

ENERGI SEBAGAI PENUNJANG PERADABAN

Oleh

Prof. Dr. Ir. Prayoto M.Sc.



Disajikan pada Acara Dies Natalis ke-I

**UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA
BANDUNG
8 Agustus 2001**

Yang terhormat Bapak-bapak Rektor dan para Pembantu Rektor, Bapak-bapak dan Ibu Dekan, para Ketua dan anggota Yayasan Sains dan Teknologi, para tamu undangan dan segenap anggota Sivitas Akademika dan hadirin yang saya hormati,

Pertama-tama saya ucapkan selamat pagi dan salam sejahtera bagi semuanya,

dan pada hari yang amat membahagiakan ini, yaitu hari jadinya Universitas Komputer Indonesia yang genap berusia satu tahun, saya mendapat kehormatan untuk menyampaikan pidato Dies. Pada kesempatan ini perkenankanlah saya membahas suatu masalah yang rasanya memang perlu segera kita renungkan bersama, yaitu masalah energi sebagai penunjang peradaban.

Konsep energi tidak terlepas dari kehidupan kita sehari-hari walaupun pengertiannya kadang-kadang agak kabur. Untuk memahaminya dan menjelaskan konsep ini dengan tepat, kiranya perlu ditelusur kembali perkembangan konsep energi sejak awal peradaban manusia. Tidak berlebihan kalau dikatakan bahwa peradaban manusia sejak awal berkembang dengan betumpu pada pemanfaatan energi. Pengertian energi dapat dikaitkan dengan sesuatu yang diperlukan untuk melakukan kerja. dan ini dapat diperoleh dari apa yang disebut bahan bakar, karena bahan bakar pada hakekatnya merupakan simpanan energi. Dari segi ini, sejak zaman purba, yaitu sebelum peradaban manusia mulai berkembang, sebenarnya manusia sudah memanfaatkan energi kalau bahan makanan yang dikonsumsi manusia dianggap sebagai simpanan energi. Oleh karena itu, ada pengertian energi yang dikaitkan dengan tingkat kemampuan manusia melakukan kerja. Orang dikatakan penuh energi pada waktu bangun pagi dan masih segar bugar dan siap melakukan kerja apapun. Sebaliknya

dikatakan kehabisan energi kalau sesudah melakukan kerja berat akan menjadi lelah atau loyo.

Pada zaman purba, pada umumnya kerja dilakukan manusia dengan melakukan kerja otot, baik otot manusia sendiri maupun otot binatang. Dengan makin berkembangnya peradaban, energi bahan bakar mulai dipergunakan untuk memasak makanan, untuk menghangatkan rumah, untuk menggerakkan alat-alat pertanian, untuk menjalankan pabrik, kendaraan, kapal, pesawat terbang dan sebagainya. Oleh karena itu dapat kita lihat pertumbuhan pemakaian energi yang sangat mencolok dengan makin berkembangnya peradaban manusia, terutama dalam kurun waktu abad terakhir. Pertumbuhan energi yang sangat mencolok tersebut disebabkan oleh pertumbuhan jumlah penduduk di bumi yang meningkat secara eksponensial terutama selama abad terakhir. Disamping itu, peningkatan pemakaian energi per kapita juga meningkat karena peningkatan taraf hidup dan juga terdorong oleh adanya peradaban dalam pola kehidupan manusia.

Ditemukannya api oleh manusia primitif di zaman purba, kemudian pemanfaatan tenaga binatang, pengembangan kegiatan pertanian, diikuti dengan penemuan mesin uap dan pemanfaatan bahan bakar batu bara dan minyak, semuanya merupakan tonggak sejarah yang penting dalam perkembangan peradaban manusia. Setiap langkah tersebut membawa perubahan yang penting dalam kehidupan manusia. Boleh dikatakan bahwa peradaban manusia telah dibangun atas dasar anggapan bahwa pasti ada sumber energi yang melimpah, sehingga oleh karenanya manusia sekarang sudah menjadi sangat tergantung pada kebutuhan energi ini.

Pada zaman purba, pemakaian energi manusia primitif sekitar satu juta tahun yang lalu barangkali hanya terbatas dalam bentuk bahan makanan saja, yaitu sebanyak kurang lebih 2000 kalori tiap hari tiap orang. Perlu dicatat bahwa jumlah penduduk di

bumi satu juta tahun yang lalu diperkirakan hanya sekitar satu juta orang saja. Sesudah manusia mulai mengembangkan kemampuan berburu sekitar 100.000 tahun yang lalu, pemakaian energi tiap orang tiap hari meningkat menjadi 4000 kalori tiap hari. Mulai sekitar 5000 tahun sebelum Masehi atau 7000 tahun yang lalu sudah mulai dikembangkan kegiatan pertanian di daerah-daerah yang subur walaupun masih primitif. Pada saat itu pemakaian energi sudah meningkat menjadi 8000 kalori tiap orang tiap hari dalam bentuk bahan makanan, energi untuk rumah tangga dan energi untuk kegiatan bercocok-tanam. Sesudah kegiatan pertanian berkembang lebih maju, terutama di daerah Eropa Utara mulai 1500 tahun sebelum Masehi atau kira-kira 3500 tahun yang lalu, pemakaian energi sudah meningkat menjadi 10.000 kalori untuk bahan makanan, rumah tangga, pertanian dan sedikit untuk transportasi. Mulai abad 18, terutama di Inggris telah berkembang masyarakat industri dimana pemakaian energi tiap orang tiap hari telah meningkat menjadi 30.000 kalori, hanya sebagian kecil untuk makanan, tetapi yang lebih banyak untuk menunjang kebutuhan rumah tangga, industri, pertanian dan juga transportasi. Yang perlu mendapat perhatian khusus adalah bahwa pemakaian energi di masyarakat industri maju yang mulai berkembang dalam dua dasa wara terakhir, terutama di Amerika Utara, Eropa dan Jepang. Pemakaian energi untuk masyarakat industri maju ini telah mencapai 230.000 kalori tiap orang tiap hari, hanya sebagian kecil dalam bentuk bahan makanan, sisanya kurang lebih sama besarnya untuk rumah tangga, untuk industri dan untuk transportasi (Mc Donald, 1981).

