

JURNAL TEKNIK

TEKNIK SIPIL – TEKNIK MESIN – TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS JANABADRA - YOGYAKARTA

- | | |
|--|--|
| Arusmalem G., Prasetya A.,
Dominicus Obed M. C. | Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Kuat Tekan
dan Porositas Beton Porous |
| Sardi | Kajian Konsep Lingkungan (Rumah Sehat) dalam
Perancangan Rumah Hunian |
| Setijadi Harianto | Beton "Orasa EOP dengan ASF SCP" untuk Daerah
Langka Agregat Alami |
| Ikrima Alfi, Sarjiya,
Oyas Wahyunggoro | Optimasi <i>Transmission Expansion Planning</i> Berbasis
Algoritma Genetika |
| Juriah M., Eni Andari,
Untoro Budi Surono | Rancang Bangun Mesin Serut dan Mesin Lilit untuk
Serat Rami |
| Suseno,
Bian Indrakusuma | <i>Job Scheduling</i> Menggunakan Metode Algoritma Active,
Algoritma Non Delay dan <i>Heuristic Schedule Generation</i>
(Studi Kasus : Borobudur Knitting) |
| Syahril Machmud,
Untoro Budi S., Leydon S. | Analisis Variasi Derajat Pengapian Terhadap Kinerja Mesin |
| M. Didik R. Wahyudi,
Sigit Nugroho | Implementasi Konsep <i>Homogenous Distributed Database</i>
<i>System Oracle XE 10g</i> pada <i>Prototype</i> Sistem Informasi
BMT |
| Eri Haryanto | Perancangan dan Implementasi Alat Pemberi Makan Ikan
Otomatis Berbasis Mikrokontroler AT89S52 |
| Sofyan Lukmanfiandy | Pembuatan Prototipe Mesin Pelubang PCB Berbasis
Komputer |



SUSUNAN REDAKSI

Penerbit	: Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta
Pembina	: Risdiyanto, S.T., M.T. Dekan Fakultas Teknik
Penanggung Jawab	: Drs. Rusdy Agustaf, M.Kom. Wakil Dekan I Fakultas Teknik
Pimpinan Redaksi	: Fatsyahrina Fitriastuti, S.Si., M.T.
Sekretaris Redaksi	: Yumarlin MZ, S.Kom., M.Pd.
Editor	: 1. Arusmalem Ginting, S.T., M.T. 2. Untoro Budi Surono, S.T., M.Eng. 3. Agustin Setiyorini, S.Kom. 4. Eri Haryanto, S.Kom. 5. Ryan Ari Setyawan, S.Kom.
Dewan Redaksi	: 1. Dr. Ir. Suharjanto, MSCE. 2. Dr. Ir. Edy Sriyono, M.T. 3. Dr. Nindyo Cahyo K., S.T., M.T. 4. Joko Winarno, S.T., M.Eng. 5. Jemmy Edwin B., S.Kom., M.Eng.
Mitra Bestari	: 1. Ir. Bing Santosa, M.T. 2. Titiek Widayarsi, S.T., M.T. 3. Joko Winarno, S.T., M.Eng. 4. Fatsyahrina Fitriastuti, S.Si., M.T. 5. Drs. Rusdy Agustaf, M.Kom. 6. Yumarlin MZ, S.Kom., M.Pd.
Kesekretariatan	: 1. Dra. Niken Hastuti (Koordinator) 2. Sudamono (Bagian Distribusi) 3. Sri Suwarti (Administrasi Keuangan) 4. Tukijan (Bagian Distribusi)
Alamat Redaksi	: Fakultas Teknik Universitas Janabadra Jl. Tentara Rakyat Mataram no. 57 Yogyakarta 55231 Telp./Fax : (0274) 543676 E-Mail: jurnalteknik@janabadra.ac.id Website : jurnalteknik.janabadra.ac.id
Frekuensi Terbit	: 2 kali setahun

JURNAL TEKNIK merupakan media komunikasi hasil penelitian, studi kasus, dan ulasan ilmiah bagi ilmuwan dan praktisi di bidang Teknik Sipil, Teknik Mesin, dan Teknik Informatika. Diterbitkan oleh Fakultas Teknik Universitas Janabadra di Yogyakarta, dua kali setahun pada bulan April dan Oktober.

DAFTAR ISI

	Halaman
Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous Arusmalem Ginting, Prasetya Adi, Dominicus Obied Messias Costa	81 - 89
Kajian Konsep Lingkungan (Rumah Sehat) dalam Perancangan Rumah Hunian Sardi	90 - 100
Beton "Orasa EOP dengan ASF SCP" untuk Daerah Langka Agregat Alami Setijadi Harianto	101 - 107
Optimasi <i>Transmission Expansion Planning</i> Berbasis Algoritma Genetika Ikrima Alfi, Sarjiya, Oyas Wahyunggoro	108 - 117
Rancang Bangun Mesin Serut dan Mesin Lilit untuk Serat Rami Juriah Mulyanti, Eni Andari, Untoro Budi Surono	118 - 124
<i>Job Scheduling</i> Menggunakan Metode Algoritma Active, Algoritma Non Delay dan Heuristic Schedule Generation (Studi Kasus : Borobudur Knitting) Suseno, Bian Indrakusuma	125 - 131
Analisis Variasi Derajat Pengapian Terhadap Kinerja Mesin Syahril Machmud, Untoro Budi Surono , Leydon Sitorus	132 - 138
Implementasi Konsep <i>Homogenous Distributed Database System</i> Oracle XE 10g pada Prototype Sistem Informasi BMT M. Didik R. Wahyudi, Sigit Nugroho	139 - 147
Perancangan dan Implementasi Alat Pemberi Makan Ikan Otomatis Berbasis Mikrokontroler AT89S52 Eri Haryanto	148 - 158
Pembuatan Prototipe Mesin Pelubang PCB Berbasis Komputer Sofyan Lukmanfiandy	159 - 163

