

Peran Pendidikan Tinggi dalam Program Pengembangan SDM Ketenaganukliran

Oleh

Prayoto

Universitas Gadjah Mada

Energi Sebagai Penunjang Peradaban

Peradaban manusia sejak awal perkembangannya telah bertumpu pada pemanfaatan energi. Pengertian energi dapat dikaitkan dengan sesuatu yang diperlukan untuk melakukan kerja dan ini dapat diperoleh dari bahan bakar yang pada hakekatnya merupakan simpanan energi. Sejak zaman purba, sebelum peradaban manusia mulai berkembang, manusia sudah memanfaatkan energi dalam bentuk makanan karena makanan juga merupakan simpanan energi. Pada zaman purba, kerja dilakukan manusia dengan kerja otot, baik otot manusia sendiri maupun otot hewan. Dengan makin berkembangnya peradaban, energi bahan bakar mulai digunakan untuk memasak makanan, menghangatkan rumah, menggerakkan alat-alat pertanian, menjalankan pabrik, kendaraan, kapal, pesawat terbang dan sebagainya. Oleh karena itu dapat kita lihat perkembangan pemakaian energi yang sangat mencolok dengan berkembangnya peradaban manusia terutama dalam kurun waktu abad terakhir. Pertumbuhan pemakaian energi yang sangat mencolok ini adalah karena pertumbuhan jumlah penduduk di bumi yang meningkat secara eksponensial terutama selama abad terakhir. Disamping itu pemakaian energi per kapita juga meningkat karena peningkatan taraf hidup dan juga terdorong oleh perubahan peri 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 peri kehidupan manusia. Boleh dikatakan, peradaban manusia telah dibangun atas dasar anggapan bahwa pasti ada sumber energi yang melimpah,

Disajikan pada Pertemuan Komisi Ahli Tenaga Nuklir di Yogyakarta tanggal 14 -15 1 November 2006.

sehingga oleh karenanya kehidupan manusia sekarang sudah menjadi sangat tergantung pada kebutuhan energi ini.

Pertumbuhan Pesat Konsumsi Energi dengan Peradaban

Pada zaman purba, pemakaian energi manusia primitif satu juta tahun yang lalu hanya terbatas pada pemakaian bahan makanan saja yaitu sekitar 2000 kalori tiap orang tiap hari. Perlu dicatat bahwa jumlah penduduk di bumi satu juta tahun yang lalu baru sekitar satu juta orang saja. Sesudah manusia mulai mengembangkan kemampuan berburu sekitar 100.000 tahun yang lalu, pemakaian energi meningkat menjadi 4000 kalori. Mulai sekitar 5000 tahun sebelum Masehi (7000 tahun yang lalu) sudah mulai dikembangkan kegiatan pertanian terutama di daerah-daerah subur walaupun masih primitif. Saat itu pemakaian energi sudah mencapai 8000 kalori dalam bentuk makanan, energi untuk rumah tangga dan kegiatan bercocok tanam. Sesudah kegiatan pertanian berkembang lebih maju, terutama di daerah Eropa mulai 3500 tahun yang lalu, pemakaian energi sudah mencapai 10000 kalori untuk bahan makanan, rumah tangga, pertanian dan sedikit untuk transportasi

Mulai abad 18, di Inggris telah berkembang masyarakat industri dimana pemakaian energi telah mencapai 30000 kalori, hanya sebagian kecil untuk makanan, lebih banyak lagi yang untuk rumah tangga, industri, pertanian dan juga transportasi. Yang perlu mendapat perhatian khusus adalah bahwa pemakaian energi di masyarakat industri maju yang mulai berkembang dalam 3 dasa warsa terakhir, terutama di Amerika Utara, Eropa dan Jepang. Pemakaian energi untuk masyarakat industri maju ini telah mencapai 230000 kalori tiap orang tiap hari, hanya sebagian kecil dalam bentuk bahan makanan selebihnya kurang lebih sama besarnya untuk rumah tangga, industri dan transportasi.

Perkiraan Perkembangan Masa Depan.

