonomi dan ekspor yang lebih tinggi. Penyediaan infrastruktur termasuk listrik akan mempengaruhi tingkat daya saing ekonomi berkelanjutan di setiap negara. Terbakannya masalah infrastruktur ini akan menghambat pertumbuhan ekonomi suatu negara. Ketiadaan infrastruktur dalam bentuk energi listrik misalnya, akan berdampak pada lambannya laju industrialisasi. Konsekwensi dari buruknya infrastruktur pendukung proses industrialisasi ini adalah minimnya investor yang tertarik menanamkan modalnya dalam sektor industri⁸. Mengingat sektor industri memerlukan biaya investasi yang sangat besar, maka kelangkaan energi listrik dan kurang minatnya investor juga akan berdampak pada terhambatnya proses pembangunan ekonomi. Disisi lain, pembangunan infrastruktur juga sangat dibutuhkan untuk menggerakkan sektor lainnya.

Peran penting energi listrik dalam kegiatan pembangunan telah sejak lama disadari oleh umat manusia. Pemanfaatan energi itu terutama ditujukan untuk pengembangan produksi barang-barang konsumsi. Pendapatan perkapita dan perkembangan di sektor industri juga menyebabkan peningkatan kebutuhan energi listrik. Di negara-negara maju dimana hanya terdapat 25 % penduduk bumi, menghabiskan sekitar 75 % konsumsi energi primer. Tingginya penggunaan energi itu disebabkan oleh tingginya kebutuhan energi untuk sistem produksi dan kebutuhan penduduknya terutama untuk pemanasan, pendinginan dan

transportasi. Konsumsi energi perkapita di negara-negara industri mencapai sekitar 80 kali lebih besar dibandingkan yang dikonsumsi oleh penduduk di negara-negara Afrika sub-sahara yang miskin^{2,3}.

Pemanfaatan Energi Nuklir

Tanggal 6 Oktober 1973, ratusan pesawat jet Mesir dan Suriah menyerang posisi-posisi serdadu Israel di dekat Dataran Tinggi Golan, sepanjang Terusan Suez dan di Gurun Sinai. Perang udara dan darat selama tiga minggu itu terekam dalam sejarah sebagai salah satu konflik yang paling hebat yang tak pernah diduga sebelumnya. Ketegangan memuncak setelah AS mengerahkan angkatan udara besar-besaran untuk mensuplai Israel.

Tersinggung oleh sikap AS dan Belanda yang memberi dukungan kepada Israel dalam perang tadi, negara-negara Arab sebagai produsen minyak bumi yang cukup diperhitungkan dalam perdagangan dunia mengumumkan embargo minyak terhadap AS dan Belanda pada tanggal 17 Oktober 1973, sebagai ungkapan protes atas dukungan mereka terhadap Israel. Sebagai akibatnya, perekonomian di negara-negara industri tadi terpukul karena sumber energi untuk menopang kegiatan industrinya menjadi barang langka dan mahal. Meski berlangsung hanya beberapa bulan, embargo tadi ternyata tepat pada sasaran. Akhir tahun 1973, para pengendara mobil bensin di seluruh dunia antri di pompa-pompa bensin, sementara itu harga minyak mentah (*crude oil*) naik dari US\$ 3 per barel menjadi lebih dari US\$ 13 per barelnya. Krisis minyak tahun 1973-1974 ini menandai berakhirnya secara mendadak zaman pertumbuhan ekonomi minyak yang menjadi ciri dekade pasca Perang Dunia II⁴.

Tahun 1973 tercatat dalam sejarah energi sebagai tahun kelam bagi negara-negara industri maju, yang menggantungkan sebagian besar sumber energinya kepada minyak bumi. Tahun 1973 juga menjadi tonggak sejarah bagi munculnya pemikiran untuk mencari sumber-sumber energi alternatif yang dapat menggantikan peran minyak bumi. Tahun ini juga merupakan

momen bagi negara-negara penghasil minyak menyadari bahwa minyak mereka sangat berarti bagi negara-negara industri maju. Selama masa panjang sebelum tahun 1973, negara-negara industri maju telah memanfaatkan harga minyak yang sangat murah untuk mengembangkan industri mereka dan berhasil mencapai tingkat kemakmuran yang tinggi. Namun, lonjakan-lonjakan kenaikan harga minyak telah mengubah peta ekonomi dan keuangan tingkat dunia.