Memang perlu diingat bahwa ada perbedaan yang cukup besar dalam tingkat pemakaian energi per kapita antara negara-negara yang berpenghasilan rendah, termasuk Indonesia, dan negara-negara industri maju yang biasanya merupakan negara kaya. Tetapi secara umum memang terlihat adanya peningkatan tingkat

pemakaian energi rata-rata secara global. Peningkatan pemakaian energi per kapita ini perlu dilihat bersama dengan peningkatan jumlah penduduk secara global yang juga telah berlangsung secara eksponensial (Gerard, 1995). Kalau satu juta tahun yang lalu jumlah penduduk di bumi diperkirakan baru sekitar satu juta orang, awal abad 16 telah menjadi 0,5 milyar, awal abad 17 telah mencapai 1 milyar, awal abad 18 menjadi 1,5 milyar, pada tahun 1975 telah mencapai 4 milyar, tahun 2000 yang lalu telah menjadi 6 milyar dengan perkiraan optimistik akan menjadi 8 milyar atau lebih pada tahun 2025 nanti. Kajian-kajian yang dilakukan tahun 1990 oleh ahli PBB memperkirakan jumlah penduduk di bumi akan mencapai 10 milyar pada tahun 2100, 15 milyar tahun 2150 bahkan dengan perkiraan pesimistik bisa mencapai 28 milyar pada tahun 2150 itu.

Angka-angka pertumbuhan pemakaian energi per kapita dan jumlah penduduk di bumi seperti dikutip diatas dapat memberikan gambaran nyata bahwa dalam beberapa dasa warsa mendatang dunia akan dihadapkan pada masalah mendasar yaitu pemenuhan kebutuhan energi, yang sejak sekarang perlu direnungkan secara seksama. Masalah pemenuhan kebutuhan energi untuk menunjang peradaban ini bukanlah masalah sesaat saja, tetapi masalah yang akan terus berkembang dan bersifat global. Tidak ada satu bangsa pun di dunia ini yang tidak akan tersentuh oleh masalah energi ini, ataupun dapat menyelesaikannya secara sendirian tanpa kerja sama dari bangsa-bangsa lainnya. Karena sifat masalahnya yang berjangka panjang dan lintas batas antar negara, kadang-kadang kita belum menyempatkan diri untuk berpikir jauh ke masa depan (Piel, 1995).

Gambaran yang akan terlihat pada bagian awal dari abad 21 ini adalah pertumbuhan jumlah penduduk yang akan makin pesat dengan perkiraan jumlahnya akan menjadi antara 9 sampai 14 miliar pada tahun 2030. Gambaran ini jelas akan mempengaruhi

bagaimana kita harus memikirkan pemanfaatan sumber daya energi yang masih tersedia di bumi dan jenis teknologi yang akan diperlukan atau harus dikembangkan untuk ini. Perlu dicatat bahwa dalam kurun waktu awal abad 21 ini banyak diantara negara berkembang yang biasanya juga merupakan negara miskin, masih akan berusaha keras untuk mengejar ketertinggalannya dari negara maju, dengan akibat ikutannya yaitu peningkatan tingkat pemakaian energi secara global. Akibatnya akan ada tekanan yang lebih mendesak lagi untuk meningkatkan pemenuhan kebutuhan energi. Tekanan ini akan membebani potensi sumber daya energi yang ada di bumi, dan membebani pula potensi pengembangan teknologi yang harus diwujudkan. Skenario peningkatan pemakaian energi dan kebutuhan pengembangan teknologi untuk jangka waktu 50 tahun mendatang kiranya sangat perlu dipikirkan untuk mengusahakan terjaminnya penyediaan energi secara berkesinambungan untuk masa mendatang (Taylor, 1977).

Pemikiran jangka jauh kedepan tentang masalah pemenuhan kebutuhan energi untuk menunjang peradaban manusia tidak akan terlepas dari tinjauan tentang ketersediaan sumber daya alam energi di bumi serta bentuk-bentuknya, pertumbuhan jumlah penduduk di bumi seperti digambarkan diatas, masalah teknologi, serta masalah ikutannya seperti masalah dampak pemakaian energi secara besar-besaran terhadap kelestarian lingkungan, masalah keselamatan, masalah ketimpangan antara kebutuhan dan pemenuhannya, dan sebagainya. Bumi kita memang dianugerahi dengan sumber daya alam energi yang melimpah. Walaupun demikian, pemanfaatan sumber daya alam energi bukannya mudah dan juga tidak murah, dan tidak sedikit permasalahannya. Sebaran sumber daya alam energi di bumi juga tidak merata. Ada negara-negara yang dianugerahi dengan sumber daya alam energi yang sangat melimpah ruah, ada negara-negara yang sangat miskin.

