

PEMODELAN GUI BERBASIS QUADRATIC PROGRAMING UNTUK OPTIMASI PEMBANGKITAN PADA SISTEM SULSELRABAR

Muhammad Ruswandi Djalal¹, Imam Robandi²

¹Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

¹Program Studi Teknik Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang

E-mail: ¹wandi@poliupg.ac.id, ²robandi@ee.its.ac.id

ABSTRACT

Dalam mengantisipasi order dari UP2B untuk beban tertentu selain beban maksimal, PLTU Barru harus mampu mengetahui unit mana yang lebih ekonomis untuk dioperasikan dengan beban lebih tinggi. Dimana nilai ekonomis dapat dilihat dari pemakaian batu bara yang lebih efisien. Hal tersebut bertujuan untuk PLTU Barru tetap dapat mengambil keuntungan lebih banyak disaat terdapat order beban selain beban maksimal dari UP2B. Dalam penelitian ini membahas perbandingan metode ekonomi dispatch untuk memaksimalkan kondisi pada PLTU Barru yang tidak lagi di-order dispatcher secara maksimal. Sehingga operator PLTU Barru dapat menentukan pembagian alokasi daya yang di-order dispatcher ke dua unit pembangkit PLTU Barru. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode quadratic programing. Dasar dari perhitungan ialah menghitung terlebih dahulu karakteristik pemakaian bahan bakar unit pembangkit saat beroperasi dalam satu hari. Data utama yang diambil ialah data hasil produksi listrik yang dikeluarkan generator dan pemakaian bahan bakar diambil dari flow coal feeder. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa metode quadratic programing dapat menghemat biaya produksi Rp. 7,34 per KWH.

Kata Kunci: *PLTU Barru, Dispatcher, Ekonomi dispatch, Quadratic programing*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan kebutuhan energi listrik tercatat pada PT. PLN Unit Pusat Pengaturan Beban (UP2B) Sulserabar sistem jaringan listrik Sulawesi Selatan hingga tahun 2018 terpantau surplus pada saat beban puncak. Hal tersebut berarti bahwa kebutuhan energi listrik di Sulawesi Selatan dapat dikatakan terpenuhi. Dengan demikian pembebanan PLTU Barru tidak selalu di-*order* oleh UP2B dengan beban penuh. Pembebanan penuh biasanya hanya beban puncak sore hari dan di-*order* kembali beban minimum pada dini hari. Seharusnya PLTU berada di-*Base Load* dimana pembebanan tidak boleh diturunkan kecuali terdapat masalah. Selain itu rata-rata PLTU jika pada beban rendah akan mengakibatkan efisiensi pembangkit tersebut akan menurun. Maka dari itu PLTU Barru tidak bisa memaksimalkan *capacity factor* dan hanya bisa menjalankan instruksi dari UP2B.

Dalam mengantisipasi order dari UP2B untuk beban tertentu selain beban maksimal, PLTU Barru harus mampu mengetahui unit mana yang lebih ekonomis untuk dioperasikan dengan beban lebih tinggi. Dimana nilai ekonomis dapat dilihat dari pemakaian batu bara yang lebih efisien. Hal tersebut bertujuan untuk PLTU Barru tetap dapat mengambil keuntungan lebih banyak disaat terdapat

order beban selain beban maksimal dari UP2B.

Terdapat beberapa metode dalam menghitung nilai ekonomis khususnya untuk pembebanan ekonomis pembangkit, yaitu metode Deterministik atau pendekatan secara perhitungan matematika teknis dan metode underministik meliputi heuristic dan teknik probabilitas (Tasrif, Suyono, Hadi, Hasanah, & Nur, 2018). Salah satu contoh metode deterministik adalah metode iterasi lambda. Sedangkan metode underministik adalah quadratic programming. Perhitungan pembebanan ekonomis pada sistim kelistrikan seluruh Sulawesi Selatan telah banyak peneliti yang menghitungnya dengan berbagai, seperti metode Ant Colony Optimization (Tasrif et al., 2018), Incremental Production Cost (IPC) pada studi kasus sistem Sulselrabar (Sofyan, 2010), Metode Lagrange pada PT. Semen Bosowa (Masfufah, 2016), metode *dynamic programming* pada sistem Sulselrabar (Yuliana & Azdima, 2016). Metode Particle Swarm Optimization (Humena, 2016), Sedangkan secara khusus analisis pembangkitan ekonomis untuk pembangkit PLTU Barru belum pernah dilakukan sebelumnya.

