

OPTIMASI PEMBAGIAN BEBAN PLTU SURALAYA MENGUNAKAN METODE ANT COLONY OPTIMIZATION

by Suhendar Suhendar

Submission date: 08-Sep-2022 01:33PM (UTC+0700)

Submission ID: 1894962235

File name: 6_Optimasi_Pembagian_beban.pdf (465.25K)

Word count: 2817

Character count: 16117

OPTIMASI PEMBAGIAN BEBAN PLTU SURALAYA MENGUNAKAN METODE ANT COLONY OPTIMIZATION

Suhendar¹, Ika Wanti Tussyani², Alimuddin³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jenderal Sudirman Km. 03 Kota Cilegon - Banten

email: suhendar_tebet@yahoo.com; ikawantitusyani@gmail.com; alimudyuntirta@yahoo.com

Abstrak

Sekitar 70% biaya operasional dari keseluruhan total biaya yang harus dikeluarkan oleh PLTU Suralaya adalah biaya bahan bakar. Angka ini termasuk pemborosan untuk jangka waktu yang lama. Sehubungan dengan itu, penelitian ini ditujukan untuk mengetahui optimasi operasi pembangkit yang efisien. Salah satu usaha untuk meminimalkan biaya dengan mengoptimalkan operasi pembangkit atau disebut dengan "Economic Dispatch". Economic dispatch adalah pengoperasian pembagian beban pada pembangkit-pembangkit yang ada dengan biaya minimum, pada harga beban sistem tertentu. Penelitian ini, ditujukan untuk mengoptimalkan pengoperasian pembangkit di PLTU Suralaya unit 1-7 agar efisien menggunakan metode Ant Colony Optimization (ACO).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa angka rata-rata pembebanan Januari 2013 sebesar 234.512 Mmbtu/h dengan efisiensi bahan bakar sebesar 0.861% dan penghematan rata-rata biaya sebesar Rp. 5811983.855/h. Bulan November 339.466 Mmbtu/h dengan efisiensi bahan bakar sebesar 1.201% penghematan biaya Rp. 8848441.743/h. Bulan September 313.278 Mmbtu/h dengan efisiensi bahan bakar sebesar 1.101% serta penghematan rata-rata bahan bakar sebesar Rp.8848441.743/h. Bulan Juli 161.147 Mmbtu/h dengan efisiensi bahan bakar sebesar 0.616% dan penghematan rata-rata bahan bakar sebesar Rp. 5163931.517/h. Bulan 200.763 Mmbtu/h dengan efisiensi bahan bakar sebesar 0.786% serta rata-rata penghematan bahan bakar sebesar Rp. 5634081.328/h.

Oleh karena itu total penghematan bahan bakar selama 5 bulan sebesar Rp. 60788731.249/h. Dengan demikian hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan karakteristik pembangkit yang berbeda-beda selama 1 bulan, 6 bulan, 1 tahun berbantu analisis metode Ant Colony Optimization (ACO) mampu menghasilkan konsumsi bahan bakar yang minimum.

Kata Kunci : Optimasi, Economic Dispatch, Ant Colony Optimization.

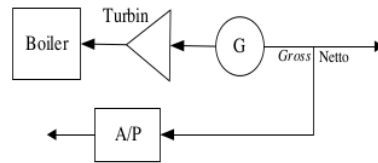
1. PENDAHULUAN

Bahan baku energi merupakan bagian terbesar dalam pembiayaan operasi sistem tenaga listrik, sekitar 80% dari biaya operasi secara keseluruhan. Biaya ini sangat mempengaruhi naik turunnya pemakaian bahan bakar dari penggunaan energi listrik oleh beban [1]. Pada PLTU Suralaya biaya bahan bakar sekitar 70% dari biaya operasi secara keseluruhan. Sehingga sangat diperlukan cara pengoperasian total pembangkit yang efisien. Usaha untuk meminimalkan biaya pembangkitan disebut "Economic Dispatch". Economic dispatch adalah pengoperasian pembagian beban pada pembangkit-pembangkit yang ada dengan biaya minimum, pada harga beban sistem tertentu [12]. Dalam tugas akhir ini pengoperasian pembangkit minimum dilakukan di PLTU Suralaya unit 1-7 menggunakan ant colony optimization (ACO). Algoritma ini berdasarkan atas perilaku sekelompok semut dalam mencari jalur terpendek dari sarang kesuatu sumber makanan.