Secara umum, sumber daya alam energi dapat digolongkan menjadi sumber daya alam energi yang terbarukan dan tak terbarukan. Yang tak terbarukan adalah yang cadangannya di bumi terbatas dan pada waktunya akan habis. Yang terbarukan adalah yang sifatnya lestari dan cadangannya tidak akan berkurang dengan waktu. Sumber daya alam energi yang tak terbarukan terutama terdiri dari bahan bakar fosil yaitu minyak bumi, batubara dan gas bumi, dan juga bahan bakar nuklir yang terdiri dari bahan bakar nuklir fisi dan fusi. Sumber daya alam energi yang terbarukan adalah sumber energi surya yang langsung ataupun yang dibangkitkan oleh energi surya secara tidak langsung seperti energi angin, air, arus taut, ombak, pasang surut, biomasa. Sumber energi panas bumi kadang-kadang juga digolongkan sebagai sumber yang terbarukan walaupun tidak benar-benar terbarukan, karena kalau dimanfaatkan akan menyusut juga (Energy Brief, 1986).

Bentuk sumber daya energi fosil yang selama ini paling mudah dimanfaatkan adalah minyak bumi. Karena itu, minyak bumi merupakan sumber energi yang paling populer. Perlu diingat semua bentuk sumber energi fosil merupakan hasil dari proses yang terjadi di dalam bumi secara alamiah selama berjuta-juta tahun yang lalu sehingga akhirnya terkumpul sebagai timbunan minyak bumi, batu bara, atau gas bumi. Kalau dicermati, pemanfaatannya telah menunjukkan percepatan yang luar biasa dalam abad yang terakhir, sehingga betapapun besarnya cadangan yang tersedia di bumi kalau dimanfaatkan secara terus menerus pada saatnya akan habis juga.

Perkiraan mengenai besarnya cadangan yang tersedia di bumi dapat dinyatakan dengan satuan Terawat-tahun (TWT) yang setara dengan daya satu triliun watt (10^{12} watt) energi listrik yang dimanfaatkan penuh secara terus-menerus selama satu tahun. Besarnya perkiraan angka cadangan akan tergantung pada besarnya harga yang harus dibayar untuk pemanfaatan energi. Pada harga

rendah setara dengan \$12,- tiap barel setara minyak maka cadangan dunia diperkirakan sebesar 1090 TWT dan terdiri dari 560 TWT batubara, 264 TWT minyak bumi dan 267 TWT gas bumi, jadi batubara kira-kira dua kali lebih melimpah dibanding minyak bumi dan gas bumi. Pada perkiraan harga menengah yaitu \$12,- - 20,- tiap barel setara minyak dan \$25,- - 50,- tiap ton setara batubara, cadangan mungkin tersedia lebih banyak lagi yaitu bertambah dengan sebesar 1360 TWT yang terdiri dari 1019 TWT batubara, 200 TWT minyak bumi dan 141 TWT gas bumi. Jadi pada harga ini batubara 5 kali lebih melimpah dibanding minyak bumi dan 7 kali lebih melimpah dibanding gas bumi. Apabila akan dibayar dengan tingkat harga yang lebih tinggi lagi yaitu pada \$20,- - 25,- tiap barel setara minyak, cadangan dunia akan sedikit bertambah lagi dengan 503 TWT yang terdiri dari 373 TWT minyak bumi dan 130 TWT gas bumi. Dengan demikian cadangan global sumber energi fosil yang pada taksiran harga rendah berjumlah 1091 TWT, pada harga menengah lipat lebih dari dua kali menjadi 2451 TWT, dan pada harga tinggi meningkat lagi menjadi 2954 TWT (McDonald, 1981). Oleh karena itu besarnya cadangan energi fosil, juga sumber energi lainnya yang manapun akan sangat tergantung pada harga yang kita bersedia membayarnya. Secara kasar dapat dikatakan batubara paling besar cadangannya, minyak bumi sekitar separohnya dan gas bumi lebih kecil lagi (Notosudiryo, 1997).

Sumber energi berbentuk cair yaitu minyak bumi memang tetap merupakan jenis bahan bakar yang paling disukai, karena paling mudah dipakai, paling besar manfaatnya dan banyak keunggulannya dibanding batubara. Keunggulannya paling utama adalah nilainya sebagai bahan bakar untuk transportasi dan sebagai bahan dasar untuk banyak industri petrokimia (obat-obatan, pupuk, plastik, dsb.). Oleh karena itu kita telah mengalami masa-masa dimana minyak bumi makin menggantikan peranan batubara sebagai sumber bahan energi, sampai pada suatu saat kita