Kebutuhan sumber energi yang terus meningkat dari waktu ke waktu telah mendorong manusia untuk melakukan diversifikasi dalam memanfaatkan sumber energi lain yang ada di alam. Salah satu sumber energi yang dapat diandalkan untuk pemenuhan kebutuhan energi dunia dalam jumlah besar dan jangka waktu panjang adalah bahan bakar nuklir dalam bentuk uranium-235 (²³⁵U). Akibat krisis minyak pada tahun 1973, banyak negara industri berusaha mengalihkan kebergantungan energinya kepada energi nuklir⁹.

Pada tahun 1961, ketika kampanye pemanfaatan energi nuklir untuk perdamaian baru saja dimulai, baru ada beberapa pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) yang beroperasi di sejumlah negara. Namun setelah terjadi krisis minyak, selama dua dekade tahun 1970-an dan 1980-an penggunaan energi nuklir mengalami peningkatan yang cukup mencolok. Pada akhir tahun 1980, setelah kampanye berjalan kurang lebih 20 tahun, ada 252 PLTN yang beroperasi di 22 negara anggota Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA), dan mensuplai sekitar 8 % dari kebutuhan listrik dunia. Kala itu telah diramalkan bahwa kontribusi energi nuklir dalam mensuplai kebutuhan listrik dunia akan mencapai 17 % pada tahun 1987⁹.

Data awal yang dilaporkan kepada Sistem Informasi Mengenai Reaktor Daya atau PRIS (*Power Reactor Information System*) yang dikelola oleh IAEA (*International Atomic Energy Agency*), saat ini tercatat ada lima negara yang hampir separo atau lebih kebutuhan listrik di dalam negerinya dibangkitkan oleh PLTN. Kelima negara

tersebut adalah : Perancis (74,6 %), Belgia (60 %), Republik Korea (50,2 %), Hongaria (49,8 %) dan Swedia (45,1 %). Di samping itu juga ada lima negara lain yang menggunakan energi nuklir untuk memenuhi paling tidak sepertiga dari kebutuhan listrik di dalam negerinya, yaitu : Bulgaria (32,9 %), Finlandia (35,5 %), Jepang (27,8 %), Spanyol (38,4 %) dan Switzerland (41,6 %) ¹⁰.

Berbeda dengan krisis minyak yang dipicu oleh perang Arab-Israel tahun 1973, tingginya harga minyak bumi di dunia saat ini dipicu oleh meningkatnya kebutuhan minyak dunia yang tidak diimbangi dengan kapasitas produksi dunia sehingga muncul kesenjangan antara suplai dan permintaan. Konsumentenlah yang memiliki peran besar terhadap mahalnya minyak dunia saat ini. Hugo Chavez, presiden negara produsen minyak terbesar di Amerika Selatan, Venezuela, dalam sebuah pertemuan puncak di New York memperingatkan, bahwa harga minyak dunia bisa mencapai US\$ 100 perbarek karena terbatasnya sumber daya alam yang tersedia ¹¹. Negara-negara pengeksport minyak (OPEC) hampir mencapai kapasitas produksi maksimalnya. Krisis minyak ini disebabkan oleh cadangan minyak dunia yang sudah semakin tipis. Pada akhir September 2005, di *New York Mercantile Exchange* (Nymex) minyak mentah diperdagangkan dengan harga US\$ 64,51 per barek. Harga minyak brent di London's International Petroleum Exchange diperdagangkan dengan harga US\$ 63,50 per barek.

