

## LOKASI PLTN DITINJAU DARI SEGI EKONOMI DAN TEKNIK PERLISTRIKAN

Disampaikan oleh :

Ir. Soehirno

Direktorat Perancangan PLN Pusat.

### 1. PENDAHULUAN

Ada dua faktor penting yang mempengaruhi pemilihan lokasi (site) untuk PLTN, yaitu faktor ekonomi dan faktor keamanan/keselamatan.

Pada dasarnya pertimbangan ekonomi didalam pemilihan lokasi PLTN, sama dengan yang untuk pusat2 listrik lainnya di dalam hal ini dengan PLTU yang konvensional.

Perbedaannya ialah, oleh karena dengan PLTN kita harus mendesign suatu sistim kelistrikan yang lebih dapat diandalkan (reliable) demi untuk kepentingan keamanan PLTN sendiri maupun keseluruhan sistim kelistrikan, maka faktor ini pada akhirnya dapat membawa kita untuk menentukan lokasi lain yang kemungkinan lebih mahal dari pada bila kita akan meletakkan PLTU biasa.

Adapun pertimbangan2 ekonomis yang mempengaruhi pemilihan lokasi PLTU biasa, yang sedikitnya berlaku juga untuk PLTN, pada hakekatnya adalah

- Lokasi pusat listrik hendaknya dekat dengan beban dan/atau dekat dengan gardu induk besar agar saluran transmisi dan kabel2 untuk menyalurkan tenaga dari PLTN menjadi tidak panjang, dengan demikian biaya investasi dan biaya operasi & pemeliharaan menjadi rendah.
- Tanah harus mempunyai dasar yang kuat. Hal ini akan sangat berpengaruh pada biaya dan waktu untuk mempersiapkan dasar fundasi pada lokasi yang bersangkutan (site preparation).

Sebagai contoh tanah di sepanjang pantai utara pulau Jawa pada umumnya lunak, sehingga untuk membangun PLTU dibutuhkan tiang2 pancang sampai 50 meter dalamnya. Bahkan banyak di antaranya yang terdiri dari rawa2 sehingga dibutuhkan biaya serta waktu yang banyak untuk penimbunan tanah (site filling) sebelumnya.

- Penyediaan air bersih harus cukup. Bila tidak diketemukan sumber air tawar dari telaga atau sungai yang besar dan bersih, maka diusahakan dari air laut yang tentunya memakan biaya yang lebih besar untuk water treatment. Bila lautnya dangkal, maka dibutuhkan usaha dan biaya tambahan untuk membuat pier yang menjorok ke laut.
- Infra struktur, yaitu jalan2 darat dan/atau laut yang menuju ke lokasi yang bersangkutan, hendaknya sudah ada dan memenuhi syarat untuk pengangkutan alat2 yang besar dan berat.
- Tanah lapang untuk keperluan2 selama membangun (construction space) harus ada; gunanya untuk gudang2, penyimpanan material, tempat kerja untuk menyiapkan barang2 dari beton, bengkel2 las dsb.
- Tanah yang masih kosong sebaiknya ada guna kemungkinan perluasan, baik untuk power house-nya, maupun untuk switchyard di kemudian hari. Khusus bagi kebiasaan di Indonesia ditambah masalah penyediaan rumah2 dinas bahkan kompleks perumahan.
- Masalah ganti rugi tanah maupun pemindahan penduduk hendaknya biayanya tidak terlalu tinggi.

Masih didalam rangka pertimbangan ekonomi, maka tanah yang telah kita pilih hendaknya dipergunakan se-ekonomis mungkin. Untuk itu maka perlu dipergunakan unit pembangkit yang besar sehingga dicapai perbandingan MW terpasang per m<sup>2</sup> yang tinggi. Dengan demikian kita membutuhkan tanah yang kuat dan stabil.

Pemilihan unit yang besar bukan saja menguntungkan didalam penggunaan luas tanah, tetapi juga menguntungkan didalam segi investasi kapital, penggunaan tenaga manusia per MW terpasang, maupun juga didalam segi operasional penyediaan tenaga listrik dari PLTN.

