

PERTIMBANGAN TEKNO-EKONOMI DALAM PERENCANAAN SISTEM PEMBANGKITAN

Edwaren Liun¹

Abstrak:

Sistem pembangkitan mempunyai aspek keandalan dan ekonomi yang sangat penting untuk dipertimbangkan. Kedua aspek sangat terkait dengan masalah teknik dan biaya yang harus dikelola, dan mengandung konsekuensi yang bersifat finansial. Daya saing ekonomi dari suatu jenis unit pembangkit maupun efisiensi sistem secara keseluruhan sangat terpengaruh oleh kecermatan pengaturannya didalam sistem. Masing-masing unit didalam sistem mempunyai karakteristik kinerja dan aspek biaya produksi energi yang berbeda, sehingga harus ditempatkan pada posisi pembebanan dan durasi tertentu di dalam sistem.

Abstract

Generating system have reliability and economic aspect of important consideration. Both aspects are closely related with the managed technical problems and the cost, and having a consequence of transitional nature. Economic competitiveness of a certain plant unit and also the overall system efficiency are much affected by the management inside the system. Each unit inside the system has different aspects of performance characteristic and energy production cost in such a way that the unit should be positioned at a certain loading and duration in the system.

¹ Pusat Pengkajian Energi Nuklir, BATAN

1 PENDAHULUAN

Berbagai aspek studi pembangkitan listrik memerlukan pertimbangan yang sistematis untuk produksi energi dari unit-unit pembangkitan. Introduksi unit-unit baru kedalam sistem yang ada akan berpengaruh terhadap kinerja dan biaya energi. Atas pertimbangan tersebut diatas, lingkup perencanaan sistem tenaga listrik dikelompokkan menjadi kajian-kajian atas: ramalan beban, didasarkan pertumbuhan yang berkaitan dengan makro-ekonomi; masalah investasi dan analisis ekonomi; perencanaan pembangkitan; perencanaan penyaluran (transmisi); dan perencanaan distribusi.

Dalam hal perencanaan sistem tenaga listrik, penetapan sasaran berwujud penyusunan ramalan beban, termasuk di dalamnya sasaran penjualan kWh, dan sasaran jumlah sambungan. Sedang penyusunan rencana dalam perencanaan sistem tenaga listrik meliputi perencanaan sarana pembangkit, transmisi dan distribusinya. Selanjutnya pengambilan keputusan dilakukan untuk memilih dan memutuskan yang terbaik dari alternatif-alternatif rencana. Rangkaian tersebut menunjukkan bahwa kegiatan perencanaan merupakan kegiatan awal dari manajemen. Karenanya kegiatan perencanaan juga merupakan pendorong dan motivator dari kegiatan berikutnya. Ini berarti bahwa ketepatan pada tahap perencanaan akan memudahkan pada tahapan berikutnya.

Tulisan ini bertujuan untuk memperkenalkan dan membahas faktor-faktor yang berpengaruh terhadap produksi energi dari unit-unit yang terintegrasi ke dalam sistem listrik.

2 KEANDALAN SISTEM

Keandalan sangat penting dalam perencanaan pengembangan sistem jangka panjang. Konsep keandalan diperlukan untuk menetapkan tingkat keandalan yang ditargetkan. Berbagai kriteria keandalan telah diterapkan secara tradisional sebagai ukuran dalam model-model pengembangan kapasitas jangka panjang dengan mengoptimasi tujuan ekonominya. Misalnya meminimumkan discounted system costs terhadap kriteria keandalan yang ditetapkan.

Indeks keandalan didefinisikan sebagai ukuran kuantitatif atas beberapa aspek yang terkait dengan kinerja sistem. Indeks tersebut dapat berlaku terhadap sistem secara keseluruhan mulai dari pembangkitan, penyaluran, distribusi hingga akhirnya sampai ke pemakai; atau hanya suatu bagian saja, seperti pada pembangkit. Indeks yang terakhir inilah yang didefinisikan di dalam tulisan ini, yang mana hanya ukuran keandalan sistem pembangkitan dengan mengecualikan sistem transmisi dan distribusinya.

2.1 Reserve margin (RM)

Reserve margin adalah ukuran kapasitas pembangkitan yang tersedia di atas yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan beban dan didefinisikan sebagai perbedaan antara kapasitas pembangkit total yang tersedia dan beban puncak tahunan dibagi dengan beban

puncak tersebut. Angka reserve margin tersebut dinyatakan dalam persen (fraksi). Misalnya jika kapasitas terpasang adalah 11500 MW(e) sedangkan beban puncak 10000 MW(e), maka reserve marginnya adalah 15%. Ada bermacam-macam kriteria cadangan yang umum dipakai, tetapi secara umum kriteria cadangan adalah suatu ukuran kecukupan (*sufficiency*) kapasitas pembangkitan terhadap beban puncak yang dilayaninya. Ukuran kecukupan ini sangat subjektif karena sangat tergantung kepada pola pikir perencananya atau kebijakan perusahaan, disamping juga ditentukan oleh dampak yang sudah diperhitungkan apabila oleh sesuatu hal terjadi kekurangan daya pembangkitan. Pada dasarnya kriteria cadangan dapat dibedakan dalam dua kelompok, yaitu:

1) Metode deterministik.