dihadapkan pada suatu kenyataan bahwa sumber energi minyak itu terbatas. Perlu dicatat bahwa pada tingkat pemakaian bahan energi minyak bumi yang berlaku sekarang maka semua cadangan minyak bumi yang sudah diketahui saat ini akan habis dalam waktu beberapa puluh tahun. Sudah tentu menjadi harapan kita semua bahwa masih akan ditemukan lagi cadangan minyak bumi yang baru, terutama kalau kita bersedia membayar pada tingkat harga yang lebih tinggi. Catatan ini berlaku tidak hanya untuk tinjauan secara global, tetapi juga untuk tinjauan secara nasional. Produksi minyak bumi di Indonesia telah mencapai puncaknya pada tahun 1978 dengan tingkat produksi sekitar 1,7 juta barel tiap hari, kemudian sedikit demi sedikit menurun sejak itu. Dalam pada itu konsumsi minyak bumi terus meningkat dengan laju rata-rata sekitar 6,27% setiap tahun, sehingga diperkirakan Indonesia secara neto sudah tidak akan mampu lagi mengexport minyak dalam dasa warsa pertama abad 21 ini. Bisa dibayangkan bagaimana hal ini berpengaruh pada beban anggaran pemerintah, mengingat sampai saat ini minyak bumi masih merupakan sumber penerimaan sangat penting di Indonesia. Perlu juga dicatat bahwa sebenarnya Indonesia hanya memiliki cadangan minyak bumi yang kecil saja yaitu sekitar 1% cadangan dunia, sedangkan cadangan terbesar ada di Timur Tengah yang memiliki sekitar 70% cadangan dunia (Notosudiryo, 1997). Disamping itu Indonesia memiliki jumlah penduduk terbesar keempat di dunia sesudah Cina, India dan Amerika Serikat .

Keterbatasan dalam cadangan minyak bumi telah menyebabkan banyak negara lebih mengandalkan bahan energi batubara. Kecenderungannya sangat nyata terutama bagi negara-negara yang hanya sedikit memiliki cadangan minyak bumi dan yang mempunyai jumlah penduduk yang sangat besar, seperti India dan Cina, yang dalam waktu yang sama belum mampu untuk mengembangkan sumber daya energi alternatif. Keduanya

merupakan negara berkembang yang secara bersama memiliki lebih dari 1/3 jumlah penduduk di bumi. Kedua negara ini saat inipun sudah memanfaatkan sumber energi batubara dalam skala yang amat besar, secara bersama telah membakar batubara sama banyaknya dengan seluruh negara-negara barat secara bersama-sama. Di masa depanpun kedua negara ini akan meningkatkan pemanfaatan batubara dengan laju yang makin cepat. Dari segi cadangan batu bara, Indonesia hanya memiliki cadangan yang sangat kecil yaitu sekitar 0,37% dari cadangan dunia. Sebagian besar cadangan dunia ada di bekas Uni Soviet (49%), Amerika Serikat (26%) dan Cina (14%). India pun hanya memiliki 0,6% dari cadangan batu bara yang ada di bumi (McDonald, 1981).

Produksi batubara di Indonesia sebelum Perang Dunia II telah mencapai 1 juta ton tiap tahun, tetapi kemudian merosot sama sekali karena kemudian lebih mengandalkan pemanfaatan bahan bakar minyak. Karena gambaran makin terbatasnya cadangan minyak bumi, penambangan batu bara mulai dikembangkan lagi secara besar-besaran dalam tahun 80-an. Sejak saat itu produksi meningkat dengan pesat, telah mencapai tingkat produksi 10 juta ton tiap tahun pada tahun 1990, 40 juta ton tiap tahun pada tahun 1995, dengan proyeksi produksi 70 juta ton tiap tahun pada tahun 2000, sebagian besar untuk ekspor (Mangunwidjaya, 1997). Sejak tahun 80-an pemakaian batu bara semakin digalakkan secara besar-besaran. Industri yang semula memanfaatkan bahan bakar minyak bumi, semakin dialihkan untuk memanfaatkan bahan energi batu bara. Semua industri yang memakai sangat banyak bahan energi seperti pembangkitan energi listrik, logam dasar, semen, dan sebagainya diutamakan untuk menggunakan batu bara. Dalam pada itu bahan energi minyak lebih diutamakan untuk bahan bakar transportasi, bahan dasar industri dan untuk ekspor. Pada tingkat pemakaian saat ini dan juga proyeksi pemakaian masa mendatang, diperkirakan cadangan bahan energi batu bara masih dapat

mencukupi selama beberapa ratus tahun. Hal ini berlaku baik untuk lingkup global maupun untuk lingkup nasional di Indonesia.

Di Indonesia, sejak lama minyak bumi merupakan bahan energi utama untuk pembangkitan energi listrik. Walaupun peranannya secara bertahap mulai digantikan oleh batu bara, pemakaiannya secara mutlak masih meningkat terus. Untuk kurun waktu 5 tahun terakhir tingkat pemakaian meningkat dengan laju sekitar 10% tiap tahun sehingga tingkat pemakaian tahun 1999/2000 yang lalu telah mencapai 400 juta barel setara minyak. Ini sudah merupakan sebagian cukup besar dari kapasitas produksi minyak bumi di Indonesia. Untuk makin menggantikan peranan minyak bumi ini, maka pemakaian batu bara meningkat dengan pesat dari 32,5 juta barel setara minyak pada tahun 1993/1994, menjadi 120,5 juta barel setara minyak pada tahun 1998/1999 yang lalu. Karena program penggantian minyak dengan batu bara ini maka pada tahun 2000 pemakaian batubara untuk pembangkitan energi listrik di Pulau Jawa saja sudah mencapai 25 juta ton setiap tahun (Kartasasmita, 1991)

Yang menjadi masalah dengan pemakaian bahan energi batu bara adalah bahwa batu bara merupakan bahan energi yang kotor, mahal biaya penambangannya, mahal biaya pengangkutannya dan apabila dibakar akan menghasilkan gas-gas hasil pembakaran yang mencemari lingkungan. Perlu dicatat bahwa minyak bumi dan batu bara selama ini tetap merupakan bahan sumber energi utama untuk pembangkitan energi listrik secara besar-besaran, terutama di Pulau Jawa dan Bali di mana sudah terpasang jaringan interkoneksi listrik yang terpadu.