OPTIMASI TRANSMISSION EXPANSION PLANNING BERBASIS ALGORITMA GENETIKA

Ikrima Alfi¹, Sarjiya², Oyas Wahyunggoro³

¹Jurusan Teknik Elektro Universitas Teknologi Yogyakarta

^{2,3}Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi FT UGM

E-Mail : ikrima.alfi@gmail.com¹

ABSTRACT

Transmission Expansion Planning (TEP) is a basic part of power network planning that determines where, when and how many new transmission lines should be added to the network. Its task is to minimize the network construction and operational cost, while meeting imposed technical, economic and reliability constraints. Genetic Algorithms (GAs) have demonstrated the ability to deal with non-convex, nonlinear, mixed-integer optimization problems, like the TEP problem, better than a number of mathematical methodologies.

This study is divided into two scenarios, scenario 1 is simulated TEP without considering power losses and scenario 2 is simulated by considering the TEP power loss. Used AC load flow in the long term TEP. The simulation is applied to the Garver 6 bus system 230 kV and 400 kV.

Simulation results shows the use of a voltage level of 400 kV is more economical than the 230 kV. TEP with scenario 1 has the initial investment cost is lower compared with TEP scenario 2. However, at the time of implementation, scenario 2 after the 9th year have lower operational costs.

Keywords: AC Load Flow, Genetic Algorithm, Network Losses, Transmission Expansion Planning, Optimization,

PENDAHULUAN

Jaringan transmisi adalah penghubungan antara pusat pembangkit dengan pusat beban yang merupakan salah satu elemen yang sangat penting dalam kelenagaan listrik. Dalam pengembangan jaringan transmisi perlu suatu perencanaan (Transmission Expansion Planning/TEP) yang baik, sehingga biaya investasi pengembangan jaringan transmisi dapat seminimal mungkin namun tetap memenuhi syarat-syarat teknis, ekonomis dan keandalan.

Rugi-rugi daya dari suatu jaringan transmisi sangat menentukan biaya operasi sistem tenaga listrik, sehingga rugi-rugi daya perlu diminimalkan dan dipertimbangkan dalam TEP. Dengan memasukkan rugi-rugi daya dalam fungsi obyektif TEP diharapkan pengembangan jaringan transmisi yang direncanakan selain meminimalkan biaya investasi, juga

meminimalkan biaya operasional sistem pada saat penerapannya.

Perencanaan pengembangan jaringan transmisi merupakan permasalahan yang menjadi pusat perhatian para peneliti di bidang kelenagaan listrik. Garver (1970) mempelopori penelitian mengenai perencanaan pengembangan jaringan transmisi yang diselesaikan dengan menggunakan metode linear programming.

Perkembangan selanjutnya, metode optimasi TEP yang digunakan cukup bervariasi mulai dari Linear Programming/LP[7], nonlinear programming[1] dan Mix-Integer Non Linear Programming[4] yang merupakan metode optimisasi matematik. Metode optimisasi matematik membutuhkan waktu komputasi yang lama untuk menghitung permasalahan TEP dalam skala besar. Permasalahan TEP juga merupakan permasalahan non-convex.

Penggunaan metode optimisasi matematik sering menghasilkan solusi optimal lokal. Salah satu metode untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan metode heuristic.

Metode heuristic yang sering digunakan untuk menyelesaikan permasalahan TEP adalah Simulated Annealing/SA [5], Tabu Search/TS [12], Ant Colony Optimization/ACO [8] dan Algoritma Genetik/AG [6,10,11]. AG mempunyai sejumlah nilai awal (initial point) yang disebut dengan populasi, sehingga AG dapat memberikan banyak pilihan solusi.

Fungsi obyektif dari TEP konvensional adalah meminimisasi biaya investasi, namun beberapa peneliti menambahkan beberapa parameter yang berbeda, diantaranya adalah Zakariya et al. yang menambahkan rugi-rugi daya corona dalam fungsi obyektif dan kendala operasi. Pengetesan penelitian ini diaplikasikan pada Garver's 6-bus system. Rodriguez et al. mempertimbangkan penambahan kapasitor bank dalam short-term transmission expansion planning, serta menggunakan model AC dalam perhitungan power flow. Penelitian tersebut telah diteskan pada Garver's system dan electrical Brazilian system. Shayegi et al. mempertimbangkan level tegangan dan rugi-rugi saluran pada mid-term transmission expansion planning. Pada penelitian ini rugi-rugi saluran dihitung berdasar DC Load Flow (DCLF). Metode di atas diterapkan pada jaringan transmisi Azerbaijan, Iran.

