

Perkiraan Pasokan Daya Sistem Jawa-Madura-Bali Sampai Tahun 2016 Berdasarkan Indeks Lolp Satu Hari Per Tahun

Hermagasantos Zein

Abstract: Not only operation problem in the electric system but also expansion problem of capacity supply to meet demand in the future that must be handled. This expansion must guarantee adequacy condition of supply in order to avoid lack of supply although there is/are one/more unit black out. Adequacy (of power) of an electric system is determined by loss of load probability (LOLP) indexes. This indexes has been definite, i.e. national electric company, PT. PLN, use indexes LOLP 1 day/year. This paper will study adequacy supply in the future, until 2016, in the Jawa-Madura-Bali (JAMALI) system based on LOLP indexes by PT. PLN. The result of study will be compared with the planning supply of PT. PLN that was reported in RUPTL (global planning of supply) report-book for 2006-2016. The result indicated that the planning supply of PT. PLN until 2016 is 42431 MW or has LOLP tree digit before coma. In this study, the calculation based on LOLP 1 day/year result the added supply as much as 38086 MW until 2016.

Key words: Capacity supply, Adequacy and Loss of load probability indexes.

Beban selalu bertumbuh dari tahun ke tahun berikutnya, ini harus diikuti oleh jumlah pasokan yang memadai sehingga kualitas suplai terpenuhi. Kekurang pasokan akan menyebabkan gangguan terhadap konsumen sehingga pemadaman paksa tidak dapat dihindari demi stabilitas listrik selalu terjaga. Pada sistem Jawa-Bali-Madura (JAMALI) terlihat indikasi kekurangan pasokan dengan banyaknya kejadian-kejadian pemadaman listrik. Hal ini dapat dimengerti bahwa cadadangan daya sudah menipis. Namun demikian PT. PLN telah membuat rencana pasokan daya untuk sistem JAMALI, [6], tetapi hasil yang ditunjukkan tidak memuat tingkat keandalan (indeks *loss of load probability* atau LOLP). Tulisan ini akan membuat suatu kajian rencana pasokan daya dengan menggunakan indeks LOLP satu hari pertahun, sesuai dengan kebijaksanaan yang dianut oleh PT. PLN. Hal ini

penting dilakukan supaya tidak terjadi kelebihan pasokan sehingga investasi melonjak tinggi atau kekurangan pasokan sehingga terjadi deficit pasokan yang menyebabkan pemadaman paksa.

Kecukupan daya dari suatu sistem tenaga listrik ditentukan oleh pertumbuhan bebannya, pola beban harian, jumlah dan kapasitas unit pembangkit, dan laju kegagalan unit pembangkit (*FOR: failure of rate*). Disamping itu juga dipengaruhi pula oleh variasi musim bagi pembangkit listrik tenaga air (PLTA), penurunan kapasitas pembangkit karena umur yang disebut *derating*, skedul perawatan unit pembangkit dan dapat juga oleh faktor ekonomi seperti tidak tersedianya bahan bakar. Kecukupan daya ditentukan oleh suatu indeks keandalan pasokan daya dari pembangkit dalam melayani bebannya secara sistem, dimana indeks ini disebut dengan LOLP. Kapasitas pasokan daya dari suatu sistem tenaga listrik ditentukan oleh angka indeks LOLP

Hermagasantos Zein (hermaga_s@yahoo.co.id), adalah dosen di Jurusan Teknik Konversi Energi POLBAN

yang diinginkan, seperti PLN menetapkan indeks LOLP sebesar 1 hari/tahun, artinya dalam satu tahun maksimal hanya boleh selama satu hari kekurangan pasokan daya oleh pembangkit. Dalam hal ini tidak berarti listrik padam total pada saat kekurangan pasokan itu.

Kajian kecukupan daya bertujuan untuk melihat kemampuan (keandalan) pembangkit untuk melayani permintaan beban secara sistem pada masa yang akan datang. Melalui kajian ini akan didapat perluasan pembangkit yang dibutuhkan baik untuk melayani beban maupun sebagai cadangan. Penambahan pembangkit merupakan suatu persoalan yang perlu ada kajian dengan cermat karena menyangkut investasi yang besar, berkisar 850000 US dolar per MW untuk pembangkit uap. Namun bila jumlah cadangan pembangkit yang kurang dapat memungkinkan pasokan daya pada konsumen terganggu bila ada satu/beberapa unit pembangkit yang rusak secara mendadak.

Tulisan ini akan melakukan kajian terhadap kecukupan daya pada sistem JAMALI sampai tahun 2016 berdasarkan indeks LOLP mendekati satu hari/tahun. Kemudian hasil dari kajian ini akan dibandingkan dengan rencana perluasan pasokan daya oleh PLN, Perencanaan (2006).