Sekretaris Jendral OPEC, Shihab Eldin, dalam wawancaranya dengan BBC London menyatakan : fakta sudah membuktikan bahwa suplai tidak mampu memenuhi permintaan yang begitu besar ¹¹. Artinya, krisis minyak dunia memang benar-benar sudah berada di ambang pintu. Bagaimana bom waktu, krisis itu siap meledak kapan saja, dan peringatan presiden Venezuela tadi benar-benar bisa terjadi. Suplai tidak mampu memenuhi permintaan yang demikian besar karena bangkitnya industrialisasi di negara-negara berkembang, terutama Cina.

Krisis minyak tahun 1973 telah menaikkan pamor energi nuklir sebagai salah satu sumber energi alternatif untuk

mengatasi kelangkaan energi di banyak negara industri. Namun sejak tahun 1990-an, sesudah dua dekade pertumbuhan yang cepat, produksi energi nuklir lalu mendarat. Data yang dikeluarkan oleh IAEA pada tahun 2000 menunjukkan bahwa saat ini di seluruh dunia beroperasi sebanyak 433 PLTN dengan total daya yang dihasilkan sebesar 349.063 MW-listrik. Di samping itu, ada 37 unit PLTN yang sedang dalam proses pembangunan di beberapa negara yang diperkirakan akan memberikan tambahan suplai listrik sebesar 31.128 MW-listrik. Keandalan energi nuklir dapat dilihat dari banyaknya negara yang mengandalkan energi itu untuk pemenuhan kebutuhan listrik di dalam negerinya. Hingga kini, total kontribusi energi nuklir dalam memenuhi kebutuhan listrik dunia selama kurang lebih 20 tahun bertahan pada posisi sekitar 17 % dari total kebutuhan listrik dunia ⁹.

Menghadapi kelangkaan minyak dunia saat ini, banyak negara yang sedang mempertimbangkan kebijakan energi nasionalnya. Berdasarkan pada pengalaman krisis minyak tahun 1973, energi nuklir ternyata mampu mengisi kesenjangan permintaan energi di beberapa negara industri. Pertanyaannya sekarang adalah : akankah negara-negara industri tadi melirik kembali penggunaan energi nuklir yang selama 20 tahun terakhir nyaris luput dari pembicaraan sebagai salah satu sumber energi alternatif yang sangat handal? Jawaban atas pertanyaan ini memang belum jelas. Namun tanda-tanda ke arah itu mulai muncul di beberapa negara industri.

Korea selatan yang tidak memiliki kecukupan cadangan sumber daya energi di dalam negerinya, tanpa ragu-ragu mengembangkan energi nuklir untuk memenuhi kebutuhan listrik di dalam negerinya. Dukungan energi nuklir yang handal telah mengantarkan negeri itu menjadi negara industri yang cukup tangguh di Asia. Cina sebagai salah satu negara dengan pertumbuhan ekonomi yang sangat tinggi, kini merencanakan untuk membangun 40 buah PLTN guna mendukung proses industrialisasi yang sedang digalakkannya. Amerika Serikat yang konon dikabarkan sudah tidak memesan

pembangunan PLTN lagi, kini berusaha memperpanjang usia pengoperasian PLTN dari 40 tahun menjadi 60 tahun. Ada 14 PLTN yang telah berhasil diperpanjang, sedang 16 buah PLTN lainnya sedang dalam proses perijinan untuk perpanjangan operasi.

Swedia yang semula melalui referendum menghendaki lepas dari ketergantungan terhadap energi nuklir hingga tahun 2000, ternyata juga memperpanjang penggunaan energi nuklirnya. Saat ini Swedia masih memanfaatkan PLTN untuk memasok sekitar 40% kebutuhan listrik dalam negeri. Setelah peristiwa kebocoran reaktor nuklir Three Mile Island tahun 1979, parlemen Swedia mengeluarkan Undang-Undang untuk tidak lagi membangun PLTN selain yang sudah dimulai konstruksinya dan PLTN yang ada diisyaratkan untuk ditutup setelah tahun 2000. Begitu peristiwa kecelakaan reaktor nuklir Chernobyl terjadi tahun 1986, parlemen Swedia menerbitkan kembali Undang-Undang yang menetapkan bahwa penutupan PLTN dimajukan ke tahun 1998.