Karakteristik unit pembangkit thermal terdiri dari *gross input* dan *net output*. Gambar 1 menjelaskan pada unit pembangkit terdiri dari sebuah boiler untuk menghasilkan uap sehingga turbin akan terkopel dengan rotor dari generator. *Gross input* adalah total *input* dan diukur dalam dolar per jam, atau ton bahan bakar per jam atau kubik gas per jam atau bentuk unit yang lainnya. Sedangkan *net output* adalah *output* daya listrik yang tersedia untuk penggunaan pada sistem tenaga. Karakteristik dari unit turbin uap digunakan beberapa konstanta sebagai berikut [17]:

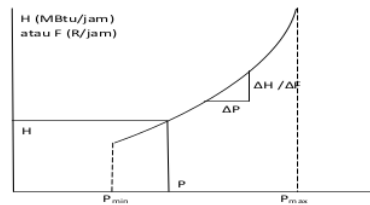
$H = Btu \text{ per jam } input \text{ panas pada unit (Mbtu/h)}$

F = Biaya bahan bakar dikalikan H sehingga hasil yang didapatkan R per jam (R/h) *input* pada unit untuk bahan bakar.



Gambar 1. Pemodelan boiler-turbin-generator pada pembangkit *thermal* [17]

Sedangkan Gambar 2 merupakan karakteristik *output-input* dari unit pembangkit tenaga uap yang ideal. *Input* unit dinyatakan dalam energi panas (MBtu/jam) atau bentuk biaya total per jam (R/jam). Sedangkan *outputnya* adalah daya listrik dari unit tersebut. Bentuk karakteristik *output-input* tampak halus berupa kurva cembung.[20]



Gambar 2. Kurva *input-output* pembangkit tenaga uap [17]

1.1

Persamaan *Economic Dispatch*

$$C_t = \sum_{i=1}^n C_i \quad (1)$$

Atau

$$C_i = \alpha_i + \beta_i P_i + \gamma_i P_i^2 \quad (2)$$

keterangan :

C_t = total biaya produksi (\$)

C_i = fungsi biaya input-output pembangkit i (\$/hour)

P_i = daya yang dibangkitkan pembangkit i (MW)

α, β, γ = konstanta *input output* pembangkit

n = jumlah pembangkit

Kombinasi daya *output* yang dibangkitkan oleh tiap-tiap generator pada sistem harus memenuhi kebutuhan daya dari sistem (*equality constraint*), dengan persamaan [17][18]:

$$\sum_{i=1}^n P_i = P_D \quad (3)$$

Daya *output* pembangkit harus memenuhi batasan minimum serta maksimum dari daya yang dapat dibangkitkan oleh masing-masing generator (*inequality constraint*) dengan persamaan [17][18]:

$$P_{i \min} \leq P_i \leq P_{i \max} \quad (4)$$

1.2 ¹² Ant Colony Optimization

Ant Colony Optimization merupakan algoritma yang mengikuti perilaku koloni semut (sistem semut). Perilaku koloni semut disini adalah semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan [12]. Algoritma ini biasa digunakan untuk menyelesaikan masalah komputasi melalui grafik yang terinspirasi dari perilaku semut dalam menemukan jalur dari sarang menuju makanan.[15]

Semut yang melalui suatu lintasan dipengaruhi oleh feromon. Feromon ini akan menguap, jika semakin banyak semut melalui jalan tersebut. Maka semakin jelas lintasan yang dilalui. Sehingga lintasan yang dilalui semut dalam jumlah sedikit, semakin lama semakin berkurang kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan akan tidak dilewati sama sekali. Sebaliknya lintasan yang dilalui semut dalam jumlah banyak, semakin lama akan semakin bertambah kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan semua semut melalui lintasan tersebut. *Stigmergy* adalah proses peninggalan feromon, proses ini bertujuan untuk mengingat jalan pulang ke sarang dan komunikasi semut dengan koloninya. Secara lengkap algoritma atau langkah-langkah dalam *Ant Colony Optimization*, yaitu:

1. Inisialisasi parameter algoritma *Ant Colony Optimization*
Tetapan siklus-semut (Q), Jumlah semut (m), dan Ketahanan feromon (α) (ρ)
2. Setelah inisialisasi kota pertama semut dilakukan, kemudian jumlah semut (m) ditempatkan pada kota pertama tertentu secara acak.
3. Transisi status (*state transition rule*)

Semut memutuskan ke ruas mana ia akan pergi serta dapat memilih untuk pergi ke ruas baru (ruas yang belum dikunjungi semut lainnya) atau ruas yang terbaik (ruas yang mempunyai jumlah feromon terbanyak dan jarak terpendek) secara probabilistik. Transisi status yang digunakan oleh *ant system* dinamai *random proportional rule*. Semut memilih suatu jalur yang akan dilalui mulai dari titik r menuju ke titik s dalam suatu perjalanan dengan probabilitas [12]:

$$p(r,s) = \frac{\gamma(r,s)}{\sum_t \gamma(r,t)} \quad s, t \in N_r^k \quad (5)$$

matrix $\gamma(r,s)$ merepresentasikan jumlah intensitas feromon antara titik r dan s . Setelah itu feromon akan diperbaharui melalui persamaan berikut [12] :

$$\gamma(r,s) = \alpha \cdot \gamma(r,s) + \Delta \gamma^k(r,s) \quad (6)$$

nilai α memiliki interval $0 < \alpha < 1$ ini merupakan daya tahan suatu feromon, maka $(1 - \alpha)$ merepresentasikan penguapan yang terjadi pada feromon dan $\Delta \gamma^k(r,s)$ merupakan jumlah feromon yang semut k jatuhkan pada jalur (r,s) .

4. *Pheromone* lokal (*local pheromone updating*)

Jejak feromon (r,s) dari perjalanan terbaik yang telah dilakukan semut akan diperbaharui [12]

$$\gamma(r,s) = \alpha \cdot \gamma(r,s) + \frac{Q}{f_{\text{best}}} \quad r,s \in J_{\text{best}}^k \quad (7)$$

Q merupakan sebuah konstanta positif yang sangat besar nilainya.

5. Pembaruan feromon global (*global pheromone updating*)

Global *pheromone updating* digunakan untuk menghindari terjadinya stagnan (suatu situasi dimana semut akan mengikuti jalur yang sama), maka kekuatan jejak feromon dibatasi pada interval:

$$\gamma(r,s) = \begin{cases} \tau_{\min} & \text{if } \gamma(r,s) \leq \tau_{\min} \\ \tau_{\max} & \text{if } \gamma(r,s) \geq \tau_{\max} \end{cases} \quad (8)$$

Batas atas dan batas bawahnya adalah sebagai berikut[12] :

$$\tau_{\max} = \frac{1}{\alpha \cdot f_{\text{best}}} \quad (9)$$

$$\tau_{\min} = \frac{\tau_{\max}}{M^2} \quad (10)$$

M adalah jumlah semut

2. METODOLOGI

Gambar 3 menjelaskan tentang diagram blok penelitian dengan 3 parameter yaitu *input*, proses dan parameter *output*. Parameter input dalam penelitian ini terdapat 2 yaitu *input economic dispatch* dan *ant colony optimization*.

1. *Input economic dispatch* terdiri dari

- batas minimum dan batasan maksimum daya yang dibangkitkan dari masing-masing generator.
- nilai karakteristik dari pembangkit (alfa,beta,gamma). Nilai ini didapatkan dari kurva *polynomial* pembangkit dengan kordinat (x,y). Kordinat x adalah daya yang dibangkitkan sedangkan kordinat y adalah bahan bakar yang digunakan. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5 *flowchart* untuk menghitung α , β dan γ . Nilai karakteristik ini yang akan masuk dalam perhitungan algoritma *ant colony optimization*.

2. *Input Ant Colony Optimazition*

Dalam tugas akhir ini, *input*-an yang digunakan pada algoritma *Ant Colony Optimazition* terdiri dari inialisasi parameter yang digunakan yaitu jumlah semut sebanyak 10, iterasi maksimum sebesar 500, ketahanan feromon sebesar 0.89.