Memang minyak bumi dan batu bara merupakan bahan bakar yang cocok untuk pembangkitan energi listrik secara besar-besaran. Pada jaringan interkoneksi listrik terpadu yang ada di Jawa dan Bali telah terpasang kapasitas jaringan sebesar sekitar 10.000 MW. Pada ukuran kapasitas jaringan sebesar ini maka

pertimbangan teknis dan ekonomis sudah memertukan penambahan unit-unit pembangkit listrik yang berukuran 600 MW keatas. Perlu diketahui bahwa aspek ekonomi unit pembangkit listrik mengikuti hukum ekonomi skala, dalam arti makin besar ukuran unit pembangkit akan makin murah biaya pembangkitan energi listrik yang harus dibayar konsumen, dan sebaliknya makin kecil ukurannya akan makin tidak efisien dan makin mahal. Oleh karena itu unit-unit pembangkit baru yang ditambahkan pada jaringan interkoneksi Jawa-Bali, seperti di Paiton dan Surabaya, sudah dibangun dengan ukuran unit 600 MW atau lebih. Perlu juga diketahui bahwa pada ukuran unit pembangkit sebesar ini, maka pada tingkat pengembangan teknologi yang sudah tercapai saat ini, hanyalah unit pembangkit yang menggunakan bahan bakar fosil yaitu minyak bumi, batu bara dan gas alam dan bahan bakar nuklir fisi saja yang masih mempunyai kemampuan.

Dengan makin menyusutnya cadangan sumber energi minyak bumi, maka peranannya makin digantikan oleh batu bara. Tetapi pemanfaatan bahan energi batu bara secara besar-besaran juga bukannya sedikit permasalahannya. Pertama masalah pengangkutan, kedua masalah kualitas jenis batu bara yang tersedia di Indonesia, dan ketiga masalah pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh pembakaran batu bara. Karena masalah-masalah ini, maka bahan energi gas alam merupakan bahan energi andalan berikutnya. Kebetulan sekali Indonesia juga dianugerahi dengan sumber bahan energi gas alam yang cukup besar bahkan perkembangan beberapa tahun terakhir menunjukkan bahwa Indonesia akan menjadi salah satu negara pengexport gas alam terbesar di dunia. Pemanfaatan gas alam di Indonesia telah meningkat dengan pesat selama beberapa Pelita yang lalu. Mulai dari 43 juta barel setara minyak akhir Pelita III, 60 juta barel setara minyak akhir Pelita IV, 85 juta barel akhir Pelita V, menjadi 162 juta barel akhir Pelita VI atau tahun 1998/1999 yang lalu

(Mangunwidjaya, 1997). Harus diingat bahwa bahan energi gas alam boleh dikatakan cadangannya sama terbatasnya dengan minyak bumi dan disamping itu keunggulan sifatnya sebagai bahan energi yang bersih dan sebagai bahan industri petrokimia menyebabkan bahan ini sangat diminati untuk ekspor sebagai penghasil devisa terutama ke negara-negara industri maju seperti Amerika Serikat, Jepang, Korea dan Taiwan yang baku mutu pencemaran lingkungannya sudah sangat tinggi.

Pada dasarnya pemanfaatan bahan energi fosil yang mengandung unsur karbon seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam dengan menggunakan proses pembakaran akan menghasilkan gas-gas sisa pembakaran berupa oksida karbon, oksida belerang dan oksida nitrogen. Gas-gas hasil pembakaran ini di banyak negara, terutama di daerah pusat industri, telah banyak menyebabkan hujan kuning dan hujan asam yang sangat mencemari lingkungan. Walaupun demikian secara relatif di antara ketiga bahan energi fosil tersebut, gas alam adalah yang paling bersih dari segi pencemaran lingkungan, batu bara adalah yang paling kotor dan minyak bumi kira-kira terletak diantara gas alam dan batu bara. Ketiga jenis bahan energi fosil ini semuanya mempunyai kemampuan untuk mendukung program pembangkitan energi listrik secara besar-besaran, termasuk unit-unit berukuran besar sampai ukuran 600 MW sekalipun bahkan lebih dari itu. Kalau diperbandingkan, secara relatif diantara ketiga bahan energi fosil ini maka biaya pembangkitan energi listrik dengan menggunakan gas alam lebih mahal dari minyak bumi dan jauh lebih mahal lagi dari batu bara. Salah satu ciri dari pemanfaatan bahan energi fosil untuk pembangkitan energi listrik adalah bahwa biaya pembangkitannya sangat dipengaruhi oleh biaya bahan bakarnya sendiri. Perlu diingat bahwa cadangan gas alam kurang lebih sama terbatasnya seperti cadangan minyak bumi kalau dibandingkan dengan cadangan batu bara yang jauh lebih

melimpah.