Kala itu, karena kedatangan tahun 1998 sudah dekat, maka terpaksa parlemen Swedia menerbitkan amandemen yang memungkinkan pengoperasian PLTN dilanjutkan selama belum ada pengganti pemasok listrik dari sumber lain yang lebih baik, dengan catatan seluruh PLTN akan diberhentikan pengoperasiannya pada tahun 2010. Namun, PLTN Barseback-1 yang dijadwalkan untuk dihentikan pengoperasiannya pada tanggal 30 Nopember 1990, masih diupayakan untuk ditangguhkan pemberhentiannya. Dengan kenyataan bahwa masa pemanfaatan PLTN telah berhasil diperpanjang hingga 40 tahun, maka menjelang tahun 2010 ternyata ada amandemen lagi untuk memperpanjang penggunaan energi nuklir dari parlemen Swedia.

Inggris yang beberapa waktu lalu mengumumkan akan melepaskan ketergantungannya pada energi nuklir, dan akan menggantinya dengan energi angin pada 40 tahun mendatang, dalam 10 tahun ke depan kemandiriannya dalam memenuhi kebutuhan energi di dalam negerinya akan menghadapi banyak masalah¹². Sebagaimana dilaporkan

oleh *The Economist*, kontribusi energi nuklir dalam pembangkitan listrik di Inggris dalam 10 tahun mendatang diperkirakan turun menjadi 11% dan tahun 2020 hanya tinggal sekitar tujuh persen. Namun Gareth Davies, peneliti pada Lembaga Konsultan Oxera menilai bahwa penggunaan energi alternatif di Inggris belum sepenuhnya bisa menjamin terpenuhinya kebutuhan energi dalam negeri, dan dinilai tidak mampu menggantikan peran nuklir dan batu bara sebagai pembangkit listrik¹³.

Masih di Inggris, beberapa kalangan menilai bahwa penggantian atau peremajaan reaktor nuklir akan memberikan harapan lebih baik. Mereka menilai bahwa penggunaan energi nuklir tidak menghasilkan polutan gas rumah kaca dan kini sudah banyak dinikmati masyarakat di sana. Selain itu, pasokan uranium sebagai bahan bakar nuklirnya dipastikan lancar karena berasal dari negara sahabat seperti Australia dan Kanada. Bahkan pembangunan reaktor nuklir baru menurut kalangan industri dianggap lebih murah, bersih dan mudah dibuat, mengingat Inggris sendiri selama ini dikenal sebagai salah satu negara pemasok PLTN. Di Finlandia, pemerintah setempat pun turun tangan dalam mengatasi masalah pembangunan reaktor nuklir dan melakukan kontrak jangka panjang antara suplier dan pemerintah dalam pemanfaatan energi nuklir.

Ketahanan Listrik Nasional

Banyak jalan bisa ditempuh dalam memenuhi kebutuhan listrik untuk meningkatkan kualitas hidup manusia maupun dalam mendukung program pembangunan berkelanjutan. Peningkatan efisiensi dalam penggunaan energi listrik perlu terus digalakkan agar setiap sumber energi dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin. Namun penekanan pada efisiensi saja bagi bangsa Indonesia belumlah cukup, mengingat kini bangsa Indonesia sedang giat-giatnya melakukan pembangunan di berbagai sektor guna meningkatkan kemampuan ekonominya sehingga dicapai strata masyarakat adil dan makmur sebagai cita-cita bersama.

Dalam kegiatan pembangunan ini, bangsa Indonesia masih memerlukan tambahan suplai energi dalam jumlah yang sangat besar. Program industrialisasi yang digalakkan pemerintah harus didukung dengan tersedianya infrastruktur energi yang handal. Oleh sebab itu, di samping meningkatkan efisiensi, diversifikasi penggunaan sumber energipun perlu dilakukan. Penggunaan beragam sumber energi tentu memiliki nilai strategis, mengingat bumi Indonesia dianugerahi berbagai macam sumber daya alam yang semuanya harus dimanfaatkan dengan penuh tanggungjawab untuk meningkatkan kesejahteraan hidup rakyat Indonesia.