3. Permintaan Daya

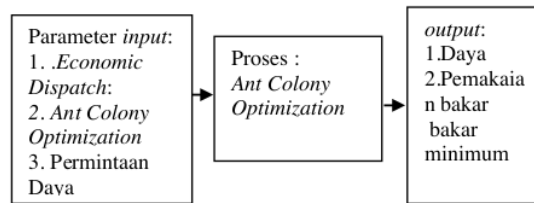
Maksud dari permintaan daya adalah jumlah permintaan daya yang akan dikirimkan ke sistem. Sehingga hasil simulasi dari masing-masing daya yang dibangkitkan generator totalnya sama dengan permintaan daya sesuai dengan *equality constrain* persamaan 3

a. Proses

Pada bagian ini merupakan proses yang dilakukan dengan menggunakan *Ant Colony Optimazition* untuk mendapatkan pemakaian bahan bakar yang minimum. Didalam proses semua parameter input yang dimasukan dihitung sehingga menghasilkan penghematan pemakaian bahan bakar. *Input* dari inialisasi parameter ACO digunakan untuk mendapatkan daya yang dibangkitkan. Sehingga nilai daya yang terbangkitkan dapat dimasukkan dalam perhitungan persamaan matematis dari *economic dispatch* persamaan (1) dengan melihat batasan *inequality constrain* persamaan (4) dan *equality constrain* persamaan (3).

b. *Output*

Hasil yang diharapkan adalah kombinasi dari masing-masing daya yang terbangkitkan dengan melihat penggunaan konsumsi bahan bakar yang minimum dan tidak terlepas dari batasan *inequality constrain* persamaan (4) dan *equality constrain* persamaan (3).



Gambar 3. Diagram blok penelitian

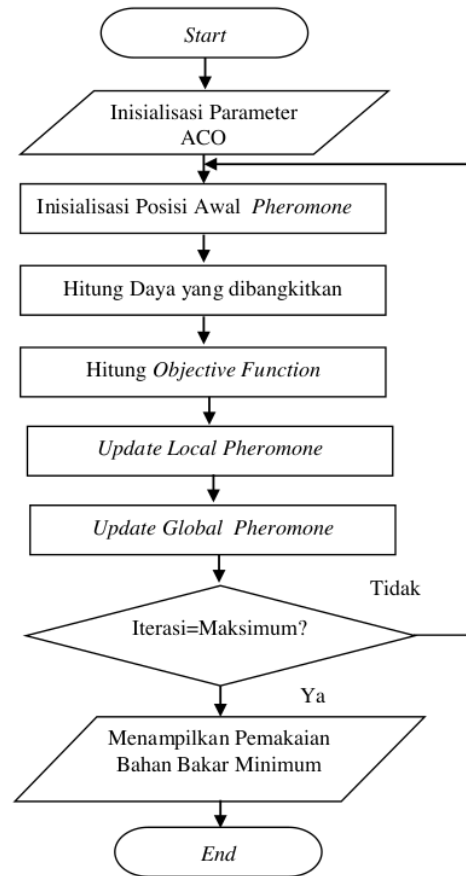
Tabel 1. Karakteristik Pembangkit Selama 1 dan 6 Bulan

| | Unit | Alfa | Beta | Gamma | | Unit | Alfa | Beta | Gamma |
|----------------|-------|----------|--------|--------|----------------|-------|--------------|--------|--------|
| 1 Bulan | UNIT1 | 891.901 | 5.094 | 0.007 | 6 Bulan | UNIT1 | 455.026 | 8.115 | 0.001 |
| | UNIT2 | -889.903 | 17.158 | -0.013 | | UNIT2 | - 1504.32 | 19.923 | -0.016 |
| | UNIT3 | -436.09 | 14.463 | -0.008 | | UNIT3 | - 752.321 | 15.652 | -0.01 |
| | UNIT4 | -85.581 | 11.898 | -0.005 | | UNIT4 | 394.994 | 8.877 | 0 |
| | UNIT5 | -614.89 | 13.443 | -0.004 | | UNIT5 | - 229.803 | 12.584 | -0.005 |
| | UNIT6 | -3215.58 | 24.129 | -0.016 | | UNIT6 | - 1630.05 | 17.807 | -0.009 |
| | UNIT7 | -331.335 | 12.001 | -0.003 | | UNIT7 | 323.172 | 9.728 | -0.001 |