Para hadirin yang saya hormati, perlu saya tambahkan disini bahwa program penyediaan energi listrik sangat erat kaitannya dengan upaya menunjang tingkat peradaban manusia di zaman modern sekarang ini. Program pembangunan nasional yang bertujuan meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan rakyat melalui program industrialisasi dan modernisasi tidak akan terlepas dari program pembangkitan energi listrik secara besar-besaran. Tingkat pemakaian energi listrik dapat dikatakan sebagai salah satu tolok ukur yang sangat korelatif dengan tingkat peradaban dari setiap bangsa di dunia. Makin maju suatu bangsa; makin tinggi tingkat kesejahteraannya, makin tinggi pula tingkat konsumsi energi listriknya. Sebaliknya makin terbelakang suatu bangsa, biasanya juga makin rendah tingkat kesejahteraannya dan makin rendah pula konsumsi listriknya. Dari segi tolok ukur tingkat konsumsi energi listrik ini, kita harus prihatin bahwa negeri kita masih tergolong terbelakang dibandingkan negara-negara lain, bahkan dibandingkan sesama negara berkembang dan negara-negara di kawasan Asia Tenggara, apalagi dibandingkan dengan negara-negara yang sudah maju.

Beberapa angka dapat dikemukakan disini untuk menggambarkan kondisi pemakaian listrik di Indonesia. Pada awal PJP I, atau awal Pelita I (1969), tingkat konsumsi energi listrik per kapita per tahun di Indonesia kurang dari 200 kwh. Angka ini hanya setingkat dengan negara-negara miskin, lebih rendah dari India walaupun penduduknya hampir lima kali penduduk Indonesia, hanya setengahnya Cina walaupun penduduknya lebih dan enam kali penduduk Indonesia. Angka konsumsi listrik ini, pada akhir PJP I atau akhir Pelita VI (tahun 1998/1999 yang lalu) baru meningkat menjadi 350 kwh. Angka ini perlu dibandingkan dengan angka rata-rata dunia sebesar 2220 kwh, apalagi dibandingkan dengan angka negara-negara maju yang ada diatas

20.000 kwh. Angka tingkat pemakaian listrik yang rendah tadi masih harus digabungkan dengan segi pemerataan pemakaian listrik di Indonesia. Pada waktu ini jumlah desa yang telah mendapat aliran listrik baru mencapai sekitar 54%. Perlu diketahui bahwa angka ini untuk Malaysia dan Filipina sudah mendekati 100%. Angka 100% untuk Indonesia baru menjadi sasaran untuk dicapai pada akhir PJP II yang berarti 25 tahun lagi dan sekarang.

Program penyediaan energi listrik tidak akan terlepas dari program pembangunan nasional yang bertujuan meningkatkan taraf hidup rakyat banyak, jadi juga untuk memajukan tingkat peradaban suatu bangsa. Listrik merupakan bentuk energi yang paling mudah dipakai, paling bersih, paling mudah disalurkan, dan merupakan kebutuhan mutlak untuk menunjang upaya industrialisasi dan modernisasi yang sudah dicanangkan dalam program pembangunan nasional. Upaya memenuhi kebutuhan energi listrik ini lebih mendesak lagi bagi Indonesia karena tingkat konsumsi energi listrik di Indonesia masih sangat rendah, bahkan lebih rendah dibandingkan dengan sesama negara berkembang lainnya apalagi dengan negara-negara maju.

Seperti dikemukakan diatas, upaya pemenuhan kebutuhan energi merupakan syarat mutlak dalam upaya peningkatan peradaban pada umumnya dan upaya peningkatan taraf hidup pada khususnya. Namun keberhasilan ataupun kegagalan dari upaya ini akan sangat tergantung pada banyak faktor. Dapat disebutkan antara lain jumlah penduduk dan laju pertumbuhan jumlah penduduk, ketersediaan sumber daya energi, ketersediaan teknologi, ketersediaan modal, dan masih banyak lagi faktor-faktor lain yang berpengaruh seperti dampak pemakaian sumber daya energi secara besar-besaran terhadap kelestarian lingkungan, faktor-faktor keselamatan dan sebagainya. Upaya peningkatan taraf hidup rakyat akan memberikan tekanan yang berat pada ketersediaan sumber daya energi. Hal ini terutama karena jumlah

penduduk di Indonesia yang sangat besar, yaitu keempat terbesar di dunia. Disamping itu kita harus menggerakkan upaya ini berangkat dari titik awal yang sangat rendah, relatif dibandingkan bangsa-bangsa lain, apalagi dengan kenyataan bahwa jumlah penduduk di Indonesia masih akan tumbuh dengan cepat di masa mendatang. Dengan perkiraan optimis dimana program keluarga berencana berhasil seperti masa-masa yang lalu, jumlah penduduk di Indonesia masih tumbuh dengan laju 1,8 % tiap tahun. Apalagi sekarang ada tanda-tanda kegagalan dengan laju pertumbuhan penduduk mungkin lebih besar dari 2 %, jumlah penduduk di Indonesia dapat mencapai 400 juta sebelum tahun 2060, dan hanya sedikit yang dapat dilakukan untuk mencegah hal ini.

