

OPTIMASI JADWAL OPERASI DAN PEMELIHARAAN PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIKA

Achmad Solichan^{1*} dan Moh Toni Prasetyo¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Semarang
Jl. Kasipah No.12 Semarang, 50254

*Email: solihan17@gmail.com

Abstrak

Kemajuan teknologi dan konsumsi energi listrik yang meningkat dengan cepat menuntut adanya peningkatan kualitas keandalan sistem tenaga listrik. Untuk mendapat kuantitas daya sistem diperlukan pengoperasian unit pembangkit sebanyak mungkin sedangkan untuk mendapat kualitas daya sistem diperlukan pemeliharaan unit pembangkit sebaik mungkin. Jadwal operasi dan pemeliharaan pembangkit yang tepat menghasilkan keandalan sistem yang optimal antara kuantitas dan kualitas. Kendala yang dihadapi yaitu kesulitan untuk mendapatkan jadwal yang paling tepat karena pengaturan jadwal dilakukan secara manual.

Masalah penjadwalan bersifat kombinatorial dan probabilistik sangat tepat diselesaikan dengan sistem optimasi menggunakan kecerdasan buatan algoritma genetika. Penelitian ini bertujuan membuat rancang bangun sistem optimasi penjadwalan operasi dan pemeliharaan unit pembangkit tenaga listrik. Metode optimasi yang digunakan yaitu algoritma genetika dan fungsi objektif berupa LOLE minimal, operator yang dipakai yaitu crossover (0,6), mutasi (0,001) dan elitisme (1).

Hasil penelitian menunjukkan metode algoritma genetika dapat menyelesaikan masalah optimasi penjadwalan pemeliharaan dan operasi sistem tenaga listrik.

Kata kunci: algoritma genetika, jadwal pemeliharaan, optimasi.

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang sangat pesat menyebabkan kebutuhan energi listrik juga bertambah begitu cepat sehingga perlu adanya jaminan keandalan sistem tenaga listrik. Keandalan sistem yang baik membutuhkan unit pembangkit beroperasi sebanyak-banyaknya dalam sistem interkoneksi. Di sisi lain kualitas kinerja unit pembangkit mesti dipertahankan dengan pemeliharaan yang berarti mengurangi jumlah unit yang terhubung dalam sistem interkoneksi. Optimasi dibutuhkan untuk menentukan konfigurasi unit pembangkit yang beroperasi yang sesuai per periode waktu sehingga diperoleh keandalan sistem tenaga listrik yang baik dan kinerja unit tetap dapat dipertahankan (Marsudi, 2006).

Perencanaan operasi sangat dipengaruhi oleh perkiraan beban dan jadwal pemeliharaan. Perkiraan beban oleh PLN cukup akurat sehingga menghasilkan keandalan sistem yang masih baik dari segi kuantitatif. Aspek kualitatif keandalan sistem sangat dipengaruhi oleh jadwal pemeliharaan. Saat ini jadwal pemeliharaan di PLN menggunakan *time based maintenance* (TBM) sesuai dengan manual book untuk unit baru dan *condition based maintenance* (CBM) untuk unit lama. Jadwal pemeliharaan seharusnya juga mempertimbangkan beban sistem agar menghasilkan keandalan yang baik secara kualitatif.

Zein dkk dan Subekti dkk meneliti keandalan sistem tenaga listrik berupa LOLP (*Loss of Load Probability*). Perhitungan menggunakan asumsi data beban maksimal atau segmentasi dan seluruh unit pembangkit selalu beroperasi sepanjang tahun serta tidak dimasukkan jadwal pemeliharaan dalam perhitungannya. Hasil perkiraan LOLP dipakai untuk perencanaan pembangunan unit pembangkit baru (Zein, 2008). Perbedaan penelitian ini dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu perhitungan keandalan sistem tenaga listrik melibatkan konfigurasi unit dalam sistem setiap minggu menyesuaikan dengan beban listrik setiap minggunya. Indeks keandalan yang dipakai adalah LOLE tahunan.