Memang harus diingat bahwa ada perbedaan yang cukup besar dalam tingkat pemakaian energi per kapita antara negara-negara maju yang biasanya juga merupakan negara kaya, dengan negara-negara yang berpenghasilan rendah termasuk Indonesia. Tetapi secara umum terlihat adanya peningkatan pemakaian energi rata-rata secara global. Peningkatan pemakaian energi per kapita ini masih harus dilihat bersama dengan peningkatan jumlah penduduk secara global pula yang telah berlangsung

Disajikan pada Pertemuan Komisi Ahli Tenaga Nuklir di Yogyakarta tanggal 14 -15 2 November 2006.

secara eksponensial. 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 menjadi 1 milyar, awal abad 18 menjadi 1,5 milyar, pada tahun 1975 telah menjadi 4 milyar, dan pada tahun 2000 yang lalu telah menjadi 6 milyar. Perkiraan optimistik akan menjadi 8 milyar tahun 2025. Kajian-kajian yang dilakukan PBB pada tahun 1990 memperkirakan populasi bumi akan mencapai 10 milyar pada 2100 dan dapat mencapai antara 15 dan 28 milyar pada tahun 2150.

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

Gambaran kedepan ini mengharuskan kita untuk memikirkan pemanfaatan sumber daya energi yang masih tersedia dan jenis teknologi yang akan diperlukan atau harus dikembangkan untuk ini. Perlu dicatat bahwa dalam kurun waktu abad 21 ini, banyak negara berkembang yang pada umumnya juga negara miskin yang padat penduduknya, masih akan berusaha keras untuk mengejar ketertinggalannya dari negara maju, dengan akibat ikutannya yaitu peningkatan tingkat pemakaian energi secara global. Skenario peningkatan pemakaian energi dan kebutuhan pengembangan teknologi untuk jangka waktu 50 tahun kedepan kiranya sangat perlu dipikirkan untuk mengusahakan terjaminnya penyediaan energi secara berkesinambungan untuk masa mendatang.

Tantangan bagi Indonesia

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 seperti digambarkan

Disajikan pada Pertemuan Komisi Ahli Tenaga Nuklir di Yogyakarta tanggal 14 -15 3 November 2006.

diatas, masalah teknologi, serta masalah-masalah ikutan lainnya seperti dampak pemakaian energi secara besar-besaran terhadap kelestarian lingkungan, masalah keselamatan, ketimpangan antara kebutuhan dan pemenuhannya, dan sebagainya. Bumi Indonesia memang dianugerahi dengan sumber daya alam energi yang cukup, tetapi bukannya sangat melimpah, bahkan harus dikatakan terbatas. Disamping itu, pemanfaatan sumber daya alam energi bukannya mudah, juga tidak murah dan tidak sedikit permasalahannya.

Bentuk sumber daya alam energi yang selama ini diandalkan adalah sumber daya alam energi fosil yaitu minyak bumi, batubara dan gas bumi. Yang paling populer adalah minyak bumi karena bentuknya yang paling mudah digunakan. Perlu diingat bahwa semua sumber daya alam energi fosil merupakan hasil proses yang terjadi 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 terakhir, sehingga berapapun besarnya cadangan yang tersedia di bumi, kalau dimanfaatkan secara terus-menerus pada saatnya akan habis juga. Indonesia hanya memiliki sumber daya alam energi yang relatif kecil saja, yaitu sekitar 1 % cadangan minyak bumi dunia dan sekitar 0,37 % cadangan batu bara dunia.