Quadratic Programming (QP) merupakan metode optimasi permasalahan fungsi kuadrat dari beberapa variabel yang bergantung pada batasan linier variabel

yang ditentukan (Abidin, Robandi, & Wibowo, 2012). Dimana ada suatu pembangkit yang mempunyai beberapa unit pembangkit yang harus dibagi pembebanannya untuk mencapai daya yang di-*dispatch* oleh pengatur beban jaringan transmisi listrik untuk suatu pembangkit tersebut (Yunus & Djalal, 2019). Pembagian beban tersebut diharuskan melihat dari aspek ekonomis dengan melihat pemakaian bahan bakar tiap-tiap unit pembangkit. Maka dari itu untuk menghitung dan mencari hasil pembagian beban yang optimal tersebut menggunakan quadratic programming. Setelah mendapatkan hasil pembagian tersebut kemudian diaplikasikan ke tiap-tiap unit pembangkit hasil dari pembagian tersebut (Marwan, 2018). Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas penggunaan metode quadratic programming sebagai metode optimasi economic dispatch, (Benhamida, Ziane, Souag, Salhi, & Dehiba, 2013), (McLarty, Panossian, Jabbari, & Traverso, 2019), namun dari penelitian tersebut analisis dilakukan secara offline dan tidak disertai dengan kemudahan bagi user untuk memasukkan data terbaru.

Graphical User Interface (GUI) merupakan aplikasi display dari MATLAB yang memuat fungsi tugas, perintah, atau komponen program yang mempermudah user dalam menggunakan MATLAB

(Huang, Li, Jiang, Chen, & An, 2019). Analisa pembebanan ekonomis berbasis GUI sebelumnya telah dilakukan, seperti menggunakan metode evolutionary algorithm (Nasiruzzaman & Rabbani, 2008; Singh, Deepika, & Kumar, 2014; Takanashi & Adachi, 2006).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka pada penelitian ini diusulkan suatu pengembangan software berbasis Guide User Interface (GUI) untuk analisis pembebanan ekonomis pembangkit dengan menggunakan metode quadratic programming. Studi kasus yang digunakan yaitu pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Barru, di mana terdapat 2 unit pembangkit. Sebelumnya pada pembangkit ini untuk perhitungan pembebanan ekonomis yang khusus hanya untuk PLTU Barru belum ada peneliti yang menghitungnya.

2. METODE PENELITIAN

A. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan adalah observasi secara langsung di lapangan.

B. Metode Analisis

Economic dispatch adalah suatu optimasi yang digunakan untuk membagi daya hasil dari pembangkit untuk memenuhi kebutuhan beban, sehingga didapatkan biaya pembangkit yang paling murah (Farsi, Albadi, Hosseinzadeh, & Badi, 2015). Dalam melakukan *Economic*

dispatch terdapat constraints yang harus dipenuhi, yaitu equality dan inequality. Equality constraint yaitu batasan kesetimbangan daya yang mengharuskan total daya yang dibangkitkan memenuhi total kebutuhan daya, ditunjukkan pada persamaan (1).

$$\sum_{i=1}^{ng} P_i = P_D \tag{1}$$

Di mana:

P_i = Daya output pembangkit unit i (MW)

P_D = Kebutuhan Daya (MW)