Metode optimasi yang digunakan adalah Algoritma Genetika dikarenakan fungsi objektif bersifat stokastik probabilistik. Algoritma genetika bersifat meta-heuristik bukan semata-mata random murni sehingga dapat mencari nilai optimum dari banyak solusi yang ditawarkan melalui

proses iterasi. Kelebihan algoritma genetika mudah beradaptasi, memiliki kemampuan belajar, mengumpulkan fakta dan pengetahuan tanpa harus memiliki pengetahuan sebelumnya (Nath, 2007).

2. METODOLOGI

2.1. Fungsi Optimasi, Data dan Variabel

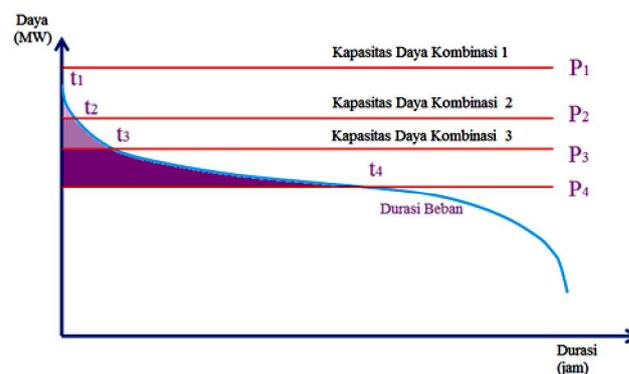
Sistem optimasi jadwal operasi dan pemeliharaan unit pembangkit memiliki fungsi objektif untuk mencari nilai optimum LOLE dan fungsi kendala berupa fungsi durasi beban. Perhitungan nilai LOLE dilakukan per minggu dalam setahun (52 minggu). Perhitungan LOLE sebagaimana LOLP ditunjukkan pada gambar 1 dan persamaan (1).

$$\text{LOLP} = P \cdot t \quad (1)$$

Keterangan :

P : probabilitas kapasitas daya dari kombinasi unit yang ada dalam sistem interkoneksi.

t : durasi kehilangan beban di atas kapasitas daya sistem interkoneksi.



Gambar 1. Aspek kuantitas dan kualitas secara bersama digunakan untuk perhitungan LOLP sebagai indeks keandalan sistem tenaga listrik (Marsudi, 2006)

Garis warna merah adalah kapasitas daya sistem (MW) yang mungkin terjadi dari sistem interkoneksi dengan probabilitas kejadiannya sebesar "P". Dalam satu sistem dengan unit sebanyak n terdapat 2^n kemungkinan kapasitas daya yang terbentuk dari kemungkinan beroperasi dan atau terganggunya setiap unit. Nilai kemungkinan unit terganggu didapat dari data FOR (*Forced Outage Rate*) setiap unit sedangkan nilai kemungkinan unit beroperasi didapat dari nilai (1-FOR) setiap unit. Nilai FOR dalam desimal didapatkan dari data PLN.

Kurva berwarna biru adalah lamanya (jam) besar beban tertentu (MW) terjadi pada sistem disebut juga sebagai kurva durasi beban. Kurva durasi beban didapatkan dari data beban harian diurutkan dari besar ke kecil.

LOLP dihitung dalam setahun dengan asumsi beban puncak harian sama dalam setahun dan unit selalu terhubung dengan sistem interkoneksi dalam setahun. Faktanya, beban dan kapasitas daya sistem selalu berubah dalam setiap bulan, minggu bahkan hari. Dengan memasukkan jadwal pemeliharaan dalam perhitungan didapatkan nilai keandalan yang lebih tepat yaitu dengan nilai LOLE.

LOLE dihitung dengan mem-breakdown LOLP dalam per minggu disebut LOLE_p (nilai LOLE mingguan) sehingga data berupa durasi beban dan status operasi unit pembangkit juga harus di-breakdown dalam setiap minggu. LOLE_a tahunan dihitung dari akumulasi LOLE_p dalam setahun.