Dengan demikian persyaratan mengenai kekuatan tanah menjadi sangat penting untuk pertimbangan ekonomi.

Adapun pertimbangan2 keamanan dan keselamatan pada dasarnya adalah bahwa pengaruh2 terhadap manusia akibat adanya radiasi, harus sekecil mungkin, baik pada waktu keadaan normal PLTN, maupun pada keadaan gangguan yang paling berat. Menurut pengetahuan kami mengenai masalah tersebut, sudah ada ketentuan2/peraturan2-nya yang diikuti secara internasional, antara lain menurut USAEC 10CFR100 (Title 10 Code of Federal Relation, Part 100), dimana menyangkut masalah2 :

- pembagian kependudukan
- tata guna tanah
- meteorologi
- seismologi
- hidrologi dan hidrografi
- typhon, tides
- dsb.

## 2. KEADAAN KELISTRIKAN

Di atas telah disebutkan bahwa dengan PLTN kita harus lebih mengutamakan faktor keandalan (reability) didalam segi operasional kelistrikan, hal mana akan berpengaruh terhadap pemilihan lokasi PLTN.

Sebagaimana lazimnya untuk melayani kebutuhan listrik kepada masyarakat dengan cara sebaik-baiknya, maka pusat listrik selalu dihubungkan dengan sistim jaringan tenaga listrik. Di sini kita melihat adanya dua fihak, yaitu pusat listrik yang di dalam hal ini adalah PLTN, dan fihak lain yaitu sistim jaringan tenaga listrik yang terdiri dari pusat2 listrik lainnya, jaringan transmisi, gardu2 induk, jaringan distribusi dan para konsumen atau beban. Kedua belah fihak harus dapat bekerja sama sebaik2-nya, saling menguntungkan dan tidak saling mengganggu. Dengan demikian maka kita perlu menghubungkan ke dua fihak tersebut sebaik2-nya dengan memperhitungkan sifat2, kelebihan2 serta kekurangan2 fihak masing2. Secara singkat dapat dirumuskan sebagai berikut :

- a. PLTN harus bisa menyediakan tenaga listrik yang dibutuhkan; bersama-sama dengan pusat2 listrik lain dia harus dapat mengikuti naik turunnya muatan listrik setiap saat.
- b. Sistim jaringan harus mempunyai cadangan tenaga cukup besar agar mampu menghadapi keadaan dimana PLTN tidak berfungsi, baik pada sa'at gangguan (forced outage) maupun pada sa'at2 diadakannya pemeliharaan atau pengisian bahan bakar (scheduled outage).
- c. PLTN tidak boleh dirugikan secara teknis operasional oleh karena gangguan2 dari sistim, artinya dia tidak boleh sampai kehilangan muatan secara tiba2 maupun menjadi bermuatan lebih (overloaded).

Untuk itu diperlukan agar sistim jaringan memiliki

- saluran transmisi yang cukup kuat dan cukup banyak untuk dapat menampung dan menyalurkan muatan PLTN.
- Protection scheme (sistim pengamanan) yang baik.
- Load shedding scheme, artinya bila PLN dan sistim jaringan oleh sesuatu sebab menjadi overloaded, maka harus cepat2 bisa mengurangi muatannya dengan cara melepaskan konsumen2 tertentu dimulai dari prioritas pertama : konsumen yang tidak penting.
- Planning dan design keseluruhan sistim yang baik.

### 3. LOKASI PLTN DIPANDANG DARI KEPENTINGAN OPERASIONAL KELISTRIKAN

Mengingat uraian di atas, maka PLTN perlu dihubungkan dengan saluran-saluran transmisi yang dapat diandalkan. Salah satu penyelesaian yang baik ialah, penyambungan PLTN tersebut sedikitnya dengan saluran-saluran transmisi ketiga jurusan yang rutenya berbeda-beda.

Jurusan pertama menuju ke suatu gardu induk besar dari sistim jaringan yang dapat menyalurkan dan menampung muatan-minimum yang dipersyaratkan bagi PLTN. Jurusan kedua menuju ke gardu induk besar lainnya dari sistim yang sama, dengan persyaratan kemampuan yang sama dengan yang pertama tadi.