Tabel 2. Karakteristik Pembangkit Selama 12 Bulan

| | Unit | Alfa | Beta | Gamma |
|-----------------|-------|----------|--------|--------|
| 12 Bulan | UNIT1 | 505.953 | 8.047 | 0.002 |
| | UNIT2 | 522.755 | 8.574 | 0 |
| | UNIT3 | 576.978 | 8.143 | 0.001 |
| | UNIT4 | 230.294 | 9.631 | 0 |
| | UNIT5 | -156.101 | 12.127 | -0.004 |
| | UNIT6 | -1629.73 | 17.982 | -0.01 |
| | UNIT7 | 489.523 | 9.661 | -0.002 |

Langkah selanjutnya adalah perancangan program simulasi optimasi menggunakan metode ACO (*Ant Colony Optimzation*).



Gambar 4. Diagram Alir Penggunaan *Ant Colony Optimization*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Operasi optimal pada pembangkit dapat diketahui dengan melihat karakteristik pembangkit. Karakteristik pembangkit digunakan untuk mengetahui konsumsi bahan bakar yang optimal. Nilai karakteristik pembangkit penulis dapatkan dari data laporan harian di PLTU UBP Suralaya unit 1-7. Pengambilan karakteristik pembangkit penulis membagi dalam 3 yaitu dalam 1 bulan, 6 bulan dan 12 bulan. Nilai karakteristik ini digunakan untuk mencari kombinasi pembangkit yang akan dioperasikan berdasarkan pada batasan fungsi objektif sehingga mendapatkan penggunaan konsumsi bahan bakar yang minimum. Pengujian ini dilakukan pada bulan Januari 2013 dengan menggunakan karakteristik 1 bulan, bulan September dan bulan November 2012 menggunakan karakteristik 6 bulan. Sedangkan karakteristik 12 bulan pengujian ini dilakukan pada bulan Juli dan Februari 2012. Pada pembebanan bulan Januari 2013 didapatkan kombinasi unit-unit pembangkit yang optimal yaitu:

Tabel 3. Model pembebanan Unit Pembangkit Suralaya Januari 2013

| Pdemand (Mwaat) | Data Pembebanan Indonesia Power UBP Suralaya Januari 2013 | | | | | | | Bahan Bakar (Mmbtu) |
|--------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------|
| | Unit 1 | Unit 2 | Unit 3 | Unit 4 | Unit 5 | Unit 6 | Unit 7 | |
| 2457.7 | 282.5 | 341.5 | 319.2 | 271.2 | 410.3 | 400.2 | 432.7 | 24962.4 |
| 2701.6 | 288.5 | 258.1 | 301.0 | 303.8 | 499.6 | 491.9 | 558.8 | 27478.3 |
| 2827.3 | 327.7 | 379.8 | 369.8 | 302.1 | 444.0 | 440.4 | 563.6 | 28774.8 |
| 2568.3 | 302.0 | 333.2 | 291.1 | 296.8 | 455.0 | 444.2 | 446.0 | 26324.3 |
| 2533.1 | 291.8 | 324.4 | 266.8 | 248.9 | 497.2 | 501.9 | 402.0 | 25649.5 |
| 2732.1 | 333.9 | 331.7 | 226.3 | 340.1 | 487.0 | 508.3 | 504.9 | 27757.3 |
| 2418.0 | 284.5 | 330.9 | 323.2 | 298.4 | 384.6 | 419.3 | 377.0 | 25079.8 |