Sedangkan Inequality constraints yaitu batasan daya keluaran yang dibangkitkan pembangkit harus lebih besar atau sama dengan daya minimum yang diperbolehkan, dan lebih kecil atau sama dengan daya maksimum yang diperbolehkan, hal tersebut ditunjukkan pada persamaan (2) (Wood, 2013).

$$P_{i,} \leq P_i \leq P_{i,} \tag{2}$$

Untuk memperoleh biaya pembangkitan yang ekonomis, daya tersebut harus dihitung berdasarkan karakteristik biaya bahan bakar setiap pembangkit, dinyatakan pada persamaan (3).

$$(P_i) = \alpha_i + \beta_i P_i + \gamma_i P_i^2 \tag{3}$$

Sehingga total biaya pembangkitan dinyatakan pada persamaan dibawah ini.

$$F_t = \sum_{i=1}^{ng} F_i (P_i) \tag{4}$$

Di mana:

F_i = Biaya bahan bakar unit i. (Rp/jam)

P_i = Daya yang dibangkitkan unit i. (MW)

$\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ = Koefisien biaya bahan bakar.

i = Unit pembangkit.

F_t = Total biaya pembangkitan. (MW)

Perubahan biaya bahan bakar setiap unit dinyatakan dengan turunan dari persamaan dibawah ini.

$$\frac{\partial F_t}{\partial P_i} = \lambda = \beta_i + 2\gamma_i P_i \tag{5}$$

C. Quadratic Programming (QP)

Quadratic Programming (QP) merupakan metode optimasi permasalahan fungsi kuadrat dari beberapa variabel yang bergantung pada batasan linier variabel yang ditentukan [1], dinyatakan pada persamaan (6):

$$Min f(x) = f^T x + \frac{1}{2} x^T H x \tag{6}$$

pada subjek

$$A \cdot x \leq b$$

$$Aeq \cdot x = beq$$

dengan batasan

$$lb \leq x \leq ub$$

Pemodelan quadratic programming dinyatakan dalam bentuk vektor yaitu:

$$x = [PG1, PG2, \dots, PGN]^T \tag{7}$$

H merupakan sebuah matrik diagonal yaitu:

$$H = 2 \cdot \begin{bmatrix} \alpha_1 & \dots & 0 \\ 1-2\beta_{11} PG1 - \beta_{01} & \dots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \alpha_N \\ 0 & \dots & 1-2\beta_{NN} PGN - \beta_{0N} \end{bmatrix} \tag{8}$$

Di mana :

α_1 = koefesien biaya G1 sampai GN.

α_N = koefesien biaya pembangkit ke-N.

B00, B11 = koefesien rugi rugi transmisi atau B – coefficient.

f merupakan vektor $N \times 1$ yaitu:

$$f = \left[\frac{b1}{1-2B11} \quad \dots \quad \frac{bN}{1-2BNN} \right] \quad (9)$$

untuk memenuhi kesetaraan, persamaan

$$Aeq \cdot x = beq. \text{ diatur :}$$

$$beq = PD + (1+z) PL. \quad (10)$$

dimana z merupakan variabel kontrol.