Variabel bebas berupa data durasi beban per minggu dan status unit pembangkit berdasar jadwal operasi dan pemeliharaan per minggu sedangkan variabel tergantung adalah nilai LOLE per minggu dan LOLE dalam setahun.

Sistem dibuat dengan aplikasi matlab. Masukan berupa data beban (*real time* dalam setahun) dan pembangkit (daya mampu netto dan FOR) dalam format excell spreadsheet.

2.2. Model Algoritma Genetika

Individu dalam sistem yang dibuat terdiri dari kromosom berukuran 52 (minggu) x jumlah unit pembangkit. Allele bernilai 1 berarti status unit pembangkit beroperasi (masuk dalam sistem interkoneksi). Allele bernilai 0 berarti status unit pembangkit dalam pemeliharaan (keluar dari sistem interkoneksi). Nilai allele bisa diatur untuk menentukan lamanya minggu pemeliharaan setiap unit pembangkit.

Pembangkitan individu dilakukan secara random. Satu populasi berisi beberapa individu. Seleksi dilakukan dengan mencari nilai fitness terbaik didapatkan dari nilai LOLE terkecil yang dihasilkan dalam satu populasi tersebut. Generasi kedua berisi populasi kedua dibangkitkan secara random dengan mengikutkan proses seleksi individu terbaik sebelumnya disebut *truncation selection* atau pemilihan blok rangking (Thierens & Goldberg, 1994).

Proses *crossover* dan mutasi dilakukan untuk setiap populasi dengan memasukkan nilai elitisme sebesar 1 untuk individu terbaik. Model *crossover* dilakukan dengan memindahsilangkan satu kolom kromosom antara 2 individu yang berbeda yang dilakukan secara random. Model mutasi dilakukan dengan menukar nilai allele antara 1 dan 0 dalam satu individu.

2.3. Pengguna dan Antar Muka Pengguna

Pengguna hanya satu yaitu administrator. Pengguna dapat mengubah parameter, memasukkan data, menjalankan program dan menyimpan hasil.

Halaman utama antar muka juga hanya satu untuk kemudahan pengguna. *Output* berupa nilai LOLE optimum ditampilkan di halaman utama. Status setiap unit dalam sistem interkoneksi dalam interval mingguan selama setahun ditampilkan di halaman utama dalam bentuk matrik kode 1 dan 0. Hasil dapat disimpan dan dimuat kembali dengan masuk ke menu berkas.

2.4. Prosedur Penelitian



Gambar 2. Alur Penelitian

Data pembangkit berupa nama unit, daya unit dan FOR unit pembangkit diolah menjadi kapasitas daya sistem dan probabilitas kejadiannya seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Pengolahan Data Kapasitas Daya Unit Pembangkit

	Unit Pembangkit ke-1	Unit Pembangkit ke-.....	Unit Pembangkit ke-n	Kapasitas Daya Sistem	Probabilitas Kejadian
Daya	MW ₁	MW _n		
FOR	FOR ₁	FOR _n		
Status Operasi	1/0	1/0	1/0	MW _{total}	P _{total}

Kapasitas daya sistem didapat dari jumlah kapasitas daya masing-masing pembangkit yang sedang beroperasi dan tidak mengalami gangguan. Probabilitas kejadian unit terganggu (*trip*) didapat dari nilai FOR setiap unit pembangkit sedangkan probabilitas unit tidak terganggu nilainya sama dengan (1-FOR) setiap unit pembangkit. Probabilitas kejadian kapasitas daya sistem didapat dari hasil kali (*product*) masing-masing kejadian status setiap unit pembangkit.