Beragam sumber energi yang digunakan untuk pembangunan juga memberikan keuntungan tersendiri, karena apabila ada gangguan terhadap salah satu sumber energi, maka hal itu bisa diatasi oleh penggunaan sumber energi lainnya¹⁴. Isu-isu internasional seputar pemanasan global misalnya, yang akhir-akhir ini semakin gencar dan banyak dikaitkan dengan penggunaan bahan bakar fosil, akan menjadi kendala tersendiri manakala politik global menghendaki pembatasan penggunaan bahan bakar fosil untuk menghambat pemanasan global tadi. Namun hal itu tidak akan terlalu bermasalah manakala bahan bakar fosil bukan merupakan satu-satunya sumber energi yang diandalkan bangsa Indonesia.

Melihat berbagai ragam kasus pemanfaatan energi nuklir di negara-negara industri sebagaimana dikemukakan di atas, tidaklah berlebihan jika ancaman krisis minyak yang dapat muncul kapan saja bakal memengaruhi kebijakan energi nasional dari pemerintah suatu negara. Bisa jadi energi nuklir dilihat kembali sebagai salah satu sumber energi alternatif yang bakal dipakai untuk mengatasi kesenjangan permintaan dan suplai energi karena mahalnnya harga BBM. Indonesia perlu banyak belajar dari kasus-kasus tersebut dalam mempertimbangkan kebijakan energi nasionalnya.

Rencana pemanfaatan energi nuklir sebagai salah satu sumber penyedia listrik alternatif sebetulnya sudah difikirkan pemerintah Indonesia sejak pertengahan tahun

1970-an. Studi pertama yang pernah dilakukan adalah *Nuclear power planning study* yang dilakukan bersama antara Badan tenaga Atom Nasional (BATAN) dan Perusahaan Listrik Negara (PLN) dengan IAEA pada tahun 1976, dilanjutkan studi antara BATAN/PLN dengan konsultan NIRA/ENEL dari Italia tahun 1980, dan dengan konsultan BECHTEL dari AS tahun 1984. Studi terakhir dilaksanakan dengan konsultan NEWJEC dari Jepang pada tahun 1994 dengan penekanan utama pada masalah pengkajian alternatif lokasi¹⁵.

Perkembangan disain PLTN baik dalam rekayasa maupun pabrikasi memperlihatkan perkembangan peningkatan keandalan, penyederhanaan sistem, penurunan biaya pembangunan serta memperpendek masa konstruksi. Negara-negara pensuplai energi nuklir seperti AS, negara-negara Eropa dan Jepang masih terus melakukan penelitian-penelitian dalam bidang rekayasa untuk menurunkan biaya pembangunan PLTN. Perusahaan Westinghouse dari AS misalnya, memiliki program yang diberi nama AP-600. Program ini diharapkan akan menurunkan biaya awal sekitar 26%, menurunkan biaya engineering sekitar 60%, menurunkan biaya pembangunan sekitar 38% dan biaya bahan bakar sebesar 15%. Jika program rekayasa tadi berhasil dan diterima oleh pasar sebagai teknologi terbukti, maka perkembangan itu memberikan pengaruh positif bagi rencana pemanfaatan energi nuklir oleh Indonesia¹⁶.