Penelitian ini mengkaji permasalahan optimasi Static Transmission Expansion Planning dengan menggunakan Algoritma Genetika serta mempertimbangkan rugi-rugi daya. Obyek pada penelitian ini adalah sistem Garver 6 bus, dengan mengambil level tegangan 230 kV dan 400 kV. Jangka waktu perencanaan yang digunakan adalah long-term. Pada perencanaan long-term biasanya model jaringan yang digunakan adalah DC model, namun untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, penulis menggunakan AC model. Perhitungan AC power flow menggunakan program bantu MatPower dan optimasi TEP

dengan Algoritma Genetik menggunakan perangkat lunak MATLAB.

Ada dua skenario dalam penelitian ini. Skenario pertama adalah simulasi TEP tanpa mempertimbangkan rugi-rugi daya dan skenario kedua adalah simulasi TEP dengan mempertimbangkan rugi-rugi daya.

Transmission Expansion Planning (TEP)

Tujuan dari Transmission Expansion Planning adalah menentukan dimana (*where*), kapan (*when*) dan berapa banyak (*how many*) saluran transmisi baru yang harus ditambahkan ke dalam jaringan dengan biaya investasi minimum dan memenuhi kendala-kendala teknis, ekonomi dan keandalan[11].

TEP dapat diklasifikasikan dari berbagai sudut pandang. Berdasar tahap perencanaan terdapat dua tipe TEP:

1. Static Transmission Expansion Planning (STEP)
2. Dynamic Transmission Expansion Planning (DTEP)

STEP menentukan dimana (*where*) dan berapa banyak (*how many*) saluran transmisi baru harus ditambahkan ke jaringan selama masa perencanaan tertentu. Jika perencanaan dibagi menjadi beberapa tahap maka disebut sebagai *dynamic transmission expansion planning* (DTEP) dan DTEP menentukan kapan (*when*) saluran baru harus ditambahkan.

A. Fungsi Obyektif TEP

Fungsi obyektif TEP konvensional hanya meminimisasi biaya investasi, hal ini dapat dituliskan sebagai :

$$C_T = \sum_{i=1}^{NB} \sum_{j=1}^{NB} C_{Lij} n_{ij}$$

Pada penelitian ini, selain meminimisasi biaya investasi, juga akan memperhitungkan biaya rugi-rugi jaringan pada kekangan. Fungsi obyektif dari penelitian ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$C_T = \sum_{i=1}^{NB} \sum_{j=1}^{NB} CL_{ij} n_{ij} + K \sum_{i=1}^{NB} Ploss_i$$

dimana:

- C_T : Total biaya pengembangan jaringan transmisi
- CL_{ij} : Biaya konstruksi saluran pada cabang i-j
- n_{ij} : Jumlah saluran yang ditambahkan pada cabang i-j
- C_{vwh} : Biaya dari satu MWh
- K : koefisien rugi-rugi
- NYE : perkiraan waktu hidup (*life time*) dari pengembangan jaringan.
- NB : total cabang

B. Kekangan TEP

$$\begin{aligned} P(V, \theta, n) - P_C + P_D &= 0 \\ Q(V, \theta, n) - Q_C + Q_D &= 0 \\ P_g^{\min} \leq P_g &\leq P_g^{\max} \\ Q_g^{\min} \leq Q_g &\leq Q_g^{\max} \\ V^{\min} \leq V &\leq V^{\max} \\ (n_{ij} + n_{ij}^0) S_{ij}^{\text{from}} &\leq (n_{ij} + n_{ij}^0) S_{ij}^{\max} \\ (n_{ij} + n_{ij}^0) S_{ij}^{\text{to}} &\leq (n_{ij} + n_{ij}^0) S_{ij}^{\max} \\ 0 \leq n_{ij} &\leq n_{ij}^{\max} \\ \text{Line Loading} &\leq LL_{\max} \end{aligned}$$

Dimana:

- P_C : Daya aktif pembangkit
- Q_C : Daya reaktif pembangkit
- P_D : Daya aktif beban
- Q_D : Daya reaktif beban
- n_{ij}^0 : jumlah saluran pada awal sistem
- n_{ij} : jumlah saluran yang ditambahkan
- n_{ij}^{\max} : jumlah maksimum saluran yang dapat ditambahkan pada cabang i-j
- LL_{\max} : Kapasitas beban maksimum

Persamaan untuk $P(V, \theta, n)$ dan $Q(V, \theta, n)$ adalah:

$$\begin{aligned} P_i(V, \theta, n) &= V_i \sum_{j \in N} V_j [G_{ij}(n) \cos \theta_{ij} \\ &\quad + B_{ij}(n) \sin \theta_{ij}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_i(V, \theta, n) &= V_i \sum_{j \in N} V_j [G_{ij}(n) \sin \theta_{ij} \\ &\quad - B_{ij}(n) \cos \theta_{ij}] \end{aligned}$$

dengan:

- G_{ij} : Konduktansi pada cabang i-j
- B_{ij} : suszeptansi pada cabang i-j
- N : total jumlah bus pada sistem
- θ_i, θ_j : sudut fase pada terminal bus i dan j
- P_g^{\max} : daya maksimum yang mengalir pada cabang i-j
- g^{\max} : output daya aktif maksimum yang dibangkitkan pada bus k

Elemen-elemen matriks admitans bus (G dan B):

$$\begin{aligned} G &= \left\{ \begin{array}{l} G_{ij}(n) = (n_{ij} g_{ij} + n_{ij}^0 g_{ij}^0) \\ G_{ii}(n) = \sum_{j \neq i} (n_{ij} g_{ij} + n_{ij}^0 g_{ij}^0) \end{array} \right. \\ B &= \left\{ \begin{array}{l} B_{ij}(n) = -(n_{ij} b_{ij} + n_{ij}^0 b_{ij}^0) \\ B_{ii}(n) = b_{ii}^{\text{sh}} + \sum_{j \neq i} (n_{ij} b_{ij} + b_{ij}^{\text{sh}}) + n_{ii}^0 (b_{ii}^0 + (b_{ii}^{\text{sh}})^0) \end{array} \right. \end{aligned}$$

Ω_i : semua bus yang terhubung langsung dengan bus i

Persamaan untuk vector s^{from} dan s^{to} adalah:

$$\begin{aligned} S_{ij}^{\text{from}} &= \sqrt{(P_{ij}^{\text{from}})^2 + (Q_{ij}^{\text{from}})^2} \\ P_{ij}^{\text{from}} &= V_i^2 g_{ij} - V_i V_j (g_{ij} \cos \theta_{ij} + b_{ij} \sin \theta_{ij}) \\ Q_{ij}^{\text{from}} &= V_i^2 (b_{ij}^{\text{sh}} + b_{ij}) \\ &\quad - V_i V_j (g_{ij} \sin \theta_{ij} - b_{ij} \cos \theta_{ij}) \end{aligned}$$

dan

$$\begin{aligned} S_{ij}^{\text{to}} &= \sqrt{(P_{ij}^{\text{to}})^2 + (Q_{ij}^{\text{to}})^2} \\ P_{ij}^{\text{to}} &= V_i^2 \theta_{ij} - V_i V_j (g_{ij} \cos \theta_{ij} + b_{ij} \sin \theta_{ij}) \\ Q_{ij}^{\text{to}} &= -V_i^2 (b_{ij}^{\text{sh}} - b_{ij}) + V_i V_j (g_{ij} \sin \theta_{ij} - b_{ij} \cos \theta_{ij}) \end{aligned}$$

Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah algoritma komputasi untuk masalah optimasi yang terinspirasi oleh teori evolusi untuk mencari

solusi suatu permasalahan. Terdapat banyak sekali variasi pada Algoritma Genetika, salah satunya adalah Algoritma Genetika untuk masalah optimasi kombinasi, yaitu mendapatkan nilai solusi yang optimal terhadap suatu masalah yang memiliki banyak kemungkinan solusi [14].

Ada beberapa komponen algoritma genetika dalam pembuatan program diantaranya yaitu:

A. Inisialisasi Populasi

Inisialisasi populasi merupakan langkah awal dalam Algoritma Genetik. Populasi dalam penelitian ini dilambangkan dengan bilangan antara 0 dan 9 yang disebut sebagai pengkodean *decimal*, yang tersusun atas kolom dan baris sehingga membentuk suatu matriks berisi bilangan antara 0 dan 9. Pada penelitian ini ditetapkan nilai gen antara 0 sampai 4 yang merupakan nilai maksimal jumlah saluran pada suatu cabang. Pada satu deret baris matriks tersusun atas beberapa kolom. Satu deret baris matriks ini pada AG dikenal dengan istilah kromosom sedangkan jumlah kolom tersebut dikenal dengan istilah jumlah gen. Jumlah gen pada penelitian ini sama dengan jumlah cabang pada jaringan transmisi.

B. Skema Pengkodean

Terdapat tiga skema paling umum yang digunakan dalam pengkodean, yaitu:

- *Real-number encoding*. Pada skema ini, nilai gen berada pada interval $[0, R]$, dimana R adalah bilangan real positif dan biasanya $R = 1$.
- *Decimal encoding*. Setiap gen bisa bernilai salah satu bilangan bulat dalam interval $[0, 9]$.
- *Binary encoding*. Setiap gen hanya bisa bernilai 0 atau 1.

Pada penelitian ini menggunakan pengkodean desimal. Ukuran kromosom sama dengan jumlah cabang. Dalam penelitian ini terdapat 9 cabang. Masing-masing gen mewakili jumlah saluran pada suatu cabang.

1	1	4	2	2	2	1	1	3
$n_{1,2}$	$n_{1,1}$	$n_{1,6}$	$n_{2,4}$	$n_{2,2}$	$n_{2,6}$	$n_{3,2}$	$n_{3,6}$	$n_{4,6}$

Gbr. 1 Struktur kromosom AG.

C. Nilai Fitness

Suatu individu atau kromosom dievaluasi berdasarkan suatu fungsi tertentu sebagai ukuran performasinya. Fungsi yang digunakan untuk mengukur nilai kecocokan atau derajat optimalitas suatu kromosom disebut dengan *fitness function*. Nilai yang dihasilkan dari fungsi tersebut menandakan seberapa optimal solusi yang diperoleh.