Jurusan ketiga menuju ke suatu PLTA (dari jenis pumped storage kalau ada) yang besarnya lebih kurang sama dengan PLTN yang bersangkutan.

Masing2 dari ke tiga jurusan saluran transmisi tersebut dapat terdiri dari 2 circuit pada satu tiang, dan dari kedua circuit tersebut mempunyai tingkat isolasi yang berbeda, kesemuanya untuk meningkatkan keandalan operasional pada saluran transmisi tersebut.

Jadi total ada enam circuit yang keluar dari PLTN, dengan demikian kiranya kita sudah merasa cukup aman di bidang operasional kelistrikan.

Di atas disebutkan mengenai route2 yang berbeda. Dengan route yang berbeda-beda, kita akan mendapatkan probability yang lebih kecil bahwa ke tiga2 jurusan transmisi tersebut akan mengalami gangguan alam yang bersamaan waktunya. Gangguan alam yang dimaksud bisa terdiri dari halilintar, angin topan, gempa bumi dan lain2. Bila pada suatu daerah kita tahu ada gangguan alam semacam itu, maka kita harus bersiap2 bahwa saluran transmisi yang melalui daerah tersebut bisa tidak berfungsi lagi atau circuitnya bisa terbuka. Yang paling sering ialah gangguan halilintar. Di pulau Jawa halilintar jauh lebih sering dari pada di negara2 yang jauh dari ekwator, kira2 10 kali lebih sering.

Kawat2 transmisi yang menyeberangi sungai dan/atau rawa2 juga mempunyai kemungkinan lebih besar mengalami gangguan halilintar dari pada yang melalui daerah2 kering. Akan tetapi di pihak lain, pada tegangan transmisi yang makin tinggi, akibat gangguan halilintar pengaruhnya lebih sedikit terhadap sistim listrik bila dibandingkan dengan pada sistim yang bertegangan lebih rendah.

Kami tidak akan memperpanjang masalah ini, karena masalah selanjutnya termasuk didalam masalah kelistrikan yang konvensional.

Kembali kepada masalah lokasi PLTN. Di samping adanya tiga jurusan yang telah diuraikan diatas, adalah lebih baik lagi bila tidak jauh dari PLTN kita ada suatu konsumen listrik besar (pabrik besar atau kompleks industri) yang menerima aliran listrik langsung dari PLTN. Hal ini lebih menjamin bahwa PLTN tidak akan kehilangan muatan secara tiba2 akibat gangguan2 pada saluran2 transmisi yang menuju ke gardu2 induk besar sebagai yang diuraikan di muka.

## 5. PENUTUP DAN KESIMPULAN.

Pemilihan lokasi PLTN didasarkan pada situasi dan kondisi yang kita perkirakan akan terjadi pada sa'at2 pembangunan maupun selama hidupnya PLTN kita nanti, oleh karena PLTN tersebut harus dapat melayani masyarakat sebaik2-nya dan tidak akan mengganggu siapa2.

Untuk itu diperlukan persiapan2 antara lain data/informasi mengenai apa yang kira2 akan terjadi nanti di wilayah yang ingin kita tinjau.

Di fihak lain, apa2 yang akan terjadi itu sebagian dapat dibuat oleh manusia juga, maka adalah kewajiban kita juga untuk mempersiapkan segala sesuatunya sehingga situasi dan kondisi tadi didalam perkembangan yang sebaik mungkin untuk menerima kedatangan PLTN pada waktunya.

Khusus bagi PLN, kami melihat keadaan tahun 1985 ke atas, rencana2 pembangunan gardu induk, saluran2 transmisi, sistim2 pengamanan, pokoknya power system planning dan planning2 yang lain, perlu disesuaikan dengan rencana PLTN. Sekarang kita ada di dalam tahun 1975. Pada sa'at ini kita baru bisa melihat gambaran keadaan sistim kelistrikan di Jawa tahun 1980-an.