Dikaitkan dengan pola pemakaian listrik oleh konsumen, beban sistem keseluruhan yang dipakai oleh semua konsumen suatu perusahaan listrik besar sangat bergantung pada waktu setiap harinya¹⁷. Pada umumnya terdapat dua beban puncak, yaitu siang hari karena aktifnya kegiatan industri dan malam hari karena peningkatan penggunaan listrik oleh rumah tangga. Di negara-negara industri, dimana energi listrik merupakan sumber energi utama bagi aktivitas industri, beban puncak di siang hari selalu lebih besar dibandingkan dengan yang terjadi di malam hari. Untuk negara-negara yang mengalami musim dingin dan musim panas, terjadi pula perbedaan beban harian di

musim dingin dan di musim panas. Dikaitkan dengan fluktuasi beban tadi, maka dikenal ada tiga jenis pusat tenaga listrik, yaitu¹⁸:

1. Pusat tenaga listrik beban dasar yang dirancang bekerja penuh sepanjang hari sepanjang tahun.
2. Pusat tenaga listrik beban menengah yang dapat dengan mudah mengikuti perubahan-perubahan beban dengan cara menambah atau mengurangi salah satu pembangkit.
3. Pusat tenaga listrik beban puncak yang bekerja hanya sebentar saja, yaitu selama terjadi beban puncak.

Mengingat energi listrik sulit disimpan, dan harus dibangkitkan pada saat dibutuhkan, maka masalah kontinuitas penyediaan energi listrik menjadi perhatian utama dalam manajemen ketenagalistrikan, baik dari segi operasi maupun dari segi perencanaan. Untuk menjaga kontinuitas penyediaan, diperlukan adanya cadangan yang setiap saat siap untuk mengganti kemampuan pembangkit yang hilang¹⁹. Jadi keandalan sistem pembangkit yang mampu menjaga kontinuitas penyediaan energi sangat diperlukan dalam upaya mendukung proses industrialisasi dengan produktivitas tinggi. Ketahanan listrik seperti inilah yang diharapkan dapat membantu menggairahkan pembangunan nasional melalui proses industrialisasi.

Aktivitas industri baru akan berjalan dan menarik perhatian investor apabila ketersediaan sumber energi sekunder dalam bentuk listrik itu terjamin kelangsungannya. Bangkitnya sektor industri beserta sektor-sektor pendukung lainnya, akan diikuti oleh kebangkitan pertumbuhan ekonomi. Dengan berputarnya roda perekonomian itu maka akan terbuka banyak lapangan pekerjaan sehingga masalah pengangguran sedikit banyak akan dapat teratasi²⁰. Ketahanan listrik nasional merupakan instrumen penting untuk mewujudkan semua harapan tersebut.

Dilihat dari sektor pengguna yang umum terjadi di setiap negara, sebagian besar dari penggunaan tenaga listrik adalah untuk sektor industri, baru kemudian disusul untuk keperluan komersial, rumah tangga dan lain-lain, seperti untuk penerangan jalan,

memperindah taman kota dan sebagainya²¹. Tenaga listrik kini merupakan kebutuhan mendasar bagi masyarakat modern. Peralatan dan perlengkapan untuk proses produksi dalam aktivitas industri modern pada umumnya digerakkan oleh listrik²². Keterseediaannya dalam jumlah dan mutu yang bagus merupakan syarat bagi perkembangan dunia industri dan peningkatan taraf kehidupan masyarakat.

Pada saat kebutuhan beban listrik tinggi karena aktifnya sektor industri, peran PLTN akan sangat menarik karena keuntungan ekonomi skala besar ada pada PLTN berdaya 1000 MW. Biaya operasi PLTN adalah paling mahal untuk pemakaian di bawah 5.000 jam per tahun, namun lebih murah untuk di atasnya. Oleh sebab itu, PLTN tepat jika dimanfaatkan khusus sebagai pemikul beban dasar yang harus diope-rasikan terus-menerus sepanjang tahun¹⁴. Di samping itu, PLTN juga dapat berperan dalam mengisi kesenjangan kebutuhan tenaga listrik akibat terbatasnya daya tampung lingkungan terhadap polutan dari pembakaran bahan bakar fosil. Untuk itu, PLTN patut dipertimbangkan sebagai salah satu alternatif dalam rangka diversifikasi penggunaan sumber-sumber energi di Indonesia.