Di Indonesia, sejak lama minyak bumi merupakan bahan energi utama untuk pembangkitan energi listrik, walaupun peranannya secara bertahap mulai digantikan oleh batubara. Yang menjadi masalah dengan pemakaian bahan energi batubara adalah bahwa batubara merupakan bahan energi yang kotor, mahal penambangannya, mahal biaya pengangkutannya, dan apabila dibakar akan menghasilkan gas-gas hasil pembakaran yang akan mencemari lingkungan. Walaupun demikian, minyak bumi dan batu bara selama ini tetap akan merupakan sumber energi utama untuk pembangkitan energi listrik secara besar-besaran, terutama di Pulau Jawa dan Bali dimana sudah terpasang jaringan interkoneksi listrik yang terpadu. Pada jaringan ini sudah terpasang kapasitas jaringan lebih dari 10000 MW. Pada ukuran kapasitas jaringan sebesar ini, maka dari pertimbangan segi teknis dan ekonomis, sudah diperlukan penambahan unit-unit pembangkit listrik yang berukuran 600 MW keatas. Perlu juga diingat bahwa pada ukuran unit pembangkit sebesar ini, maka pada tingkat pengembangan teknologi yang sudah tercapai saat ini, hanyalah unit pembangkit yang menggunakan bahan energi fosil, yaitu minyak bumi, batu bara dan gas bumi dan juga bahan bakar nuklir fisil saja yang masih mempunyai kemampuan.

Disajikan pada Pertemuan Komisi Ahli Tenaga Nuklir di Yogyakarta tanggal 14 -15 4 November 2006.

Program pembangkitan energi listrik secara besar-besaran sangat erat kaitannya dengan upaya menunjang 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 merupakan salah satu tolok ukur yang sangat korelatif dengan tingkat peradaban manusia di dunia. Makin maju suatu bangsa, makin tinggi tingkat kesejahteraannya, akan makin tinggi pula tingkat konsumsi energi listriknya. Sebaliknya, makin terbelakang suatu bangsa, juga makin rendah tingkat kesejahteraannya, akan makin rendah pula tingkat konsumsi listriknya. Dari segi ini, Indonesia masih harus sangat prihatin, karena masih tergolong terbelakang dibanding bangsa-bangsa lain, bahkan dibanding sesama negara berkembang sekalipun. Kadang-kadang kita masih bisa berkalah, kalau dari segi konsumsi listrik per kapita kita pasti kalah dari negara lain karena jumlah penduduk Indonesia sangat besar. Itu memang benar, tetapi jangan dilupakan bahwa konsumsi energi listrik kita juga lebih rendah dari India padahal penduduk India hampir lima kali penduduk Indonesia, juga hanya setengahnya Cina padahal penduduk Cina enam kali lebih besar dari Indonesia. Angka konsumsi listrik per kapita itu masih harus dilihat dari segi pemerataan pemakaian energi listrik di Indonesia yang baru mencapai 54 % dari jumlah desa yang telah mendapat aliran listrik. Angka ini untuk Malaysia dan Filipina sudah hampir mencapai 100 %.

Peranan bahan energi nuklir.

Dengan makin susutnya bahan energi minyak bumi, mau tidak mau secara bertahap kita harus beralih ke bahan bakar batu bara dan gas bumi. Pemakaian bahan bakar batu bara akan menimbulkan dampak pencemaran lingkungan yang cukup berat. Pemanfaatan gas bumi dapat saja ditempuh tetapi harus diingat bahwa cadangan gas bumi sama saja terbatasnya dengan minyak bumi dan pemanfaatannya memerlukan dukungan sarana dan prasarana yang sangat mahal, disamping nilainya yang sangat tinggi sebagai bahan ekspor untuk menghasilkan devisa. Pilihan satu-satunya yang masih tersedia saat ini, khususnya untuk pembangkitan energi listrik secara besar-besaran, tinggal energi nuklir. Perlu diingat bahwa pemanfaatan energi nuklir masih dianggap mengandung masalah keselamatan, khususnya masalah sampah radioaktif yang belum bisa diatasi sepenuhnya, sehingga selalu menghadapi tantangan dari segi penerimaan publik. Disamping itu,

Disajikan pada Pertemuan Komisi Ahli Tenaga Nuklir di Yogyakarta tanggal 14 -15 5 November 2006.

sifatnya yang sangat padat teknologi dan padat modal, akan memerlukan pemecahan tersendiri bagi negara seperti Indonesia yang sumber dayanya sangat terbatas.