Tabel 4. Pembebanan Suralaya Januari 2013 Menggunakan ACO

| Pdemand (Mwaat) | Data Pembebanan simulasi ACO Januari 2013 | | | | | | | Bahan Bakar (Mmbtu) |
|--------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------|
| | Unit 1 | Unit 2 | Unit 3 | Unit 4 | Unit 5 | Unit 6 | Unit 7 | |
| 2457.0 | 400 | 202 | 400 | 400 | 355 | 350 | 350 | 24462.1 |
| 2702.0 | 234 | 400 | 368 | 400 | 600 | 350 | 350 | 26819.0 |
| 2827.0 | 256 | 400 | 244 | 292 | 600 | 582 | 452 | 28033.3 |
| 2568.0 | 356 | 380 | 382 | 400 | 350 | 350 | 350 | 25511.7 |
| 2533.0 | 400 | 222 | 206 | 400 | 355 | 600 | 350 | 25062.0 |
| 2732.0 | 232 | 400 | 400 | 400 | 600 | 350 | 350 | 27068.5 |
| 2418.0 | 244 | 260 | 214 | 400 | 600 | 350 | 350 | 24191.2 |

Tabel 5. Penghematan yang dihasilkan Bulan Januari 2013

| Pdemand (MW) | Pembebanan Bulan Januari 2013 | | |
|--------------|--------------------------------|-----------|---------|
| | Pemakaian BAHAN BAKAR(Mmbtu/h) | | |
| | Lapangan | ACO | Selisih |
| 2457 | 24962.370 | 24462.148 | 500.222 |
| 2702 | 27478.296 | 26818.999 | 659.297 |
| 2827 | 28774.808 | 28033.341 | 741.467 |
| 2568 | 26324.268 | 25511.699 | 812.569 |
| 2533 | 25649.464 | 25062.008 | 587.456 |
| 2732 | 27757.269 | 27068.495 | 688.774 |
| 2418 | 25079.765 | 24191.201 | 888.564 |

Hasil rata-rata penghematan bahan bakar bulan Januari 2013 didapatkan sebesar 234.512 Mmbtu/h dengan biaya Rp. 5811983.855/h dan effisiensinya sebesar 0.861%. Sedangkan hasil rata-rata penghematan bahan bakar bulan Februari 2012 didapatkan sebesar 200.763 Mmbtu/h dengan biaya Rp. 5634081.328/h dan effisiensinya sebesar 0.786%.

4. PENUTUP

Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan simulasi ACO pada variasi nilai karakteristik pembangkit yang berbeda, didapatkan rata-rata penghematan bahan bakar yaitu :

- 1) Januari 234.512 Mmbtu/h dengan efisiensi bahan bakar sebesar 0.861%
- 2) November 339.466 Mmbtu/h dengan efisiensi bahan bakar sebesar 1.201%
- 3) September 313.278 Mmbtu/h dengan efisiensi bahan bakar sebesar 1.101%
- 4) Juli 161.147 Mmbtu/h dengan efisiensi bahan bakar sebesar 0.616%
- 5) Februari 200.763 Mmbtu/h dengan efisiensi bahan bakar sebesar 0.786%

Sedangkan penghematan rata-rata biaya bahan bakar yang didapatkan sebesar:

- 1) Januari Rp. 5811983.855/h
- 2) November Rp. 8848441.743/h
- 3) September Rp. 35330292.807/h
- 4) Juli Rp. 5163931.517/h
- 5) Februari Rp. 5634081.328/h