Adapun rekapitulasi rencana pasokan daya dari PLN tersebut dimuat dalam Tabel-1. Pada kondisi awal, tahun 2006, beban puncak sistem adalah 15612 MW dengan jumlah pasokan 22126 MW.

Tabel 1: Pasokan daya JAMALI berdasarkan perencanaan PLN

Year	Peak load [MW]	Icap [MW]	NDC [MW]	RSV [MW]
2006	15612	22126	17960	2348
2007	17390	22286	18093	703
2008	18666	25346	20646	1980
2009	20163	27951	22820	2657
2010	21420	31596	25861	4441
2011	22757	32596	26703	3946
2012	23923	34536	28350	4427
2013	25151	36771	30116	4965
2014	26443	38546	31552	5109
2015	27804	40271	33001	5197
2016	29230	42431	34816	5586

Sumber: RUPTL PLN

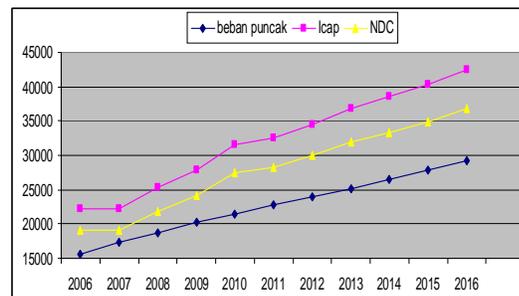
NDC: *Net dependable capacity*

Icap: *Instal capacity*

RSV: *Reserve*

Adanya *derating*, *outage* dan *maintenance* unit pembangkit, dan variasi musim maka terdapat cadangan daya efektif sebesar 2348 MW. Sedangkan tahun 2016 terdapat jumlah pasokan 42431 MW dan cadangan sebesar 5586 MW.

Beban puncak, Icap dan cadangan daya (*reserve*) pada Tabel-1 dalam bentuk kurva ditunjukkan oleh gambar-1. Pada gambar ini terlihat bahwa tidak semua kapasitas pembangkit dapat digunakan untuk meningkatkan kendalan pasokan daya. Kapasitas yang menentukan keandalan adalah kapasitas efektif (disebut dengan daya mampu netto: DMN) atau NDC, yang nilainya dibawah Icap. Marjin antara DMN dengan beban puncak disebut dengan cadangan daya. Cadangan daya ini bertujuan untuk menggantikan salah satu/beberapa unit pembangkit yang *black out* (keluar) dari sistem. Dengan demikian bila cadangan tidak cukup menggantikan kapasitas unit pembangkit yang keluar maka akan terjadi kekurangan pasokan daya. Keadaan ini dalam prakteknya ditanggulangi dengan melakukan pemadaman bergilir agar supaya terjadi keadilan bagi semua konsumen.



Gambar-1: Peak load and planning supply curve on JAMALI system

PERHITUNGAN KECUKUPAN DAYA

Kajian kecukupan daya bertujuan untuk melihat kemampuan pembangkit untuk melayani permintaan beban secara sistem pada masa yang akan datang. Kajian ini akan ditentukan oleh indeks kegagalan pembangkit dalam melayani beban pada suatu system, indeks LOLP. Sistem dikatakan gagal apabila indeks LOLP yang terjadi sudah melampaui standar yang ditetapkan (misalnya 1 hari/tahun).

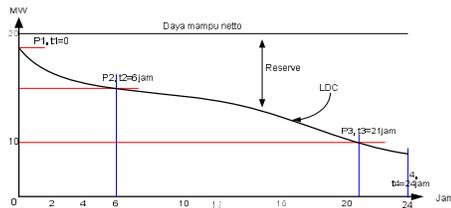
Secara sederhana perhitungan LOLP dapat diilustrasikan dengan contoh sederhana berikut. Contoh: Sistem terdiri dari tiga unit pembangkit dengan kapasitas masing-masingnya 10 MW dan laju kegagalan pembangkit (*failure of rate*, FOR) masing-masingnya adalah 10%. Hasil

perhitungan probabilitas kumulatif ditunjukkan pada tabel-2, singkatan Daya IN adalah unit pembangkit masuk sistem, yang mempunyai empat kemungkinan *state space*: yaitu 30, 20, 10 dan 0 MW. Sedangkan Daya OUT sebaliknya.