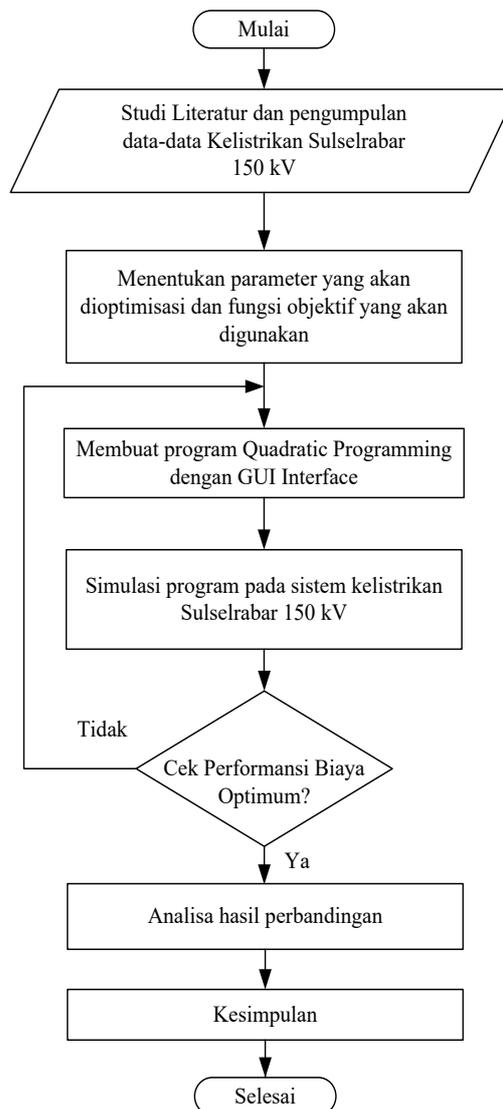
$$Aeq = [1, 1, \dots, N] + z \left[x \times \begin{pmatrix} B11 & \dots & B1N \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ BN1 & \dots & BNN \end{pmatrix} + \begin{matrix} B00 \\ P1 \\ P2 \\ \dots \\ PN \end{matrix} \right] \quad (11)$$

Batasan daya generator adalah:

$$lb = [PG1^{min}, PG2^{min}, \dots, PGN^{min}] \quad (12)$$

$$ub = [PG1^{max}, PG2^{max}, \dots, PGN^{max}] \quad (13)$$

Metodologi pelaksanaan dalam analisa perbandingan antara metode manual dan quadratic programming. Diagram alir penelitian ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 1. Diagram Alur Analisis Perbandingan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengambilan Data Operasi

Penelitian dilakukan di PLTU Barru unit 1 dan 2. Penelitian mengambil data daya yang di produksi dalam satuan Mega Watt (MW) dan flow total dari coal feeder dalam satuan ton per jam (t/h). Pengambilan data dilakukan selama lima hari. Pengambilan data hari pertama mengambil data untuk keperluan membuat fungsi karakteristik setiap unit. Pada hari

pertama tindakan yang dilakukan operator untuk *dispatch* dari UP2B masih tetap sama, yaitu dengan membagi rata beban setiap unit. Pengambilan data hari ketiga dan kelima menggunakan metode *quadratic programming*

B. Karakteristik Bahan Bakar dan Produksi

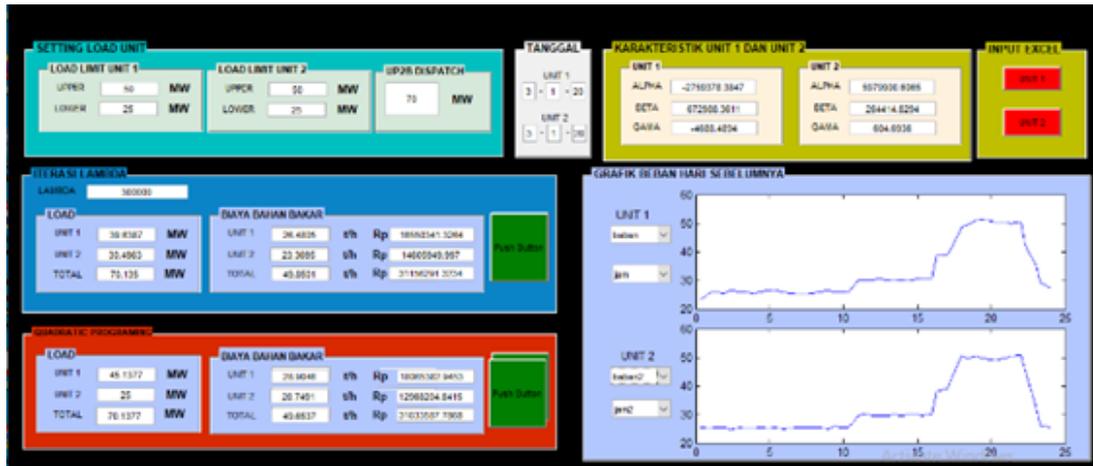
Hasil Perhitungan menggunakan data operasi didapat karakteristik biaya produksi atau pemakaian batu bara setiap unit dihari yang berbeda seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Karakteristik PLTU Barru Unit 1 dan Unit 2