Data beban berupa besar beban sistem secara *real time*urut waktu (*time series*) diubah menjadi lamanya kejadian beban terjadi (durasi beban). Secara grafis ditunjukkan seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Data Beban Harian (kondisi *real time*) dan Durasi Bebannya

2.5. Pengujian dan Analisa

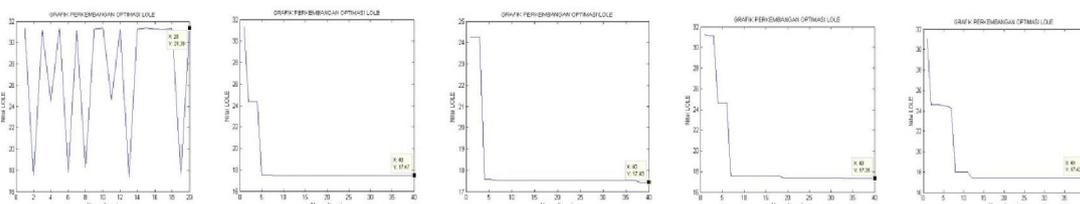
Pengujian dilakukan dalam beberapa tahap sebagai berikut :

1. Pengujian program.
2. Pengujian penggunaan operator algoritma genetika (*crossover*, mutasi, elitisme).
3. Pengujian nilai probabilitas operator (pc dan pm)
4. Pengujian untuk mencari nilai LOLE terbaik dengan memakai nilai pc dan pm hasil pengujian sebelumnya.

Analisa hasil dilakukan dengan mencari nilai fitness terbaik dari sejumlah pengujian yang dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian program menunjukkan bahwa program dapat berjalan dengan baik. Hasil pengujian penggunaan operator algoritma genetika ditunjukkan pada gambar 4 dan tabel 2.



Gambar 4. Grafik Perkembangan Hasil Optimasi(Kiri ke Kanan)Dengan Operator : Tanpa Semuanya, Elitisme, (Elitisme,Crossover), (Elitisme,Mutasi), (Elitisme,Crossover,Mutasi)

Tabel 2. Pemilihan Operator Optimasi Algoritma Genetika

No.	Elitisme	Crossover	Mutasi	Konvergensi		
				Buruk	Sedang	Baik
1	-	-	-	v		
2	v	-	-		v	
3	v	v	-		v	
4	v	-	v		v	
5	v	v	v			v

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan gambar 4 dan tabel 2 tersebut operator elitisme, crossover dan mutasi perlu digunakan dalam algoritma genetika yang dibangun.

Hasil pengujian nilai pc dan pm ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel3. Pemilihan Operator Optimasi Algoritma Genetika

No.	pc	pm	LOLE
1	0,1	0,001	17,27
2	0,2	0,001	17,30
3	0,3	0,001	17,24
4	0,4	0,001	17,27
5	0,5	0,001	17,27
6	0,6	0,001	17,18
7	0,2	0,1	17,30
8	0,3	0,1	17,34
9	0,4	0,1	17,18

Berdasar hasil pengujian yang ditunjukkan tabel 3 tersebut nilai probabilitas mutasi dan crossover semuanya menghasilkan nilai LOLE yang tidak jauh berbeda yaitu 17 hari setahun namun hasil yang paling minimal ditunjukkan pada pc 0,6 dan pm 0,001 serta pada pc 0,4 dan pm 0,1.

Perbandingan antara hasil perhitungan LOLE dengan asumsi semua unit beroperasi (pemeliharaan dianggap tidak ada), sebagian unit dipelihara tanpa optimasi jadwal dan sebagian unit dipelihara dengan optimasi jadwalditunjukkan pada tabel 4.