Total penghematan bahan bakar selama 5 bulan adalah Rp. 60788731.249/h

DAFTAR PUSTAKA

- Harun, Nadjamuddin. "Perancangan Pembangkit Tenaga Listrik" program studi teknik elektro jurusan ¹¹ kultas teknik Universitas Hasanuddin, Makassar, 2011.
- Pudjo W, Prabowo dan Rahmadya. "Penerapan *soft computing* dengan matlab" Rekayasa ⁹ Sains, Bandung, 2009.
- Cekdin, Cekmas. "Sistem tenaga listrik contoh soal dan penyelesaiannya menggunakan matlab", Andi, Yogyakarta, 2006.
- Siswanto, Marmo, "Mengoptimalkan pembagian beban pada unit pembangkit PLTGU Tambak Lorok dengan metode lagrang multiplier". Tugas akhir jurusan Teknik Elektro Univeristas Diponegoro, 2001. ³
- Basuki, Cahyo Adi, "Analisa konsumsi bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga uap dengan menggunakan metode *least square*". Tugas akhir jurusan Teknik Elektro Univeristas Diponegoro, 2008. ⁵
- Luciana, Erlina, "Simulasi perhitungan pembebanan ekonomis pada pusat listrik tenaga diesel dengan metode *Dynamic Programming* (Studi kasus di PT. Arteria Daya Mulia)". Tugas akhir jurusan Teknik Elektro Univeristas Diponegoro, 2009.
- Sukma, Dian Yayan. "Optimasi Pembangkit Termal Menggunakan Metode *Dynamic Programming*". Jurusan Teknik Elektro U ⁴ niversitas Riau.
- Pothiya, Saravuth, Ngamroo Issarachi & K. Waree. "Ant colony optimization for economic dispatch problem with non-smooth cost functions". *Electrical Power and Energy Systems* 2010:32:478-487. ⁶
- Song, Y.H. Chou, C.S.V. & Min, Y. "Large Scale Economic Dispatch by Artificial Ant Colony Search Algorithms". *IEEE Electric Machines and Power Systems* 1999:27:679-690.
- Krisna, Ida Bagus. "Economic Dispatch Menggunakan Ant Colony Optimization pada sistem Transmisi 500 KV Jawa Bali". Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh November, 2009.
- Stevano. "Pembebanan Ekonomis Pada Pusat Pembangkit Termal Menggunakan *Particle Swarm Optimization* dan Iterasi Lamda". Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2013.
- Hilmawan, Ryan. "Sistem Pendukung Pengambil Keputusan Optimasi Penjadwalan Pembangkit Listrik Tenaga Termal Menggunakan Metode Pengali Lagrang". Jurusan ¹⁰ teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2013.
- Wardi, Ibnu Sina. "Penggunaan Graf dalam Algoritma Semut Untuk Melakukan Optimasi". Program Studi Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung.
- Hermanto, Eko. "Perancangan Sistem Penjadwalan Ujian Semester Berbasis Web Menggunakan Algoritma Semut". Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2013.
- Agus, Handi. "Operasi Sistem Tenaga Listrik Resume". Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Falkultas Pendidikan Teknologi dan Keuruan Universitas Pendidikan Indonesia, 20012.
- Saadat, H ⁷ di. "Power Syatem Analysis". McGraw Hill, New York, 1999.
- Musirin, Ismail "Ant Colony Optimization (ACO) Technique in Economic Power Dispatch Problems". *International Multiconference of Engineers and Computer Scientists*. Hongkong, 2008. Volume 2.
- Fahlusiyanto. "Operasi Ekonomis PLTU PT. KDL Dengan Metode *Dynamic Programming*". Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2008.
- Marsudi, Djiteng. "Operasi Sistem Tenaga Listrik", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2006

OPTIMASI PEMBAGIAN BEBAN PLTU SURALAYA MENGUNAKAN METODE ANT COLONY OPTIMIZATION

ORIGINALITY REPORT

7%

SIMILARITY INDEX

6%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

| | | |
|---|---|-----|
| 1 | Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper | 2% |
| 2 | jurnal.untirta.ac.id Internet Source | <1% |
| 3 | skripsi-tesis-ptk-kti-gratis.blogspot.com Internet Source | <1% |
| 4 | www.sid.ir Internet Source | <1% |
| 5 | Fakhri Elbaz Nugraha. "ANALISIS UNJUK KERJA MESIN DIESEL DEUTZ MWM BV M 628 (BV 3) BERDASARKAN VARIASI TEKANAN INJEKTOR DI ULPLTD MEYURAI", Suara Teknik : Jurnal Ilmiah, 2021 Publication | <1% |
| 6 | Song, Y.H.. "Combined heat and power economic dispatch by improved ant colony search algorithm", Electric Power Systems Research, 19991101 Publication | <1% |

| | | |
|----|---|------|
| 7 | www.ijera.com Internet Source | <1 % |
| 8 | bsantosa.files.wordpress.com Internet Source | <1 % |
| 9 | digilib.unikom.ac.id Internet Source | <1 % |
| 10 | eprints.ums.ac.id Internet Source | <1 % |
| 11 | journal.thamrin.ac.id Internet Source | <1 % |
| 12 | etheses.uin-malang.ac.id Internet Source | <1 % |
| 13 | www.scribd.com Internet Source | <1 % |

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off