Hari Ke-	Unit	Karakteristik
1	1	$C_1 = -655024,83 + 551594,24 P_1 + (-3122,11) P_1^2$
	2	$C_2 = 1613732,63 + 529540,50 P_2 + (-3060,18) P_2^2$
2	1	$C_1 = -3616544,36 + 721299,75 P_1 + (-5379,63) P_1^2$
	2	$C_2 = 546026,98 + 594832,21 P_2 + (-2227,09) P_2^2$
3	1	$C_1 = -2337829,72 + 627110,06 P_1 + (-3538,98) P_1^2$
	2	$C_2 = 5998485,19 + 227903,27 P_2 + 1491,06 P_2^2$
4	1	$C_1 = -936912,42 + 553420,55 P_1 + (3048,06) P_1^2$
	2	$C_2 = 5973297,59 + 264403,86 P_2 + 501,21 P_2^2$

Setelah mendapatkan karakteristik bahan bakar unit 1 dan unit 2, kemudian menghitung ekonomi *dispatch* menggunakan bantuan *software* Matlab

atau *Graphical Using Interface* (GUI) MatLab. Sebelum menghitung harus ditentukan terlebih dahulu daya maksimal dan minimum yang dikeluarkan generator saat beroperasi pada masing-masing unit. Pada perhitungan *quadratic programming* tidak menggunakan inisiasi lambda seperti iterasi lambda. Daya maksimal generator setiap unit senilai 50 MW dan daya minimal generator yang dapat atau diizinkan dioperasikan senilai 25 MW. Daya minimal generator diambil dari aspek ketahanan atau *life time* dan efisiensi dari *boiler*, turbin dan peralatan pembangkit listrik tenaga uap lainnya. Sehingga disepakati 25 MW adalah daya minimal yang boleh dikeluarkan generator PLTU Barru. Perhitungan menggunakan GUI Matlab berdasarkan karena ada formula pada Matlab yang dapat menghitung *quadratic programming* yaitu “quadprog(H,F,A,B)”. Tampilan dan Hasil perhitungan menggunakan GUI Matlab adalah pada gambar 2 dan table 2 berikut.