- a. Cadangan dalam MW.
- b. Cadangan dalam %.
- c. Cadangan yang ditentukan dengan menggunakan kapasitas terbesar tidak beroperasi, dan, sebagainya.

2) Metode probabilistik. Metode ini menggunakan konsep *Loss of Load Probability* (LOLP).

Pada kriteria cadangan 1.a., besar cadangan dalam MW ditentukan terlebih dahulu, kemudian pada setiap tahun dihitung cadangan MW kapasitas terpasang beban puncak. Apabila pada tahun tertentu cadangan MW tersebut lebih kecil daripada kriteria yang telah ditentukan, maka diperlukan adanya tambahan unit pembangkit pada tahun yang bersangkutan.

Pada kriteria cadangan 1.b., besar cadangan dalam % ditentukan terlebih dahulu, kemudian pada setiap tahun yang direncanakan, dihitung

$$\text{Cadangan [\%]} = \frac{\text{kapasitas terpasang} - \text{beban puncak}}{\text{beban puncak}} \times 100\%$$

Apabila pada tahun tertentu cadangan (%) tersebut lebih kecil daripada kriteria yang telah ditentukan, maka diperlukan adanya tambahan unit pembangkit pada tahun yang bersangkutan. Pada kriteria cadangan 1.c., cadangan sama dengan kapasitas pada unit terbesar yang ada pada sistem pembangkitan. Apabila kapasitas terpasang beban puncak pada tahun tertentu lebih kecil dari unit terbesar yang ada pada tahun tersebut maka saat itu diperlukan adanya tambahan unit pembangkit baru.

Cara-cara perhitungan daya cadangan dengan metode probabilistik akan memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan metode deterministic, karena:

1. Memberikan ukuran kecukupan/keandalan yang selalu berlaku pada setiap tahap perkembangan sistem.
2. Tidak tergantung pada besar kecilnya sistem. Pada metode deterministik misalnya, kriteria cadangan (%) lebih cocok untuk sistem besar dibandingkan dengan kriteria cadangan

dengan unit terbesar. Di samping keuntungan-keuntungan tersebut metode probabilistik ini mempunyai kerugian karena cara perhitungannya yang lebih sulit dan rumit dibandingkan dengan metode deterministik sehingga harus menggunakan komputer.

2.2 Largest unit (LU)

Kehilangan unit terbesar merupakan diukur berdasarkan persentase, dan akan menggambarkan pengaruh ukuran unit pada permintaan atas cadangan. Metode LU membandingkan kekurangan kapasitas terpasang dengan unit-unit terpasang terbesar di dalam sistem. Penentuan pengaruhnya yang berhubungan dengan reserve margin dilakukan dengan pengenalan dampak secara eksplisit atas suatu unit yang *outage*: yaitu lepasnya unit terbesar. Misalnya cadangan 1500 pada waktu beban puncak (kapasitas tersedia dikurangi beban puncak) untuk sistem dengan dua unit besar 1000 MW dinyatakan sebagai mempunyai unit terbesar ditambah dengan setengah unit 1000 MW(e) kedua. Karena unit ditambahkan ke dalam sistem, persen cadangan untuk sistem ini menjadi bertambah.

2.3 Tahun kering

Sistem yang didominasi oleh hidro didefinisikan berdasarkan waktu suplai yang dibutuhkan selama suatu tahun yang ketersediaan tenaga airnya dalam keadaan buruk. Namun hal ini bukanlah indeks nyata tetapi agak merupakan kriteria. Tahun kering dapat didefinisikan sebagai tahun paling kering berdasarkan informasi statistik yang tersedia, atau suatu tahun yang berkaitan dengan probabilitas kumulatif tertentu. Bila sistem dengan waduk pengaturan antar-tahun, periode kritis tidak akan didefinisikan sebagai satu tahun, tetapi sebagai lanjutan tahun atau kasus lain. Di sini tahun kering harus dikaitkan dengan kriteria operasi waduk.