Dalam kasus minimisasi nilai fitness adalah kebalikan dari nilai fungsi tujuan. Fungsi tujuan dari penelitian ini adalah minimisasi biaya investasi dan rugi-rugi daya.

$$f = \sum_{i=1}^{NB} \sum_{j=1}^{NP} CL_{ij} n_{ij} + K \sum_{i=1}^{NPF} Ploss_i$$

$$Fitness = \frac{1}{f}$$

D. Reproduksi dengan Roulette Wheel

Reproduksi adalah proses penyalinan kromosom sesuai dengan nilai *fitness*. Setiap kromosom dalam populasi akan diseleksi berdasar nilai *fitness*. Probabilitas terpilihnya satu kromosom untuk bereproduksi adalah sebesar nilai *fitness* tersebut dibagi dengan jumlah total nilai *fitness* seluruh kromosom dalam populasi. Secara matematis dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$P_i = \frac{f_i}{\sum f_i}$$

dengan:

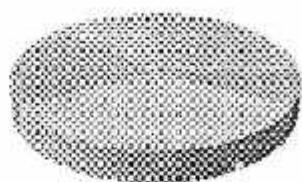
P_i = peluang string atau kromosom i terpilih
 f_i = nilai *fitness* kromosom i

$\sum f_i$ = jumlah nilai *fitness* seluruh kromosom i

Kromosom dengan nilai *fitness* tertinggi akan direproduksi lebih banyak. Jumlah reproduksi untuk satu kromosom sebanding

dengan nilai *fitness* tersebut. Kromosom dengan nilai *fitness* yang lebih besar akan mempunyai kemungkinan direproduksi lebih banyak.

Salah satu cara untuk mengimplementasikan proses reproduksi pada genetik tiruan (*artificial*) adalah dengan menggunakan roda roulette (*roulette wheel*), seperti terlihat pada gambar di bawah:



- ⊗ 1 (25%)
- ⊗ 2 (8%)
- ⊗ 3 (34%)
- ⊗ 4 (20%)

Gambar 1. Grafik pembagian nilai *fitness*

Piringan ini dibagi menjadi sektor-sektor dengan jumlah yang sama sesuai ukuran populasi. Besar masing-masing sektor berbeda tergantung dari nilai *fitness* kromosom yang menempati sektor tersebut. Kromosom dengan nilai *fitness* tertinggi menempati sektor yang lebih besar pada piringan rolet.

Calon-calon anggota populasi untuk generasi berikutnya dipilih dengan cara piringan rolet diputar sebanyak jumlah kromosom yang akan ditempatkan pada generasi berikutnya. Apabila pada suatu putaran piringan rolet berhenti pada satu sektor, maka kromosom yang menempati sektor tersebut dipilih sebagai calon anggota populasi berikutnya. Dengan demikian, karena probabilitas dari berhentinya piringan rolet pada suatu sektor sebanding dengan besarnya sektor, maka kromosom dengan nilai *fitness* yang tinggi mempunyai kemungkinan untuk dipilih pada generasi berikutnya.

E. Pindah Silang (crossover)

Proses pindah silang dilakukan dengan memisahkan suatu kromosom menjadi dua bagian dan selanjutnya salah satu bagian ditukar dengan salah satu bagian dari kromosom yang lain yang telah dipisahkan dengan cara yang sama. Proses ini dikenal dengan operator pindah silang (*crossover*) satu titik.

F. Mutasi

Mutasi merupakan proses mengubah nilai dari suatu kromosom. Mutasi ini berperan untuk menggantikan kromosom yang hilang dari populasi akibat seleksi yang memungkinkan munculnya kembali kromosom yang tidak muncul pada inisialisasi populasi. Untuk semua kromosom yang ada, jika bilangan acak yang dibangkitkan kurang dari probabilitas mutasi (P_{mut}) yang ditentukan maka kromosom tersebut diubah menjadi nilai kebalikannya.

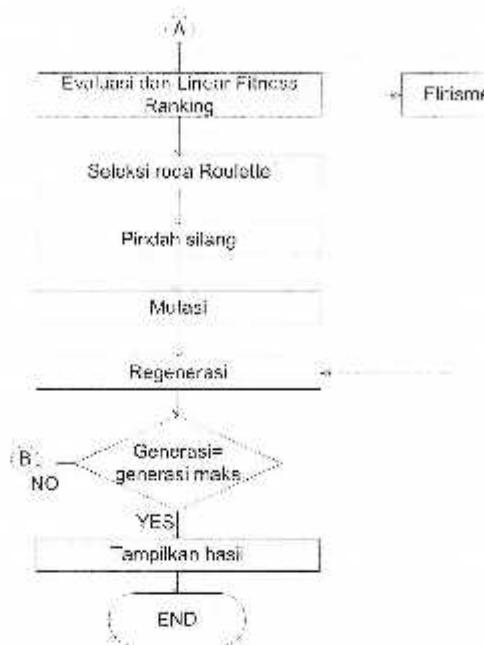
G. Elitisme

Karena seleksi dilakukan secara random, maka tidak ada jaminan bahwa suatu individu bernilai *fitness* tertinggi akan selalu terpilih. Kalaupun individu bernilai *fitness* tertinggi terpilih, mungkin saja individu tersebut akan rusak (nilai *fitness* turun) karena proses pindah silang. Untuk menjaga individu tersebut tidak hilang selama evolusi, maka perlu dibuat satu atau beberapa kopinya. Prosedur ini dikenal sebagai *elitism*.