Walaupun demikian, kenyataannya nanti masih bisa lain, akan terjadi beberapa perubahan karena berbagai sebab. Keadaan tahun 1985 lebih belum jelas lagi, namun dapat kita buat rencana2-nya, dengan berbagai alternatif, karena banyak sekali assumptions dan kombinasi2 yang bisa kita pilih. Secara konvensional rencana2 tersebut bisa dibuat setelah memperhatikan keadaan yang ada sebelumnya, kemudian diketahui besarnya kebutuhan tenaga listrik yang akan datang, kapan dan dimana dibutuhkan, disamping juga prospek letak/lokasi pusat2 listrik yang akan datang. Lokasi pusat listrik yang paling tidak dapat diganggu-gugat adalah PLTA. Kemudian menyusul PLTN yang lokasinya sukar diganggu gugat.

Maka dengan demikian untuk tahap pertama silahkan menentukan beberapa kemungkinan adanya rencana gardu induk/pusat beban dan transmisi y.a.d. Di dalam tahap selanjutnya, maka perencanaan gardu induk dan transmisi kita sesuaikan, dengan mencari alternatif dan susunan kombinasi2 yang paling cocok.

Memang diperlukan study dan design yang lebih terperinci, akan tetapi untuk sistim di pulau Jawa ini kami tidak melihat problem yang berarti, dan semuanya bisa diatur asal kita mau.

### Penjelasan mengenai saluran transmisi

Untuk mendapatkan gambaran yang agak jelas mengenai letak PLTN terhadap GI-besar, di bawah ini diberikan contoh secara umum saluran transmisi yang menghubungkan PLTN dengan suatu GI besar, sebagai berikut:

- Panjang saluran transmisi                    100     km
- Tegangan nominal                            275     kv
- Frekwensi                                        50     Hz
- Conductor bernama "Lark".  
    luas setiap conductor    248.4   mm<sup>2</sup>  
    disusun sebagai 2 - bundle conductor
- Jumlah circuit : 2 pada satu tiang
- Isolasi: unbalanced
- Neutral grounding : solid
- Kemampuan aliran maximum kontinu setiap conductor 600A  
untuk 2 circuit, 2 - bundle  
=  $2 \times 2 \times 0,6 \text{ kA} \times \sqrt{3} \times 275 \text{ kV}$   
= 1140 MVA

Contoh operasi melalui dua circuit, 2 – bundle :

voltage drop 10%

cos phi 0,8

mengalir 576 MW, 430 MVA, 720 MVA

**PLTN** dihubungkan dengan dua GI besar, dengan seluruhnya empat circuit.

Keadaan gangguan yang diperhitungkan :

dengan dua circuit jatuh dan 2 circuit yang beroperasi,

penyaluran tenaga dari PLTN ke sistim masih terjamin stabil,

voltage drop max. 10%.

## DISKUSI

### SUKARDONO :

1. Saya tidak melihat adanya suatu kesimpulan oleh pembicara. Sebab bila kita ingin menentukan lokasi, tentu kita tahu di mana kita berada. Jadi penentuan lokasi dari segi perlistrikan di sini belum dibuat analisisnya, kecuali requirement dari segi perlistrikan saja. Ini saya sayangkan.
2. Kalau kita memakai metode kuantitatif dalam penentuan lokasi, maka paper Saudara sangat penting (lihat Tabel 1) paper Sdr. Ir. Vincent, dimana bidang Saudara dinilai items 2, items 8, items 9 no. h. yang semuanya cukup bernilai tinggi yaitu  $3 + 5 + 5 = 13$  jadi cukup tinggi).  
Kesimpulan : Apakah tidak salah kalau Saudara menyimpulkan bidang Saudara ditentukan akhir saja ?

### SOEHIRNO :

1. Khusus bagi Pulau Jawa tahun 1985 keatas, kita dapat assume bahwa dengan mudah akan dapat diketemukan load centre atau GI besar didalam radius yang relatif pendek (k.l. 100 km) lebih-lebih karena sudah akan ada interkoneksi seluruh pulau Jawa. Jadi masalah lokasi PLTN dipandang dari segi kelistrikan menjadi tidak kritis, dibandingkan misalnya dengan masalah seismisity (faktor gempa), masalah kepadatan penduduk dan sebagainya.