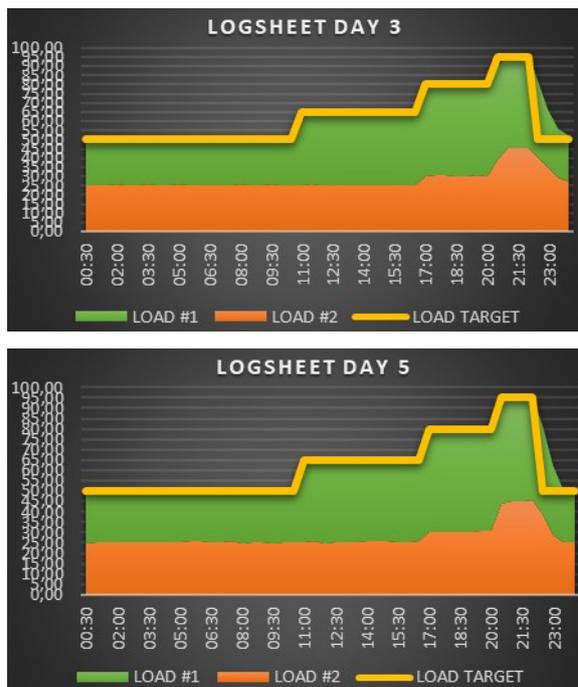


Gambar 2. GUI Economic Dispatch PLTU Barru

Tabel 2. Hasil Perhitungan Metode Quadratic Programing

Hari Ke-	Karakteristik Unit 1	Karakteristik Unit 2	Dispatch MW	Daya #1 MW	Daya #2 MW	Total Daya MW	BB #1 ton	BB #2 ton	Total BB ton
3	$C1 = -3616544,36 + 721299,75 P1 + (-5379,63) P1^2$	$C2 = 546026,98 + 594832,21 P2 + (-2227,09) P2^2$	65	40,11	25	65,11	26,65	20,62	47,28
			80	50	30,17	80,17	30,39	23,70	54,10
			95	50	45,24	95,24	30,39	30,69	61,09
5	$C1 = -936912,42 + 553420,55 P1 + (3048,06) P1^2$	$C2 = 5973297,59 + 264403,86 P2 + 501,21 P2^2$	65	40,11	25	65,11	26,17	20,63	46,80
			80	50	30,17	80,17	30,58	23,05	53,63
			95	50	45,24	95,24	30,58	30,34	60,92

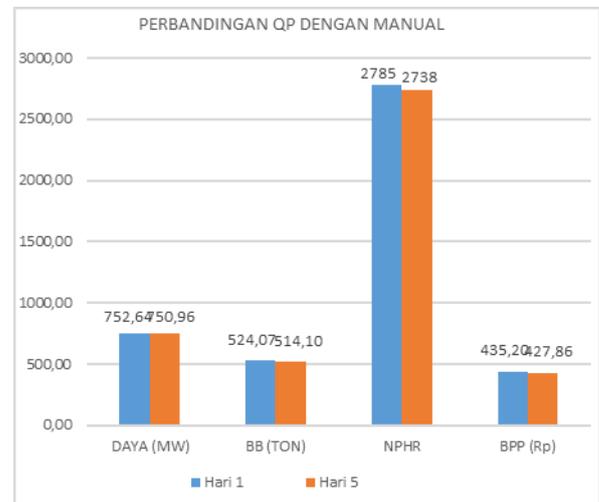
Pada penelitian hari ketiga dan kelima penulis mengaplikasikan hasil perhitungan data operasi pembangkit unit 1 dan unit 2 PLTU Barru yang didapat pada hari sebelumnya menggunakan *quadratic programming*. Jumlah pembagian daya masing-masing unit berdasarkan dispatch PT. PLN UP2B Sulawesi Selatan. Hasil pengoperasian PLTU Barru pada penelitian hari ketiga dan kelima dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Daya *Logsheet* Hari Ketiga dan Kelima

Menurut hasil perbandingan antara data operasi pada penelitian hari pertama dengan penelitian hari kelima. Dimana pada penelitian hari pertama pengambilan keputusan alokasi daya masing-masing unit dengan metode manual atau dapat dikatakan membagi sama rata daya pada masing-masing unit.

Hari ketiga dan kelima dengan metode *quadratic programming* dengan mengambil contoh pada penelitian hari kelima. Data yang diperbandingkan adalah pembangkit yang sudah *steady* nilai dayanya dan ketika PT. PLN UP2B mulai *dispatch* beban.



Gambar 4. Perbandingan *Quadratic Programming* Dengan Manual

Merujuk pada gambar 4 dapat dinyatakan hasil pengoperasian pada penelitian hari kelima lebih efisien dari hari pertama. Dapat juga dinyatakan penggunaan metode *quadratic programming* lebih bagus 46,92 NPHR dari metode manual pada PLTU Barru. Dimana metode manual memiliki NPHR 2785 dengan biaya produksi senilai Rp.435,20 per KWH. Metode *quadratic programming* memiliki NPHR 2738 dengan biaya produksi senilai Rp.427,86 per KWH.