METODE PENELITIAN

Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gbr. 3.

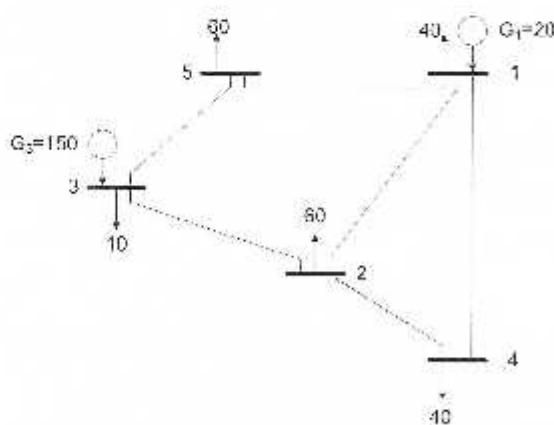




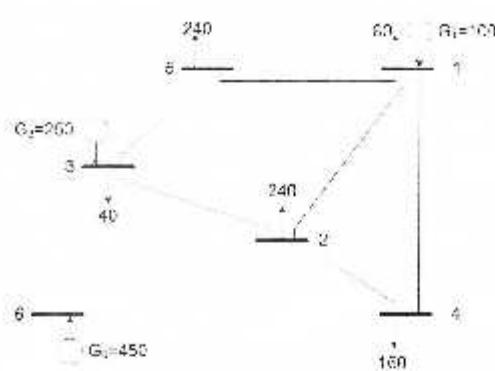
Gambar 2. Diagram alir dari TEP dengan menggunakan Algoritma Genetika

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi optimasi *Transmission Expansion Planning* dengan menggunakan Algoritma Genetik dengan mempertimbangkan rugi-rugi daya diterapkan pada sistem Garver 6 bus. Ada dua skenario yang dipakai dalam penelitian ini. Skenario pertama tanpa mempertimbangkan rugi-rugi daya, sementara skenario kedua dengan mempertimbangkan rugi-rugi daya.



Gambar 3. Jaringan Awal Sistem Garver 6 Bus



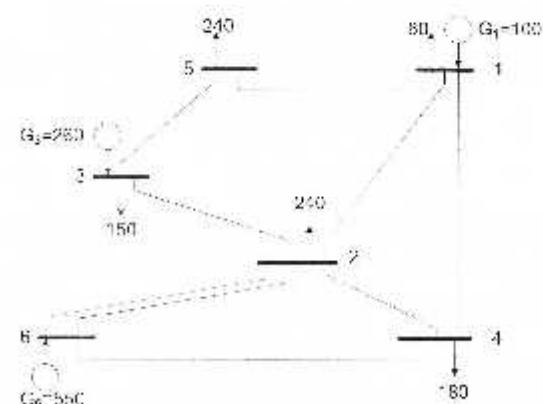
Gambar 4. Jaringan awal sistem garver 6 bus dengan rencana beban dan pembangkit

Hasil Simulasi TEP Sistem Garver 6 Bus 230 kV

1) Skenario 1 Sistem Garver 230 kV:

Tabel 1
Jumlah Saluran Hasil Simulasi Skenario 1 Sistem Garver 230 Kv

Cabang	$LL_{max}=50\%$ ρ_m
1 - 2	1
1 - 4	1
1 - 5	1
2 - 3	1
2 - 4	1
2 - 6	2
3 - 5	1
3 - 6	0
4 - 6	1



Gambar 5. Konfigurasi jaringan hasil simulasi skenario 1 sistem Garver 230 kV

Table 2

Penambahan saluran dan biaya investasi pada skenario 1 sistem Garver 230 kV

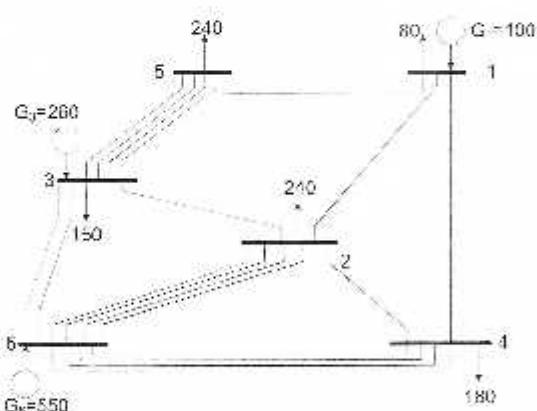
Cabang	Jumlah saluran yang ditambahkan
2 - 6	2
4 - 6	1
Bisaya investasi	17.488 M US\$

2) Skenario 2 Sistem Garver 230 kV:

Table 3

Jumlah saluran hasil simulasi skenario 2 sistem Garver 230 kV

Cabang	n
1 - 2	1
1 - 4	1
1 - 5	1
2 - 3	1
2 - 4	1
2 - 6	4
3 - 5	4
3 - 6	2
4 - 6	4



Gambar 6. Konfigurasi jaringan hasil simulasi skenario 2 sistem Garyer 230 kV

Tabel 4

Penambahan saluran dan biaya investasi pada skenario 2 sistem Garver 230 kV

Cabang	Jumlah saluran yang ditambahkan
2 - 6	4
3 - 5	3
3 - 6	2
4 - 6	4
Bilangan investasi	68.012 M US\$

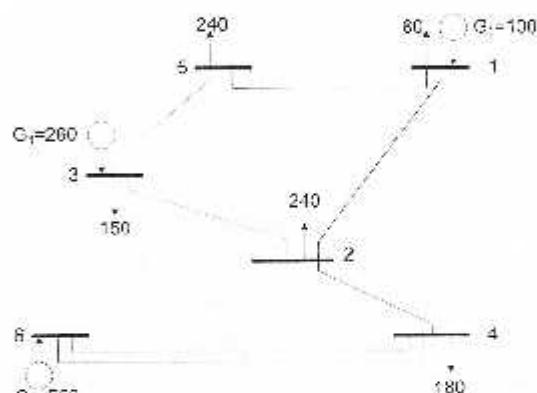
Hasil Simulasi TEP Sistem Garyer 400 kV

1) Skenario 1 Sistem Garver 400 kV:

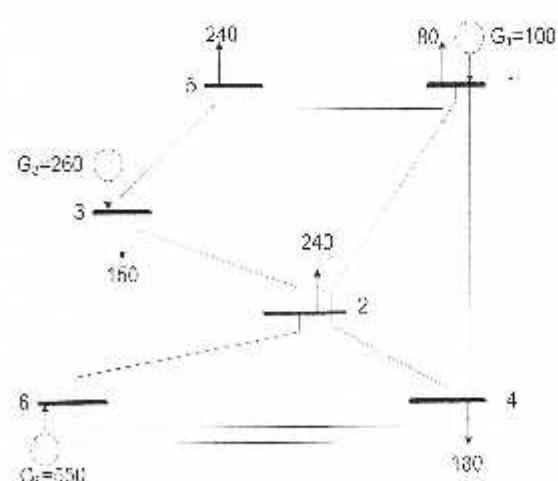
Table 5

Jumlah saluran hasil simulasi skenario 1 sistem Garver 400 kV

Cabang	n_u
1 - 2	1
1 - 4	1
1 - 5	1
2 - 3	1
2 - 4	1
2 - 6	0
3 - 5	1
3 - 6	0
4 - 6	2



Gambar 7. Konfigurasi jaringan hasil simulasi skenario 1 sistem Garyer 400 kV



Gambar 8. Kontigurasi jaringan hasil simulasi skenario 1 sistem Garver 400 kV

Tabel 6.

Penambahan saluran dan biaya investasi pada skenario 1 sistem Garver 400 kV

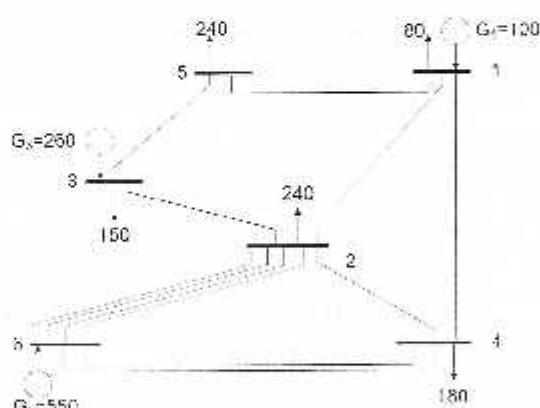
Cabang	Jumlah saluran yang ditambahkan
4 - 6	2
Biaya investasi	19,778 M US\$

2) Skenario 2 Sistem Garver 400 kV:

Tabel 7.

Konfigurasi hasil simulasi skenario 2 sistem Garver 400 kV

Cabang	n_a
1 - 2	1
1 - 4	1
1 - 5	1
2 - 3	1
2 - 4	1
2 - 6	4
3 - 5	1
3 - 6	0
4 - 6	3



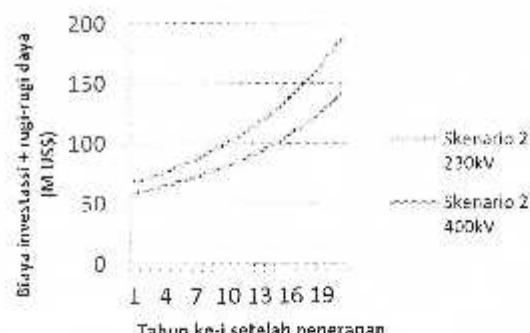
Gambar 9. Konfigurasi Jaringan Hasil Simulasi Skenario 2 Sistem Garver 400 kV

Tabel 8

Penambahan saluran dan biaya investasi skenario 2 sistem Garver 400 kV

Cabang	Jumlah saluran yang ditambahkan
2 - 6	4
4 - 6	2
Biaya investasi	59,33 M US\$

Perbandingan hasil simulasi TEP skenario 2 sistem Garver 230 kV dengan 400 kV dapat dilihat pada Gbr. 11.