Tabel 2: Individual and cumulative probability

Power IN	Power OUT	Individual Probability	Cumulative Probability
30MW	0 MW	$0,9^3=0,729$	1
20MW	10MW	$3 \times 0,9^2 \times 0,1=0,243$	0,271
10MW	20MW	$3 \times 0,9 \times 0,1^2=0,27$	0,028
0 MW	30MW	$0,1^3=0,001$	0,001

Kemudian berikut ini dinyatakan *load duration curve* (LDC) dalam gambar-2. Pada beban puncak, perpotongan dengan sumbu datar adalah $t_1=0$ dengan probabilitas kumulatif P1 untuk *state space* pertama (daya OUT 0 MW), *state space* kedua (daya OUT 10 MW) berpotongan pada $t_2=6$ jam dengan probabilitas kumulatif P2, *state space* ketiga (daya OUT 20 MW) berpotongan pada $t_3=21$ jam dengan probabilitas kumulatif P3 dan *state space* keempat (daya OUT 30 MW) berpotongan pada $t_4=24$ jam dengan probabilitas kumulatif P4.



Gambar 2: Load duration curve

Kemudian harga LOLP dihitung berdasarkan persamaan-1 berikut

$$LOLP = \sum_{i=1}^n P_i t_i \dots\dots\dots 1)$$

Berdasarkan persamaan ini didapat indeks LOLP pada sistem adalah $LOLP = P_1 \times 0 + 0,271 \times 6 + 0,028 \times 21 + 0,001 \times 24 = 2,238$ jam/hari atau 34,036 hari/tahun. Indeks LOLP = 34,036 hari/ tahun ini menyatakan kemungkinan pembangkit gagal melayani beban selama 34,036 hari dalam satu tahun. LOLP ini bukan menyatakan kegagalan total atau listrik padam semua, tetapi menyatakan kekurangan pasokan daya sehingga ada beban yang tidak dapat dilayani, yang dalam prakteknya berupa

pemadamaan bergilir supaya sebagian konsumen tertentu tidak dirugikan.

Untuk sistem yang kecil seperti contoh di atas perhitungan probabilitas kumulatif sangat mudah dilakukan dengan manual, karena tiga unit mempunyai kombinasi sebesar $2^3=8$ kemungkinan. Untuk sistem yang besar perhitungan dengan tangan tidak lagi dimungkinkan. Untuk itu diperlukan suatu metoda perhitungan, dalam tulisan ini digunakan teknik dari *Fourier Transform Methode*, Billinton, R. dan Allan, R.N., (1984) dalam menghitung probabilitas kumulatif. Sedangkan kurva LDC didekati dengan polinon pangkat lima. Pendekatan ini bertujuan untuk menghindari kesalahan pendekatan fungsi LDC yang dalam kenyataannya tidak linier dan mendekati fungsi polinom orde-5.

HASIL PERHITUNGAN INDEKS LOLP PADA SISTEM JAMALI

Data perhitungan indeks LOLP sistem JAMALI bersumber dari PT. PLN, Penyaluran dan pengaturan beban (2006); Penyaluran dan pengaturan beban (2007); Perencanaan (2006). Hasil perhitungan LOLP sistem JAMALI dimuat dalam tabel-3.

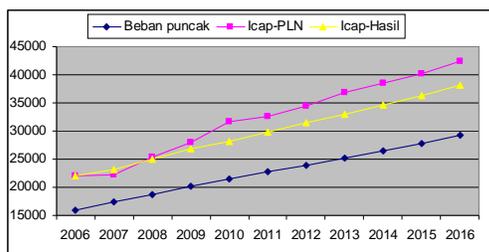
Tabel 3: Hasil kecukupan daya dari PLN dan hasil perhitungan Pada sistem JAMALI

Year	Peak Load [MW]	PLANNING PLN			Hasil Perhitungan		
		LOLP	ICAP	EXP	LOLP	ICAP	EXP
		*	[MW]	[MW]	*	[MW]	[MW]
2006	15938	0.187	22126	0	0.187	22126	0
2007	17390	0.003	22286	0	0.796	23186	900
2008	18666	0.003	25346	3060	0.421	24986	1800
2009	20163	0.116	27951	2005	0.472	26786	1200
2010	21420	0.004	31596	2895	0.969	28136	600
2011	22757	0.016	32596	500	0.897	29836	1200
2012	23923	0.013	34536	1200	0.597	31476	900
2013	25151	0.013	36771	1700	0.841	32911	900
2014	26443	0.011	38546	1250	0.775	34561	1125
2015	27804	0.009	40271	1500	0.710	36286	1500
2016	29230	0.008	42431	2160	0.639	38086	1800