Walaupun pada beberapa dasawarsa terakhir ini kelihatannya total konsumsi energi di banyak negara industri memperlihatkan kurva garis pertumbuhan yang mendatar atau bahkan menurun, namun total konsumsi energi listrik dunia tetap terus menunjukkan peningkatan seiring dengan peningkatan laju industrialisasi di negara-negara berkembang²³. Begitu suatu perekonomian menggeliat sedikit saja, maka laju pertumbuhan permintaan listrik itu akan meningkat dengan cepat. Permintaan jasa-jasa modern seperti listrik, biasanya naik dengan elastisitas lebih besar, yaitu antara 1,5 sampai 2 kali lipat dari pada pertumbuhan ekonomi. Jika tingkat ekonomi tumbuh sebesar 4%, maka permintaan jasa-jasa kelistrikan bisa naik hingga 8%²⁴.

PT Perusahaan Listrik Negara (Perse-ro) memiliki peran strategis dalam mensuplai kebutuhan listrik untuk pembangunan berkelanjutan. Dalam usianya yang

sudah cukup dewasa ini, wajar jika bangsa Indonesia berharap kepada PT PLN untuk mampu mewujudkan misi strategis yang diembannya. Dengan pilihan dan strategi yang tepat dalam diversifikasi penggunaan sumber-sumber energi, diharapkan PT PLN mampu mewujudkan ketahanan listrik nasional. Energi nuklir merupakan salah satu sumber energi yang perlu dipertimbangkan dalam upaya mewujudkan usaha tersebut. Dengan sistem ketenagalistrikan yang handal, maka kegiatan pembangunan dan industrialisasi dapat berjalan dengan lancar, sehingga cita-cita pembangunan nasional untuk meningkatkan kesejahteraan hidup bangsa Indonesia lekas tercapai²⁵.

Kesimpulan

Keberhasilan pembangunan nasional suatu bangsa memiliki peran yang sangat penting dalam upaya meningkatkan kualitas hidup dan membuka lapangan kerja baru. Energi merupakan salah satu infrastruktur yang sangat diperlukan untuk mendukung program pembangunan tersebut. Ketersediaan energi yang mencukupi akan memperlancar jalannya program pembangunan nasional, sebaliknya kelangkaan energi akan memperlambat jalannya pembangunan tersebut. Agar ketersediaan energi untuk pembangunan tidak terganggu, perlu dilakukan diversifikasi dalam penggunaan sumber-sumber energi di Indonesia.

Listrik merupakan sumber energi sekunder yang sangat diperlukan untuk menggerakkan mesin-mesin produksi dalam aktivitas industri. Diperlukan persediaan energi listrik yang mencukupi agar aktivitas industri tidak terhenti. Dalam upaya mendukung jalannya roda pembangunan di Indonesia, diperlukan kemandirian dalam memenuhi kebutuhan listrik dengan mewujudkan ketahanan listrik nasional. Untuk mencapai upaya tersebut, berbagai sumber pembangkit listrik perlu dioperasikan. Energi nuklir sebagai salah satu sumber pembangkit listrik perlu dipertimbangkan oleh pemerintah dalam memenuhi kebutuhan listrik nasional. Pembangkit listrik tenaga nuklir ini mampu menyediakan listrik dalam jumlah

besar sehingga cocok dijadikan sebagai penyangga beban dasar dalam sistem ketenagalistrikan di Indonesia.