### VINCENT T. RADJA :

2. Tabel 1 paper kami merupakan contoh memilih lokasi PLTN di suatu daerah di negara bagian Florida Amerika Serikat. Kemungkinan situasi di lokasi-lokasi yang dipilih untuk PLTN di Jawa tidak sama dengan di Florida (paper dari Sub-Komisi Lokasi KP2-PLTN). Pula Site Evaluation Quality untuk Florida jumlahnya 184, sedangkan nilai untuk 2, 8, 9 h adalah 13 (kecil terhadap 184). Penjelasan contoh memilih lokasi di Jawa lihat paper Sub-Komisi Lokasi KP2-PLTN.

### SOEHIRNO :

Memang sebaiknya di dalam cara/prosedure memilih lokasi PLTN kita menggunakan semacam check list urutan prioritas, misalnya pertama (yang paling kritis) masalah gempa, kedua masalah kepadatan penduduk dan sebagainya, dan terakhir masalah sistim kelistrikan. Ini hanya suatu gagasan kami. Sebelumnya menyusun prosedur sedemikian ditentukan bersama-sama oleh suatu planning group, jadi bukan hasil pemikiran satu orang saja.

### ANUNG KUSNOWO :

1. Apakah sudah dipilih jenis dan kapasitas PLTN yang akan dibangun?
2. Apakah benar bahwa faktor pusat beban mempunyai prioritas rendah dibanding dengan faktor-faktor lain ? Apakah ini tidak bertentangan dengan kesimpulan Seminar Yogya (1970) Bab IV No. 1

### BUDI SUDARSONO :

1. Kapasitas 500 – 600 MW, karena pabrik yang membuat lebih kecil tidak ada.

Jenis ditentukan HWR. Bila terpaksa harus pakai pinjaman luar negeri maka jenis ditentukan oleh negara pemberi pinjaman.

2. Kami membayangkan keadaan di Pulau Jawa tahun 1985 ke atas sudah mempunyai saluran transmisi interkoneksi yang kuat, menurut perkiraan sekarang dengan menggunakan 380 kV. Disamping itu pulau Jawa yang sangat padat penduduknya ini sudah merupakan satu kota untuk satu pulau, di mana load centres akan terdapat di mana-mana. Jelasnya dengan adanya interkoneksi tersebut, masalah penyaluran beban ke load centres menjadi relatif sederhana. Hal tersebut bisa saja bertentangan dengan Seminar Yogya tersebut, karena assumptions yang diambil adalah berlainan.

#### I D R I S :

Disebut-sebut Bangkok/Thailand dengan PLTN-nya, mohon kiranya kalau dapat diuraikan singkat pengalaman-pengalaman PLTN Bangkok :

- Untung/rugi
- Hambatan-hambatan
- dan sebagainya.

#### SUHIRNO :

PLTN tersebut sekarang belum beroperasi karena sedang mulai dibangun. Kami hanya membaca publikasi dari System Division dari EGAT (Electricity Generating Board of Thailand), PLN-nya Muangthai. Kiranya ada baiknya, suatu saat kita mempelajari PLTN Muangthai tersebut lebih mendalam (kapasitas 2 unit @ 600 MWe).

#### DJOEWARNI :

Dari pertimbangan ekonomis (yang berjumlah 7 point) ternyata ada 3 point yang menyangkut tanah, dan lainnya adalah jarak, letak, air dan prasarana. Apakah begitu penting faktor tanah ditinjau dari sudut ekonomi pembangunan PLTN ? Apakah faktor-faktor sistim pembeayaan, besarnya load centres dan sebagainya tidak merupakan faktor yang mempunyai pengaruh yang penting ditinjau dari sudut ekonomi ?