Catatan: EXP : Expansion
* : day/year

Dari tabel ini, beban puncak, Icap PLN dan Icap hasil perhitungan dengan mudah dapat dilihat kecenderungannya pada gambar-3. Terlihat beban puncak naik secara linier dari tahun 2006 menuju ke tahun 2016. Kenaikan beban puncak ini diikuti

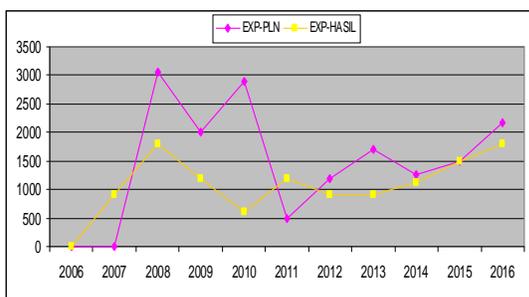
oleh kenaikan Icap PLN yang berpola hampir mendekati linier. Sedangkan Icap hasil perhitungan kurvanya dibawah Icap PLN dengan kecenderungannya naik secara linier. Pada tahun 2016 terdapat selisih dengan Icap PLN sebesar 4345 MW.



Gambar 3 : Beban puncak and ICAP curve pada sistem JAMALI

ANALISIS

Dari tabel-3 menunjukkan bahwa perencanaan ekspansi pasokan berdasarkan RUPTL-PLN tahun 2006 adalah sangat andal karena indeks LOLP sangat kecil, harga rata-rata adalah 0.035 hari/tahun. Sedangkan hasil perhitungan didapat indeks LOLP rata-rata sebesar 0.664 hari/tahun. Bila dilihat dari kriteria LOLP sebesar 1 hari/tahun, Indeks LOLP dari PLN sangat kecil sekali sehingga kapasitas pasokan sangat berlebih, sebagai pembandingnya adalah hasil perhitungan yang merupakan nilai yang lebih realitis sehingga dibutuhkan ekspansi daya sampai tahun 2016 adalah 11925 MW atau 4345 MW di bawah ekspansi perencanaan PLN. Kurva ekspansi dari kedua hasil tersebut dimuat dalam gambar-4. Pada gambar ini ditunjukkan bahwa ekspansi oleh PT. PLN sangat bervariasi dengan nilai yang tertinggi pada tahun 2008 sebesar 3060 MW. Sedangkan dari hasil perhitungan menunjukkan nilai yang agak merata dengan nilai tertinggi sebesar 1800 MW.



Gambar-4 : Kurva ekspansi pada Sistem JAMALI

KESIMPULAN

Hasil perhitungan dengan criteria indeks LOLP mendekati 1 hari/tahun menunjukkan nilai ekspansi daya yang lebih kecil dari rencana PT. PLN (gambar-3). Hal ini dinyatakan oleh hasil perhitungan indeks LOLP, dimana rencana pasokan PT. PLN mempunyai indeks LOLP jauh lebih kecil (0,035 hari/tahun) bila dibandingkan dengan hasil perhitungan sebesar 0,664 hari/tahun. Berdasarkan standar LOLP tersebut, rencana pasokan dari PT. PLN terlihat berlebihan dengan perbedaan total sebesar 4345 MW samapai tahun 2016.

Rencana pasokan PT. PLN mempunyai tingkat keandalan pasokan dengan indeks LOLP 0,035 hari/tahun atau 0,74 jam/tahun. Angka ini menunjukkan keandalan yang sangat tinggi sekali.

Hasil perhitungan menunjukkan angka yang realitis dengan nilai total ekspansi sampai tahun 2016 adalah 11925 MW, dimana ekspansi ini terdistribusi hampir merata setiap tahunnya dengan kondisi tertinggi 1800 MW pada tahun 2008 dan 2016.

DAFTAR RUJUKAN

Billinton, R. dan Allan, R.N., Reliability evaluation of power system, Pitman Advanced Publishing Program, Boston, 1984

Endrenyi, J. (1978), Reliability modeling in electric power system, John Wiley & Sons, New York.

Zein, H. (2008), Simulasi kinerja jaringan transmisi dalam kemampuannya menyalurkan daya dari suatu pembangkit, Prosiding ISSN:1979-911X, IST AKPRIND, Yogyakarta.

Penyaluran dan pengaturan beban (2006), Buku laporan evaluasi operasi, sistem Jawa-Madura-Bali, PT. PLN (Persero).

Penyaluran dan pengaturan beban (2007), Buku laporan rencana operasi, sistem Jawa-Madura-Bali, PT. PLN (Persero).

Perencanaan (2006), Buku laporan perencanaan, RUPTL, sistem Jawa-Madura-Bali, PT. PLN (Persero).