4. KESIMPULAN

Dari pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembagian beban pada PLTU Barru jika di-order beban oleh UP2B aktualnya menggunakan metode manual dengan cara menaikkan kedua unit pembangkit secara bersamaan dengan nilai berimbang.
2. Menurut hasil pengambilan data hari ke-1 dan ke-5, perbandingan hasil pengaplikasian metode manual dengan metode *quadratic programing* memiliki perbedaan NPHR 46,92 dan biaya produksi Rp. 7,34 per KWH.
3. Aplikasi perhitungan pembangkitan ekonomis pada PLTU Barru dapat dengan baik digunakan sehingga dapat memudahkan dalam mengoptimasi biaya pembangkitan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Layanan Pembiayaan Pendidikan (PUSLAPDIK) dan Lembaga Pembiayaan Dana Pendidikan (LPDP) yang telah memberikan bantuan untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, Z., Robandi, I., & Wibowo, R. S. J. J. T. I. (2012). Dynamic Economic Dispatch Menggunakan

Quadratic Programming. *I*(1), B49-B52.

Benhamida, F., Ziane, I., Souag, S., Salhi, Y., & Dehiba, B. (2013). *A quadratic programming optimization for dynamic economic load dispatch: Comparison with GAMS*.

Farsi, F. N., Albadi, M., Hosseinzadeh, N., & Badi, A. H. (2015). Economic Dispatch in power systems. *2015 IEEE 8th GCC Conference and Exhibition, GCCCE 2015*. doi:10.1109/IEEGCC.2015.7060068

Huang, Z., Li, Y., Jiang, S., Chen, Z., & An, T. (2019, 17-20 Dec. 2019). *A Novel FDTD Cells Generation Technology and MATLAB-GUI Implementation*. Paper presented at the 2019 Photonics & Electromagnetics Research Symposium - Fall (PIERS - Fall).

HUMENA, S. (2016). Optimization Economic Power Generation Using Modified Improved Pso Algorithm Methods. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 93(2), 522-530.

Marwan. (2018). *Komputasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: ANDI.

- MASFUFAH. (2016). *Optimasi Biaya Operasi Pemangkit Thermal Pada Pt. Semen Tonasa Pangkep*. (Undergraduate Theses), Politeknik Negeri Ujung Pandang,
- McLarty, D., Panossian, N., Jabbari, F., & Traverso, A. (2019). Dynamic economic dispatch using complementary quadratic programming. *Energy*, *166*, 755-764.
- Nasiruzzaman, A., & Rabbani, M. (2008). *An educational purpose GUI for evolutionary computation in economic dispatch problem*. Paper presented at the 2008 International Conference on Electrical and Computer Engineering.
- Singh, M., Deepika, & Kumar, M. (2014, 5-7 Dec. 2014). *Economic load dispatch calculator*. Paper presented at the 2014 6th IEEE Power India International Conference (PIICON).
- Sofyan. (2010). *Studi Operasi Ekonomis Pembangkit Tenaga Listrik Pada Sistem Kelistrikan Sulawesi Selatan*. (Pascasarjana), Universitas Hasanuddin,
- Takanashi, H., & Adachi, S. (2006). Development Of A Gui For A System Identification Device Using Matlab. *IFAC Proceedings Volumes*, *39*(1), 925-930.
doi:<https://doi.org/10.3182/20060329-3-AU-2901.00147>
- Tasrif, Suyono, Hadi, Hasanah, & Nur, R. (2018). Economic Dispatch in 150 KV Sulselrabar Electrical System Using Ant Colony Optimization. *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE)*, *13*(3), 28-35.
doi:10.9790/1676-1303022835
- Wood, A. J. (2013). *Power Generation, Operation, and Control Third Edition*: John Wiley.
- Yuliana, & Azdima, M. F. (2016). *Optimisasi Penjadwalan Pembangkit Listrik Untuk Sistem Sulselbar Dengan Metode Dynamic Programming*. (Undergraduate Theses), Politeknik Negeri Ujung Pandang,
- Yunus, A. M. S., & Djalal, M. R. (2019, 21-22 Oct. 2019). *Optimization of Economic Dispatch of 150 kV Sulselrabar System using Lagrange Approach*. Paper presented at the 2019 International Conference on Technologies and Policies in Electric Power & Energy.