Daftar Pustaka

1. Manne AS, Mendelsohn RO, and Richels RG. MERGE – A model for evaluating regional and global effects of GHG reduction policies. *Energy Policy J.* 1995; 23(4): 17-34.
2. Service RF. Is it time to shoot for the Sun. *Science.* 2005; 3 (09): 548-551.
3. Zhang BZ, Wang JY and Su L. CO2 Emission Reduction Within Chinese Iron and Steel Industry: Practice, Determinants and Performance. *J. of Cleaner Production.* 2012; 33(12): 167-178
4. Anang AY. Pelajaran berharga dari padamnya listrik di sebagian Amerika dan London. *Listrik Watch J.* 2003; 4(1): 12-20.
5. Dorojatun KJ. Listrik untuk menopang perekonomian negara. *Listrik Watch J.* 2003; 5(1): 8-11.
6. Thoyib MH. Indonesia dan PLTN Tahun 2000-an, *Proceeding Pertemuan Ilmiah Tenaga Atom Karyasiswa Indonesia di Jepang I*, Kyushu Univeristy, Fukuoka, Jepang; 1991: 9-18.
7. Naharia O. Memberikan pemahaman kepada masyarakat kabupaten sangihe tentang pemanasan global dan dampak yang ditimbulkannya. *J. Abdimas.* 2008; 1(2): 27-40
8. Akmal F. Mata rantai suplai dalam usaha penyediaan energi listrik. *Listrik Watch J.* 2003; 5(1): 35-37.
9. Chrissantya MK dan Joni H. Kajian tentang kontribusi Jawa Timur terhadap emisi CO₂ melalui transportasi dan penggunaan energi. *J. Teknik Pomits.* 2008; 2(1): 251-256.
10. Deutch JM and Moniz EJ. The nuclear option. *Scientific American.* 2006; 295(2): 76-83.
11. Jochem EK. An efficient solution. *Scientific American.* 2006; 295(3):64-67.
12. Wright J and Conca JL. The geopolitics of energy: achieving a just and sustainable energy distribution by 2040. *J. of Sustainable Energy.* 2008; 15(3): 45-56.
13. Goswami DY. A review and future prospects of renewable energy in the global energy system. *Adv. Technol. Electr. Eng. Energy.* 2008; 27(3): 55-62.
14. Talbott EO, Zhang A, Youk AO, McHugh-Pemu KP and Zborowski JV. Collision of evidence and assumptions: TMI déjà view. *Environ. Health Perspect.* 2006; 108 (5): A547-A549.
15. Rogner HH and Langlois L. Moving Targets, Economic competitiveness of Nuclear Power. *IAEA Bulletin.* 2009; 42(4): 36-42.

16. Adamantiades A and Kessides I. Nuclear power for sustainable development: Current status and future prospects. *Energ. Pol.* 2009; 379(2): 5149–5166.
17. Rothwell G and van der Zwaan BCC. Are light water reactor systems sustainable? *J. Energy Dev.* 2011; 29(1): 65–79.
18. Zelenika-Zovko I and Pearce JM. Diverting indirect subsidies from the nuclear industry to the photovoltaic industry: Energy and economic returns. *Energ. Pol.* 2011; 39(7): 2626–2632.
19. McNeil B. The costs of introducing nuclear power to Australia. *J. Aust. Polit. Econ.* 2007; 59(8): 5–29.
20. Folland S and Hough R. Externalities of nuclear power plants: Further evidence. *J. Reg. Sci.* 2010; 40(3): 735–753.
21. Flavin, C. dan Lenssen, N., *Gelombang Revolusi Energi, Sebuah Buku Pengantar untuk Mengantisipasi Revolusi Energi* (penerjemah : Nicolas Hasibuan dan S. Maimoen), Yayasan Obor Indonesia, Jakarta (1995).
22. Strahm, R.H., *Kemiskinan Dunia Ketiga, Menelaah Kegagalan Pembangunan di Negara Berkembang* (penerjemah : Rudy Bagindo, dkk.), PT Pustaka Cidesindo, Jakarta (1999).
23. Anonim, *Sumber Energi Inggris di Persimpangan Jalan*, *Republika*, Rabu, 28 September 2005, Hal. 17.
24. Kenny R, Law C and Pearce JM. Towards real energy economics: energy policy driven by life-cycle carbon emission. *Energ. Pol.* 2010; 38(1): 1969–1978.
25. Zuhail, *Ketenagalistrikan Indonesia*, Perce-takan PT Ganeca Prima, Bandung (April 1995).



Gambar 1 :
Pembangunan PLTN untuk mendukung kontinuitas penyediaan energi listrik guna menunjang program industrialisasi suatu negara