#### SOEHIRNO :

Masalah tanah memang penting, harganya sangat mahal terutama di Jawa yang padat penduduknya. Lebih-lebih bila pada tanah yang lunak dimana harus dilakukan piling. Sayang saya tidak dapat menunjukkan angka-angkanya, tetapi jumlahnya bermilyard-milyard rupiah hanya masuk ke dalam tanah (angka bisa ditanyakan kepada PLN Pembangunan di Jakarta dan di Surabaya). Sebetulnya pada tanah yang keras, tidak diperlukan piling sama sekali, seperti pada PLTU - Ujung Pandang, berarti menghemat sekian milyar rupiah. Besarnya load centres memang menyangkut masalah ekonomi. Maka dari itu, sesuai yang kami jelaskan di paper bagian penutup dan kesimpulan : Kita harus melakukan perencanaan gardu induk dan transmisi dengan mencari alternatif dan susunan kombinasi yang paling cocok.

# PEMILIHAN LETAK, PENGALAMAN PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN PEMBANGUNAN PLTU DI INDONESIA.

Oleh :

Ir. Moh. Mochtar Wirjosaputro

PLN Pusat.

## I. PENDAHULUAN

Rencana membangun suatu P.L.T.U. dijabarkan dari adanya pola umum kebutuhan tenaga listrik disatu pihak dan tersedianya sumber tenaga listrik yang ada dilain pihak.

Adapun rencana pembangunannya datang kemudian setelah melewati tahap2 penyelidikan dan penelitian teknis dan sosial atas daerah dimana lokasi P.L.T.U. itu akan dibangun.

Pelaksanaan kegiatan fisik membangun suatu P.L.T.U. disuatu tempat adalah hasil dan kelanjutan daripada tahap penyelidikan teknis tersebut diatas.

Urutan penahapan di atas tentunya berlaku bagi segala jenis pembangkit tenaga listrik, tetapi dikemukakan di sini sekedar untuk mengawasi uraian selanjutnya mengenai aspek pembangunan suatu P.L.T.U., dimana beberapa pengalaman perencanaan dan pelaksanaan pembangunannya akan dibicarakan.

Perencanaan menyangkut masalah teknis yang dipengaruhi oleh pertimbangan pertimbangan ekonomi, sedang soal pelaksanaan akan mengenai masalah pengaturan, cara2 bagaimana kita sampai kepada tujuan akhir, yaitu selesainya suatu bangunan pusat listrik yang berfungsi memenuhi sasaran secara optimum.

Perlu disampaikan di sini bahwa pembicaraan dibatasi oleh pengalaman pengalaman yang masih amat muda di Indonesia, yang hanya dapat diperluas melalui proses waktu dan peningkatan/penambahan pembangunan P.L.T.U.

## II. PERKEMBANGAN PLTU DI INDONESIA

P.L.T.U. di Indonesia mulai dibangun pada kira2 setengah abad yang lalu. Umumnya berkapasitas kecil, dimiliki oleh perusahaan2 listrik maupun pertambangan swasta. Tidak banyak yang dapat diambil keterangan2 mengenai hal seluk beluk pembangunannya, kalau tidak dapat dikatakan tidak ada sama sekali, karena data2 tercatat peninggalan zaman itu tidak ada, sedang orang yang membangun sudah sukar dapat dicari jejaknya.

Kalau ada maka relevansinya sudah kurang karena kunonya dan kecilnya mesin. Yang kini masih diusahakan tinggal satu dua saja, dengan kapasitas yang amat menu-run dan efisiensi yang sudah menjadi amat rendah. Hanya kebutuhan yang mendasak yang memaksa mesin2 tersebut masih berfungsi dengan serba kekurangannya.

Membahas masalah pengalaman maka sebaiknya kita batasi saja pada kejadian yang dialami oleh "generasi rata2" yang kini berhimpun diseminar ini. Itupun masih dipersempit dengan pengalaman yang terbatas pada P.L.N. saja, berhubung usaha untuk keluar dari lingkungan ini memakan waktu dan tenaga yang terlalu besar, dan banyak. Pembicaraan akan menekankan segi2 kwalitatip yang tidak mengetengahkan angka2.

- II.1. Bagaimanakah proses terwujudnya P.L.T.U.—2 milik P.L.N. di mana yang lampau dan yang kini masih dalam taraf pembangunan?. Jika diteliti maka terdapat empat kategori yang mempunyai perbedaan yang penting dipandang dari segi perencanaan dan pengadaan :