Tabel4. Perbandingan LOLE

No.	Tanpa Memasukkan Faktor Pemeliharaan	Faktor Pemeliharaan Dimasukkan Tanpa Optimasi	Pemeliharaan Dengan Optimasi
1	2,19	45,06	17,27
2	2,19	31,51	17,30
3	2,19	31,31	17,24
4	2,19	38,38	17,27
5	2,19	31,34	17,18

Berdasar hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel 4 tersebut faktor pemeliharaan memberi dampak signifikan terhadap hasil perhitungan LOLE sehingga tidak dapat diabaikan dan mestinya dilakukan optimasi penjadwalan untuk menghasilkan LOLE yang optimum.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor pemeliharaan sangat berpengaruh terhadap nilai LOLE.
2. Algoritma genetika dapat dipakai untuk optimasi jadwal dengan menggunakan operator elitisme (1), crossover (pc 0,6) dan mutasi (pm 0,001).
3. Optimasi jadwal pemeliharaan memberi hasil yang signifikan dengan nilai LOLE berkisar pada angka 17 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Ditlitabmas Dirjen Dikti Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah mendanai penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- Billinton, Roy & Allan, Ronald N., (1996), *Reliability Evaluation Of Power Systems*, 2nd Edition, Plenum Press, New York and London.
- Cakraborty R.C., (2010), *Fundamentals of Genetic Algorithm-Artificial Intelligence*, AI Course Lecture 39 – 40, notes, slides www.myreaders.info.
- Cheng, Danling, (2009), *Integrated System Model Reliability Evaluation and Prediction for Electrical Power Systems: Graph Trace Analysis Based Solutions*, Virginia.
- De Jong, K.A., Soears, W.M., (1989), *Using GA for NP-Complete Problems*, proceedings 3rd international conference on GA, George Mason Univ.
- Gen, Mitsuo & Cheng, Runwei, (2000), *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*, John Wiley & Sons, Inc
- Hamzah, Hilal, (2005), *Metode Programming Linier Untuk Menyelesaikan Problem Pembangunan Ekonomis Pada Sistem Tenaga Listrik*, Prosiding Semiloka Teknologi Simulasi dan Komputasi serta Aplikasi.
- Haupt, R.L. & Haupt, S.E., (2004), *Practical Genetic Algorithms*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Kapoor, V., Dey, S., Khurana, A.P., (2011), *An Empirical Study of the Role of Control Parameters of Genetic Algorithms in Function Optimization Problems*, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 31– No.6, October 2011.
- Kementrian ESDM, (2009), *Master Plan Pembangunan Ketenagalistrikan 2010 s.d. 2014*, Jakarta.
- Marsudi, Djiteng, (2006), *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Graha Ilmu.
- Mathew, Tom V., (2001), *Genetic Algorithm*, handbook, Indian Institute of Technology, Bombay, Mumbai.
- Meliopoulos, S., Taylor, D. dan Singh, Ch., (2005), *Comprehensive Power System Reliability Assessment*, PSERC Publication 05-13.
- Mitchell, Melanie, (1995), *Genetic Algorithms: An Overview*, handbook, Santa Fe Institute
- Nath, Baikunth, (2007), *Genetic Algorithms, Evolutionary & Neural Computation*, handbook Computer Science and Software Engineering, The University of Melbourne.
- Prada, José Fernando, (1999), *The Value Of Reliability In Power Systems - Pricing Operating Reserves -*, Massachusetts Institute of Technology
- Sarmady, Siamak, (2007), *An Investigation on Genetic Algorithm Parameters*, School of Computer Science, Universiti Sains Malaysia.
- Subekti, M., Sudiby, U.B. dan Ardit, I.M., (2008), *Analisis Keandalan Sistem Perencanaan Pembangkit Listrik PLN Region 3 Tahun 2008-2017*, Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Thierens, D. & Goldberg, D., (1994), *Convergence Models Of Genetic Algorithm Selection Schemes*, Springer, Berlin.
- Weise, Thomas, (2009), *Global Optimization Algorithms, Theory And Application*, handbook.
- Whitley, Darrel, (1994), *A Genetic Algorithm Tutorial*, Computer Science Department, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523, USA.
- Zein, Hermagasantos, (2006), *Perkiraan Pasokan Daya Sistem Jawa-Madura-Bali Sampai Tahun 2016 Berdasarkan Indeks LOLP Satu Hari Per Tahun*, POLBAN, Bandung.