Dengan gambaran kebutuhan energi dan pemenuhannya seperti diuraikan diatas, tampaknya pemanfaatan energi nuklir untuk pembangkitan listrik secara besar-besaran sudah merupakan keharusan, kalau tidak harus dikatakan keterpaksaan. Dapat saja diupayakan pemanfaatan sumber energi alternatif lainnya terutama yang sifatnya terbarukan seperti tenaga panas bumi, tenaga angin, tenaga surya, tenaga air, tenaga gelombang, pasang surut, biomasa, dan sebagainya. Harus diingat bahwa sumber-sumber energi alternatif inipun mempunyai ciri-ciri dan batas-batas kemampuannya sendiri dan hanya cocok untuk pemenuhan kebutuhan energi di daerah-daerah terpencil yang belum terjangkau oleh jaringan listrik komersial. Disamping itu, pemanfaatannya bukannya murah dan bebas dari permasalahan. Namun, dari segi pemberdayaan sumber daya energi, setiap jenis sumber energi, baik yang terbarukan maupun yang tak terbarukan, perlu dimanfaatkan sejauh batas-batas kemungkinan yang ada dalam upaya peningkatan taraf hidup rakyat.

Peranan Perguruan Tinggi dalam Program Pengembangan SDM Kenukliran

Pembangkitan energi listrik dari bahan energi nuklir masih banyak memerlukan persiapan dan pertimbangan yang matang. Pertama sifatnya yang padat modal dan padat teknologi tinggi, akan mengharuskan Indonesia untuk mengandalkan bantuan dari negara lain baik dari segi pembiayaan, pelaksanaan pembangunannya dan dukungan teknologinya. Kiranya tidak mungkin mengharapkan kemampuan industri dalam negeri untuk menunjang program teknologi maju dan canggih ini. Juga tidak mungkin mengembangkan industri kenukliran khusus tanpa mengangkat seluruh prasarana perindustrian dasar lainnya yang saat ini kemampuannya masih sangat terbatas. Hal ini akan merupakan proposisi yang amat mahal dan tidak mungkin dilaksanakan dalam waktu singkat.

Dukungan dari sumber daya manusia kenukliran kiranya tidak akan merupakan masalah yang cukup berarti. Program ketenagaan listrik nuklir yang akan dilaksanakan pasti akan terbatas sifatnya, terutama mengingat kendala kemampuan pembiayaannya. Perkiraanya tidak mungkin untuk melaksanakan pembangunan lebih dari 10 PLTN dalam kurun waktu 10 - 15

Disajikan pada Pertemuan Komisi Ahli Tenaga Nuklir di Yogyakarta tanggal 14 -15 6 November 2006.

tahun mendatang. Kalau tiap unit PLTN memerlukan dukungan tenaga sarjana sekitar 70 – 80 orang, berarti hanya akan diperlukan dukungan tenaga sarjana sekitar 700 – 800 orang saja. Dan tidak seluruh tenaga teknik pendukung ini harus merupakan tenaga teknik nuklir. Sifat-sifat operasi PLTN tidak begitu berbeda dengan unit-unit pembangkit konvensional yang besar-besar yang di Indonesia sudah cukup banyak jumlahnya. Perbedaannya hanya pada bagian reaktor nuklirnya saja sebagai unit pembangkitan panas, yaitu *nuclear island*, selebihnya tidak begitu berbeda dengan pusat-pusat listrik konvensional yang besar lainnya.

Oleh karena itu, dalam kerangka pengembangan program kelistrikan nuklir ini, rasanya tidak perlu memikirkan pembukaan program pendidikan teknik nuklir khusus di perguruan tinggi. Sarjana-sarjana teknik yang sudah mendapatkan pendidikan dasar keteknikan umum yang solid, seperti teknik mesin, listrik, kimia, dengan mudah dapat dipersiapkan sebagai pendukung program kelistrikan nuklir. Untuk ini mereka perlu mendapatkan pelatihan tambahan khusus dalam bidang teknik reaktor, instrumentasi reaktor, pengendalian reaktor, fisika radiasi, fisika kesehatan dan sebagainya.