Dari segi ketersediaan sumber daya alam energi, untuk sementara kita masih dapat mengandalkan minyak bumi, gas bumi dan batubara. Minyak bumi terutama untuk memenuhi kebutuhan transportasi, industri petrokimia dan juga ekspor. Gas bumi terutama untuk ekspor karena prasarana yang diperlukan untuk memanfaatkan gas bumi ini sangat mahal dan hanya negara-negara maju dan kaya mempunyai kemampuan untuk ini. Batubara memang harus makin diandalkan tetapi dengan catatan bahwa pemanfaatannya secara besar-besaran akan menimbulkan masalah pencemaran lingkungan yang tidak mudah dan tidak murah untuk diatasi. Disamping itu bahan bakar batu bara bukan merupakan alternatif yang mudah dipilih untuk bahan bakar transportasi. Perlu dicatat bahwa sektor transportasi menghabiskan kurang lebih sepertiga dari seluruh konsumsi energi. Pertumbuhan pemakaian minyak bumi didalam negeri selama beberapa dasawarsa yang lewat, khususnya untuk menunjang kebutuhan untuk sektor transportasi, dan bayangan akan segera menyusutnya cadangan minyak bumi yang ada, perlu kita renungkan bersama sejak sekarang karena masalahnya sudah mendesak. Perlu kita sadari bahwa hampir seluruh sistem transportasi kita mengandalkan bahan

bakar minyak bumi yaitu angkutan udara, angkutan taut, dan angkutan darat seperti mobil, truk, kereta api, motor, dan lain-lainnya. Perlu dibayangkan apa jadinya kalau suatu saat nanti bahan bakar minyak menipis atau habis dan kemampuan nasional tidak mampu untuk mengimpornya dari luar negeri. Alat-alat transportasi yang sudah tentu merupakan investasi barang modal yang sangat besar akan menjadi barang museum sementara belum tersedia sistem transportasi alternatif yang bisa diandalkan. Kalau ini benar-benar terjadi, barangkali naik sepeda motor, mobil, kereta api, kapal, apalagi pesawat udara akan merupakan kemewahan yang tidak akan terjangkau bagi sebagian besar anggota masyarakat. Artinya kita harus kembali berkendara kapal layar, cikar, pedati atau sepeda kayuh yang tidak memerlukan bahan bakar minyak. Hari H untuk keadaan ini bisa datang lebih awal dari dugaan kita mengingat sistem transportasi darat kita sangat tidak efisien dan cenderung makin tidak efisien karena masalah kemacetan lalu-lintas tidak hanya di jalan-jalan kota besar tetapi sudah merambah ke jalur-jalur luar kota yang utama.

Dengan makin susutnya bahan bakar minyak bumi, mau tidak mau kita harus beralih ke bahan bakar batu bara. Pemanfaatan batu bara memang cocok untuk pembangkitan listrik secara besar-besaran, juga sektor industri besar tertentu, tetapi jelas bukan merupakan pilihan yang baik untuk sektor transportasi. Untuk keperluan sektor transportasi batu bara harus dicairkan lebih dulu, suatu proses yang tidak mudah dan tidak murah. Disamping itu pemakaian batu bara secara besar-besaran akan menimbulkan dampak pencemaran lingkungan yang cukup berat. Pemanfaatan gas bumi dapat saja dipilih sebagai pengganti minyak bumi tetapi cadangan gas bumi sama saja terbatasnya dengan minyak bumi, pemanfaatannya memerlukan prasarana yang sangat mahal disamping nilainya yang sangat tinggi sebagai bahan energi untuk ekspor. Pilihan satu-satunya yang masih tersedia pada saat ini,

khususnya untuk pembangkitan listrik secara besar-besaran tinggal energi nuklir. Tetapi perlu diingat bahwa pemanfaatan energi nuklir secara besar-besaran masih banyak mengandung masalah keselamatan yang belum dapat teratasi sepenuhnya sehingga selalu menghadapi tentangan dari penerimaan publik. Disamping itu, sifatnya yang sangat padat modal dan padat teknologi membuat energi nuklir bukan lagi merupakan pilihan yang tepat bahkan sebagai alternatif terakhir sekalipun.

Dengan gambaran kebutuhan energi dan pemenuhannya seperti diuraikan diatas, kita dihadapkan pada pilihan atau keterpaksaan untuk berpaling pada sumber-sumber energi alternatif lainnya terutama sumber-sumber energi yang bersifat terbarukan. Indonesia juga dianugerahi sumber energi panas bumi yang sangat potensial, bahkan termasuk yang terbesar yang ada di bumi, dan sampai saat ini masih baru sedikit saja yang sudah dimanfaatkan. Namun harus diingat bahwa sumber energi panas bumi mempunyai ciri-ciri dan batas-batas kemampuan yang membuatnya hanya cocok sebagai bahan energi penunjang saja dan bukan sebagai sumber energi utama untuk menggantikan energi fosil yang tak terbarukan. Masih banyak lagi sumber energi terbarukan yang lain misalnya tenaga angin, tenaga surya, tenaga air, tenaga gelombang, pasang surut, dan lain sebagainya. Sumber-sumber energi alternatif inipun mempunyai ciri-ciri dan batas-batas kemampuan masing-masing dan sifatnya hanya cocok untuk pemenuhan kebutuhan energi secara kecil-kecilan dan di daerah-daerah terpencil yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik komersial. Disamping itu harus diingat bahwa pembangkitan energi dari sumber-sumber energi alternatif yang terbarukan bukannya murah dan bebas dari permasalahan. Namun dari segi pemberdayaan sumber energi, setiap jenis sumber energi, baik itu terbarukan maupun tak terbarukan, perlu dimanfaatkan sejauh batas-batas kemungkinan yang ada dalam upaya meningkatkan taraf hidup masyarakat.