2.4 Loss of Load probability (LOLP)

Loss of load probability adalah probabilitas dari suatu sistem pembangkitan berada pada kondisi dimana kapasitas pembangkitan yang tersedia lebih kecil daripada beban yang dilayaninya. Sebagai indeks keandalan, LOLP menunjukkan probabilitas dimana sebagian dari beban tidak terpenuhi oleh kapasitas pembangkitan yang tersedia. Lebih khusus LOLP didefinisikan sebagai bagian hari pertahun atau jam per tahun bilamana kapasitas pembangkitan tidak mencukupi untuk melayani beban harian. Di dalam membuat perhitungan LOLP, pertama-tama harus dibuat dahulu jadwal perawatan unit-unit pembangkit yang ada, sehingga pada tiap periode dapat diketahui unit-unit pembangkitan yang tersedia (*available generation*) dan hanya unit-unit yang tersedia inilah yang diperhitungkan didalam perhitungan LOLP pada periode yang bersangkutan. LOLP dinyatakan sebagai perbandingan waktu; misalnya 1 hari per tahun, yang sama dengan probabilita 0,00274 (atau 1/365).

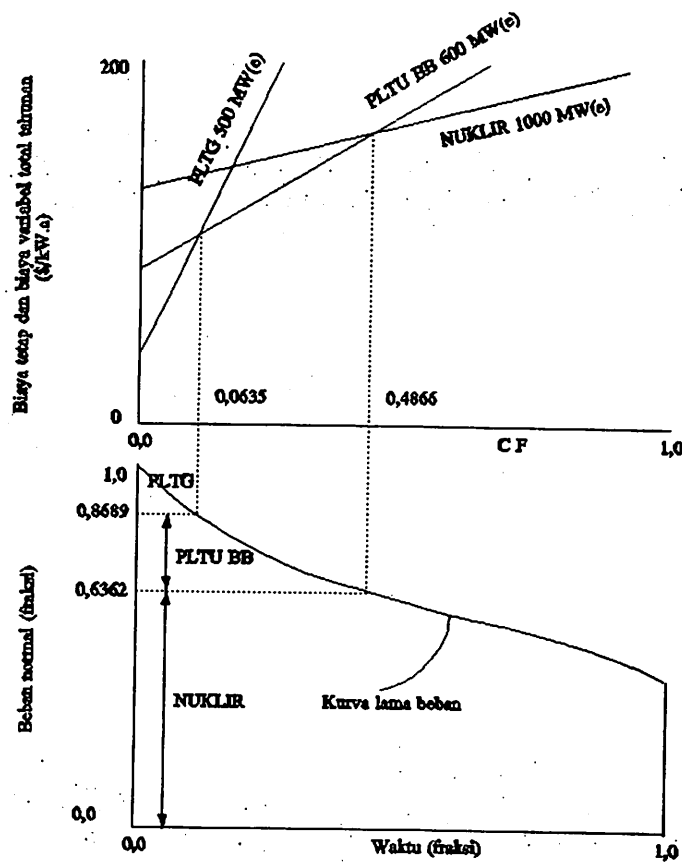
3.4 Spinning reserve

Spinning reserve didefinisikan sebagai kapasitas pembangkitan cadangan yang dapat menyuplai daya dalam beberapa detik karena adanya penambahan beban yang tiba-tiba atau kegagalan unit-unit lain yang sedang operasi. Pembangkit termal biasanya diperlukan dalam bentuk unit cadangan panas karena unit ini membutuhkan waktu dari mula dihidupkan hingga mencapai daya penuh dan proses sinkronisasinya. Sedangkan generator turbin air tidak perlu sebagai *spinning reserve* untuk keadaan darurat demikian, karena kemampuannya yang dapat dipandang sebagai *equivalent spinning reserve*.

3.5 Loading order

Loading order adalah penggolongan peringkat unit dan blok unit untuk mengirim daya sesuai karakteristik kurva beban dengan mengacu kepada biaya pembangkitan minimum, namun tetap dapat memenuhi semua permintaan daya dan persyaratan operasi. Dalam hal ini biaya variabel perlu diperhatikan, yaitu biaya akibat bahan bakar dan biaya operasi dan perawatan. Sedangkan biaya tetap tidak terpengaruh oleh beban unit. Biaya variabel dinyatakan dalam \$/kWh, yang akan menentukan peringkat unit pembangkitan. Makin besar biaya variabel makin kecil lama pembangkitan. Untuk menggambarkan hubungan antara biaya variabel dengan pembebanan masing-masing unit (*loading order*) dapat digunakan *screening curve*. Dengan memproyeksikan *screening curve* ke kurva lama lama beban (LDC) dapat dilakukan pendekatan untuk mengoptimalkan perpaduan berbagai jenis teknologi pembangkitan. Metode *screening curve* menyatakan biaya produksi energi untuk sebuah unit, meliputi pengeluaran untuk biaya modal dan biaya pembangkitan sebagai fungsi dari faktor kapasitas selama periode bunga berjalan, dimana:

$$\text{Biaya total} = (\text{biaya tetap tahunan}) + (\text{biaya variabel} \times \text{faktor kapasitas} \times \text{jumlah jam setahun})$$



Gambar 2. Pembebanan berdasarkan 'screening curve'

Besarnya beban sistem dan laju perubahan beban sangat penting dalam menentukan produksi energi oleh unit-unit di dalam sistem. Posisi dari unit tertentu di dalam *loading order* akan menentukan seberapa cepat ia akan dipanggil diantara unit-unit yang lain.