Kesimpulan

Program peningkatan taraf hidup rakyat tidak akan terlepas dari program pembangkitan energi listrik secara besar-besaran untuk mendukung program modernisasi dan industrialisasi, yang merupakan syarat mutlak untuk suatu negara maju yang sejahtera. Ketersediaan sumber daya energi yang ada di Indonesia saat ini masih mengandalkan bahan energi minyak bumi yang cadangannya makin menipis. Secara bertahap harus dialihkan ke pemakaian bahan energi batubara dan gas bumi, tetapi perlu diingat bahwa cadangan gas bumi hampir sama terbatasnya dengan minyak bumi. Program pembangkitan energi listrik secara besar-besaran oleh karenanya harus memanfaatkan semua bentuk sumber energi yang ada terutama yang sifatnya terbarukan seperti panas bumi, tenaga air, tenaga angin, tenaga surya, tenaga gelombang, pasang surut, biomasaa dan sebagainya. Harus diingat bahwa sumber-sumber energi alternatif ini mempunyai ciri-ciri dan batas-batas kemampuannya sendiri dan hanya cocok untuk memenuhi kebutuhan energi di daerah-daerah terpencil yang belum terjangkau oleh jaringan listrik komersial. Juga harus diingat bahwa pemanfaatannya bukannya mudah dan murah dan bebas dari permasalahan. Namun dari segi pemberdayaan sumber daya energi, baik yang terbarukan maupun yang tak terbarukan perlu dimanfaatkan sejauh kemungkinan yang ada dalam upaya peningkatan taraf

Disajikan pada Pertemuan Komisi Ahli Tenaga Nuklir di Yogyakarta tanggal 14 -15 7 November 2006.

hidup rakyat. Satu-satunya sumber energi alternatif yang bekemampuan besar dan cocok untuk diintegrasikan kedalam jaringan interkoneksi Jawa-Bali adalah PLTN.

Pemanfaatan energi nuklir untuk pembangkitan listrik secara besar-besaran tampaknya merupakan keharusan, kalau tidak harus dikatakan sebagai keterpaksaan, karena sudah tidak ada alternatif yang lain. Walaupun demikian, pelaksanaannya di Indonesia pasti terbatas sifatnya terutama karena kendala kemampuan pembiayaannya. Disamping itu, karena sifatnya yang padat teknologi dan padat modal, pelaksanaannya pasti hanya mungkin kalau ada dukungan kerjasama dengan negara-negara lain yang lebih maju dan lebih kaya.

Kendala dari segi SDM ketenaganukliran kiranya tidak akan menjadi masalah, karena pengoperasian suatu PLTN tidak begitu berbeda dengan pusat-pusat listrik konvensional yang besar-besar (600 MW) yang di Indonesia sudah cukup banyak jumlahnya. Perbedaannya hanya terletak pada bagian reaktor nuklirnya saja sebagai sumber pembangkit pangs. Untuk mendukung program kelistrikan nuklir, kiranya tidak perlu untuk membuka program pendidikan keteknikan nuklir khusus di perguruan tinggi, karena hal ini tidak mungkin dilakukan tanpa dukungan sektor industri, sektor swasta dan sektor ekonomi. Kebutuhan SDM keteknikan nuklir cukup mengandalkan lulusan perguruan tinggi yang telah mendapatkan dasar keteknikan umum yang solid dari bidang-bidang teknik, listrik, mesin, kimia maupun bidang-bidang sains fisika dan kimia. Sarjana sains dan teknik umum yang berkualitas dengan mudah dapat beradaptasi dengan tuntutan kecanggihan bidang keteknikan nuklir dengan diberikan pelatihan tambahan dalam teknik reaktor, pengendalian reaktor, instrumentasi reaktor, fisika radiasi dan fisika kesehatan. Pelatihan tambahan ini bisa diatur sebagai bagian dari kontrak pembelian PLTN dari vendornya.

Disajikan pada Pertemuan Komisi Ahli Tenaga Nuklir di Yogyakarta tanggal 14 -15 8 November 2006.