Para hadirin sekalian yang saya hormati, masih ada satu lagi sumber energi alternatif terbaru yang belum disebutkan dimuka yaitu energi biomassa. Indonesia sebagai suatu negeri yang terletak di daerah tropis dengan iklim yang sangat menguntungkan mempunyai potensi yang besar untuk dapat memanfaatkan energi biomassa ini. Namun ciri-ciri dan batas-batas kemampuan energi biomassa ini perlu diperhitungkan terutama kalau dimaksudkan untuk pembangkitan energi listrik secara besar-besaran yang mutlak diperlukan untuk meningkatkan taraf hidup rakyat dan menunjang program modernisasi dan industriatisasi. Walaupun demikian, keterbatasan seperti apapun tidak harus memperkecil arti sumber energi biomassa ini sebagai bagian dari pemecahan kebutuhan energi masa depan mengingat kebutuhannya sangat: besar dan khususnya karena sumber energi biomassa ini tidak bersifat padat teknologi dan padat modal sehingga sangat cocok untuk keadaan di Indonesia yang kemampuan nasionalnya sangat terbatas. Sumber energi lainnya yang juga dapat dikembangkan sebagai agro-industri adalah bahan bakar berbasis alkohol yang dapat dikaitkan dengan pertanian tebu besar-besaran. Bahan bakar berbasis alkohol telah berhasil dikembangkan di beberapa negara dan merupakan alternatif yang sangat baik sebagai bahan bakar cair untuk sistem transportasi. Indonesia perlu segera berpikir untuk mengembangkan bahan bakar cair alternatif ini sebagai antisipasi menipisnya cadangan minyak bumi dalam satu atau dua dasawarsa mendatang.

Para hadirin yang saya hormati, mengakhiri uraian saya yang membahas pentingnya arti energi sebagai penunjang peradaban, perlu saya ulangi bahwa peradaban manusia selama ini telah dibangun dengan anggapan bahwa sumber daya energi akan selalu tersedia secara melimpah tanpa batas. Karena anggapan ini kita telah menyaksikan ber sama bahwa tingkat pemakaian energi telah meningkat secara eksponensial terutama selama abad terakhir.

Peningkatan yang sangat mencolok ini didorong oleh pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat, dibarengi dengan kemajuan teknologi dan peningkatan taraf hidup yang menjadi tuntutan setiap bangsa di dunia. Oleh karena itu kita akan segera dihadapkan pada kenyataan bahwa sumber daya alam energi terbatas. Masalah yang akan dihadapi dalam satu atau dua dasawarsa mendatang perlu sejak pagi dipikirkan pemecahannya, atau kita tidak akan mampu mempertahankan tingkat peradaban yang sudah dicapai saat ini. Bagi Indonesia pilihan yang terbuka adalah pemanfaatan sumber energi alternatif terbarukan yang tidak bersifat padat modal dan padat teknologi.

Demikianlah apa yang dapat saya sampaikan pada kesempatan ini. Akhirnya saya ingin mengucapkan terima kasih atas segala perhatian dan kesabaran dalam mengikuti pidato Dies ini, semoga ada manfaatnya dan tak lupa mohon maaf apabila ada kekurangan dalam cara saya menyampaikan pidato Dies ini. Sekian, sekali lagi terima kasih.

Daftar Bacaan

- Calvin, W.H., 1998, "The Climate Flip-Flop", The Atlantic Monthly, January 1998.
- Energy Brief, 1986. "Power Without Nuclear", The Economist, May 24, 1986.
- Harto, J., 1997, "Can We Stop Global Warming" USA Today, March 1997.
- IAEA, 1997. "Sustainable Development and Nuclear Power", Vienna. Karl, T.R. et al, 1997, "The Country Climate", Scientific American, 1997.
- Kartasasmita, G., 1991. "Masalah-masalah Energi Nasional dalam Pembangunan 25 Tahun Kedua", Bahan Diskusi dengan KNPI, Jakarta, 28 Agustus 1991.
- Mangunwidjaya, A., 1997. "Kebutuhan Riset Mengenai Batubara di Indonesia: Dalam Kaitan Peningkatan Pemanfaatan Batubara", Forum Komunikasi Energi, Dewan Riset Nasional, 3 Juni 1997.
- McDonald, A. 1981. "Energy in a Finite World", International Institute For Applied Systems Analysis, Luxembourg, Austria.
- Notosudiryo, E. U., 1997. "Kebijaksanaan Energi Dalam Era Keterbukaan", Workshop Sehari Jaminan Kualitas Industri Energi Dalam Rangka Mengantisipasi Pasar Bebas, Pusat Studi Energi UGM, 20 Agustus 1997.
- Piel, G., 1995. "World Wide Development on Population Explosion: Our Choice", Challenge 15, July-August 1995.
- Prayoto, 1998. "Faktor Supply-Demand dalam Pilihan Nuklir-Tidak Nuklir", Dialog PLTN, Pusat Studi Energi, Yogyakarta, 9-10 September 1998.
- Taylor, B.T., 1977. "World Energy Alternatives", Aerospace and Mechanical Sciences Department, Princeton University, Princeton.
- Repetto, R. and Jonathan L., 1997, "Planetary Roulette: Gambling with the Climate", Foreign Policy, 1997.
- Sudarsono, E., 1997. "Pemanfaatan Energi pada Era Industrialisasi", Pusat Studi Energi UGM, 29 Agustus 1997.
- White, R.M., 1990. "The Great Climate Debate", Scientific American vol.263, no. 1, July 1990.