Gambar 10. Perbandingan sistem Garver 230 kV dengan 400 kV

Dari Tabel IV dan VIII biaya investasi awal untuk sistem Garver 230 kV lebih besar dibandingkan dengan sistem Garver 400 kV dengan selisih sebesar 8,68 M US\$. Gbr 11 menunjukkan bahwa biaya operasional pada level tegangan 230 kV juga lebih tinggi di banding level tegangan 400 kV.



Gambar 11. Perbandingan biaya investasi + rugi-rugi daya antara skenario 1 dan skenario 2 sistem Garver 230 kV



Gambar 12. Grafik biaya investasi + biaya rugi-rugi daya sistem Garver 400 kV skenario 1 dan skenario 2

Dari grafik terlihat bahwa biaya investasi untuk skenario 1 tampak lebih ekonomis. Hal ini terlihat dari titik awal yang lebih rendah, namun sekitar 9 tahun setelah penerapan, grafik saling berpotongan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa setelah tahun ke-9, skenario 2 lebih ekonomis.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode Algoritma Genetik dengan pengkodean desimal ini dapat bekerja dengan baik untuk menyelesaikan permasalahan "Optimasi Transmission Expansion Planning dengan Mempertimbangkan Rugi-Rugi Daya".
2. Pada perencanaan jangka panjang penggunaan level tegangan 400 kV lebih ekonomis dibanding level tegangan 230 kV.

Biaya investasi awal pada TEP skenario 2 (dengan mempertimbangkan rugi-rugi daya) lebih mahal dibanding pada TEP skenario 1 (tanpa mempertimbangkan rugi-rugi daya), namun pada penerapannya biaya operasional skenario 2 lebih ekonomis, hal ini karena rugi-rugi daya minimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Hamouz Zakariya, Al-Faraj Ali, 2002, *Transmission Expansion Planning Using Non Linear Programming*, IEEE.
- Al Hamouz Zakariya, Al Duwais Hussain, Mantaawy, El Amin Ibrahim, Al-Faraj Ali, 2003, *A Genetic Algorithm based Transmission expansion Planning*, Proceedings of the 3rd IASTED International Conference.
- Al Saba Tawfiq, El Amin Ibrahim, 2002, *The Application of Artificial Intelligent Tools to the Transmission Expansion Planning*, Electronic Power System Research 62,
- Alguacil Natalia, 2003, *Transmission Expansion Planning: A Mixed-Integer LP Approach*, IEEE Trans. Power Syst., vol. 18, pp. 1070-1077.
- Braga A.S., Saraiva, 2003, *Transmission Expansion Planning and Long Term Marginal Prices Calculation Using Simulated Annealing*, IEEE Bologna Power Tech Conference.
- Jalilzadeh, Shayegi, Mahdavi, Hadadian, 2009, *A GA Based Transmission Expansion Planning Considering Voltage Level, Network Losses and Number of Bundle Lines*, American Journal of Applied Sciences 6, pp. 987-994.
- L.L. Garver, 1970, *Transmission Network Estimation Using Linear Programming*, IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. 89, No. 7, pp. 1688-1696.
- Leeprechanon N, Limsakul P, Pothiya S, 2010, *Optimal Transmission Expansion Planning Using Ant Colony Optimization*, Journal of Sustainable Energy & Environment 1 pp.71-76.
- Marsudi Djiteng, 2006, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Graha Ilmu.
- Rider Marcos J. Gallego, Luis A. Romero, Ruben Garcia, Ariovaldo V, 2007, *Heuristic Algorithm to Solve the Short Term Transmission Network Expansion Planning*, IEEE Power Engineering Society General Meeting, pp. 1-7.
- Rodriguez, Falcao, Taranto, 2008, *Short-term Transmission Expansion Planning with Network Model and Security Constraints*, 16th PSCC.
- Silva Edson Laiz, Ortiz J., Oliveira Gerson, Binato Silvio, 2001, *Transmission Expansion Planning Under a Tabu Search Approach*, IEEE Trans. Power Syst., vol16.
- Stevenson, 1982, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Erlangga.
- Suyanto, 2005, *Algoritma Genetik dalam MATLAB*, Andi Offset.

LAMPIRAN**DATA PEMBANGKIT DAN BEBAN SISTEM GARVER 6 BUS**

Bus	Pembangkitan (MW)		Beban (MW)
	Max	Level	
1	160	100	80
2	-	-	240
3	370	260	150
4	-	-	180
5	-	-	240
6	610	550	-

KARAKTERISTIK SALURAN 230 KV DAN 400 KV[6]

Tegangan (kV)	Beban maksimum (MVA)	Reaktans (p.u./km)	Resistansi (p.u./km)
230	397	3,85e-4	1,22e-4
400	750	1,24e-4	3,5 e-5

DATA SALURAN SISTEM GARVER 6 BUS[6]

No cabang	Dari - ke	n_g^2	Jarak (km)
1	1-2	1	200
2	1-4	1	300
3	1-5	1	100
4	2-3	1	100
5	2-4	1	200
6	2-6	0	150
7	3-5	1	100
8	3-6	0	240
9	4-6	0	150