3.7 Karakteristik unit-unit pembangkit

Parameter kunci yang relevan dengan unit pembangkitan meliputi ukuran unit dan ketentuan ketersediaan unit. Seperti disebutkan di muka bahwa unsur-unsur FOR, waktu perbaikan dan perawatan yang dijadwalkan merupakan parameter-parameter yang terkait dengan karakteristik unit. Jika unit benar-benar andal (tidak ada *outage* yang tidak dijadwalkan), maka tidak akan diperlukan analisis keandalan sistem. Namun demikian unit-unit pembangkit yang sebenarnya mempunyai angka probabilitas kegagalan di luar jadwal, yang di dalam kajian ini dimasukkan sebagai angka semu. Angka tipikal untuk FOR berkisar antara 3% dan 25%, tergantung pada teknologi pembangkitan, ukuran unit, dan umur pembangkit. Hal ini penting

dalam analisis keandalan untuk mengetahui bahwa ukuran unit berpengaruh secara langsung terhadap FOR pada keandalan keseluruhan sistem. Sebagai contoh, sebuah unit tunggal 1000 MW(e) dengan FOR 10% tidak akan menghasilkan kinerja yang sama dengan 10 unit yang masing-masing berukuran 100 MW dengan FOR yang juga 10%. Meskipun kapasitas tersedia yang diharapkan terhadap kedua kasus tersebut sama sebesar 900 MW(e), namun distribusi kapasitasnya sangat berbeda. Dalam hal unit tunggal ada probabilitas (sebesar 10%) daya 1000 MW(e) yang tidak tersedia untuk waktu yang diberikan. Sebaliknya pada unit jamak, probabilitas ketidak-tersediaan tersebut dapat diabaikan (sebesar 1×10^{-10}) untuk ke sepuluh unit tersebut padam paksa pada suatu waktu pelayanan tertentu. Dengan demikian ukuran unit mempunyai pengaruh langsung terhadap keandalan sistem.

3.8 Karakteristik sistem

Karakteristik sistem mempunyai pengaruh yang sangat berarti terhadap keandalan keseluruhan. Jadwal pemeliharaan, *fuel mix*, *spinning reserve*, kemampuan mengikuti beban dan interkoneksi kesemuanya berpengaruh terhadap keandalan sistem. Dalam sistem terintegrasi kebutuhan perawatan untuk semua unit harus dijadwalkan dengan cermat untuk memperkecil dampaknya terhadap keandalan dan biaya produksi. Penjadwalan perawatan unit termal didasarkan pada siklus beban sistem. Jika ada beban puncak musiman, dilakukan upaya untuk menghindari jadwal perawatan selama waktu tersebut agar lebih banyak unit siap-layan yang tersedia.

Referensi:

- 1) **Wien Automatic System Planning Package, A Computer Code for Power Generating System Expansion Planning, Version WASP-III Plus User's Manual Volum 1, International Atomic Agency (1995)**
- 2) **Wien Automatic System Planning Package, A Computer Code for Power Generating System Expansion Planning, Version WASP-III Plus User's Manual Volum 2, International Atomic Energy Agency (1995)**
- 3) **Introduction Nuclear Power Plants into Electrical Power Systems of Limited Capacity: Problems and Remedial Measures, Technical Report Series No.271, International Atomic Energy Agency, Vienna (1987)**
- 4) **I. ELWAN, et al, Methodology for Determination of Long-Run Marginal Costs of Electrical Generation, Experience with the Agency's WASP for Nuclear Power Planning in Developing Countries (Proceeding), IAEA-TECDOC-364, A Technical Document issued by the International Atomic Energy Agency, Vienna (1986)**
- 5) **Expansion Planning for Electrical Generating Systems, A Guidebook, Technical Reports Series No.241, International Atomic Energy Agency, Vienna (1984)**
- 6) **P. NORDLUND, et al, Generation Expansion Planning for Systems with a high share of hydro power, Experience with the Agency's WASP for Nuclear Power Planning in Developing Countries (Proceeding), IAEA-TECDOC-364, A Technical Document issued by the International Atomic Energy Agency, Vienna (1986)**
- 7) **Policy Planning for Nuclear Power: An Review of the Main Issues and Requirements, IAEA, Vienne (1993).**