



# Implementasi Novel Bat Algorithm Untuk Penjadwalan Ekonomis Pembangkit Listrik Termal Dengan Integrasi PLTB

Sulistianingsih Nur Fitri<sup>1\*</sup>, Syahrul Mustafa<sup>2</sup>, Fatmawati Azis<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Bosowa

\*Email : [sulistianingsihnurfitri@politeknikbosowa.ac.id](mailto:sulistianingsihnurfitri@politeknikbosowa.ac.id)

**Abstract:** Economic dispatch aims to control the variables of the power system so that the power plants can generate maximally based on load demand according to the characteristics of each plant and with cheaper production costs. In this study, economic dispatch is applied to thermal power plants with the integration of Wind Power Plants (PLTB) in Sulselrabar 150kV power system using the Novel Bat Algorithm (NBA) optimization method, considering voltage stability. The generation cost that can be reduced using the NBA method is IDR 12,583,781 per hour compared to the results of the existing system. With the integration of 100% of the PLTB capacity, the NBA method still provides cheaper economic dispatch results. Using the NBA method, the generation cost can be reduced by IDR 29,854,367 compared to the results of the existing system. After the integration of 100% of the PLTB capacity, the power losses obtained are smaller than before the integration of the PLTB. The system bus voltage conditions before and after the integration of the PLTB are also in good condition as they are within the voltage regulation limits set by PLN, which are +5% and -10%.

**Keywords:** economic dispatch; thermal power system; PLTB; Novel Bat Algorithm; power system.

## 1. PENDAHULUAN

Penjadwalan ekonomis (*economic dispatch*) sistem pembangkit Listrik memiliki kontribusi yang sangat penting dalam ketenagalistrikan. Penjadwalan ekonomis pembangkit listrik merupakan salah satu cara untuk pengaturan rencana dan pengoperasian tenaga listrik. Penjadwalan ekonomis pembangkit termal memiliki fungsi dalam mempertahankan sisi ekonomi sistem tenaga listrik. Penjadwalan ekonomis bertujuan untuk mengatur variable control sistem tenaga listrik agar pembangkit dapat memproduksi daya listrik secara maksimal sesuai dengan kebutuhan konsumen daya listrik namun tetap memperhatikan karakter masing-masing pembangkit dan yang paling utama tidak menghabiskan biaya produksi yang besar serta tetap mempertimbangkan kendala-kendala yang ada, seperti keseimbangan pembangkitan, batas operasi pembangkit, dan rugi-rugi daya pada saluran (Dwi Putra & Abadi, 2023).

Tingkat penetrasi tenaga angin dalam sistem tenaga listrik telah meningkat secara konstan selama beberapa tahun terakhir. Berbeda dengan pembangkit listrik termal, Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) tidak mengkonsumsi bahan bakar fosil. Hal ini menawarkan banyak keuntungan termasuk dalam penghematan energi. Akan tetapi, Sifat tidak pasti dari energi angin menimbulkan tantangan dalam hal operasi dan control

saat diintegrasikan dengan jaringan tenaga listrik yang terlebih dahulu tersedia (Chen et al., 2016). Penjadwalan ekonomis umumnya mengalokasikan beban dan dilakukan secara optimal pada pembangkit-pembangkit termal yang ada. Saat ini, penjadwalan ekonomis tidak hanya dilakukan terhadap pembangkit termal namun juga diintegrasikan dengan pembangkit-pembangkit energi terbarukan, salah satunya dengan PLTB (et al., 2020). PLTB pertama yang dibangun di Indonesia khususnya di daerah Sidrap Sulawesi Selatan memiliki kapasitas 75 MW dan terintegrasi pada sistem kelistrikan Sulawesi Selatan pada saluran interkoneksi 150 kV.

Seiring dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi, semakin banyak metode optimasi dan algoritma yang dikembangkan untuk digunakan dalam penjadwalan ekonomis pembangkit termal sistem tenaga listrik, diantaranya adalah *Particle Swarm Optimization* (PSO) (Dwi Putra & Abadi, 2023), *flower pollination algorithm* (Vijayaraj & Santhi, 2016), *cuckoo search algorithm* (Nguyen et al., 2018), *grey wolf optimizer* (Jayabarathi et al., 2016), *firefly algorithm* (Ibrahim et al., 2017), *artificial bee colony algorithm* (Sharifi et al., 2017), *Symbiotic Organisms Search* (SOS) (Sonmez et al., 2017), *orthogonal learning competitive swarm organizer* (Xiong & Shi, 2018), *whale optimization* (Nazari-Heris et al., 2019), *Genetic Algorithm* (Arief et al., 2022) *fruit fly optimization algorithm* (FOA) (Haripuddin et al., 2021), *lambda iteration method* (Riswandi et al., 2021), dan *Novel Bat Algorithm* (NBA), (Fitri et al., 2018). Pada penelitian ini digunakan metode *Novel Bat Algorithm* (Algoritma Kelelawar Baru) dimana pengaplikasiannya didasarkan pada kemampuan kelelawar Ketika mereka menangkap mangsanya dengan mengandalkan kemampuan ekolokasi mereka.

Berdasarkan penjelasan diatas maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penjadwalan ekonomis pembangkit termal yang teintegrasi dengan PLTB menggunakan metode optimasi *Novel Bat Algorithm* (NBA).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bersifat analisis sehingga dari ruang lingkup masalah dapat dilakukan dengan metode studi pustaka, metode pengumpulan data dan analisis menggunakan metode *artificial intelligence*. Dalam penelitian ini metode yang diusulkan adalah *Novel Bat Algorithm* (NBA). Metode NBA merupakan adaptasi dari perilaku kelelawar. Sebagian besar kelelawar memiliki kemampuan echolocation yang canggih. Banyak kelelawar menggunakan pulsa frekuensi konstan untuk *echolocation*, sementara kelelawar lainnya menggunakan sinyal termodulasi frekuensi. Pulsa ini dapat dihubungkan dengan strategi berburu mereka. Kelelawar dapat mendeteksi mangsa, menghindari rintangan dan menemukan celah-celah mereka dalam gelap. Kemampuan ini dikaitkan tidak hanya pada kemampuan ekolokasi canggih kelelawar, tetapi juga kompensasi adaptif kelelawar untuk efek Doppler dalam gema. Tingkat kompensasi kelelawar untuk efek Doppler dalam gema tergantung pada spesies. Beberapa spesies dapat mengkompensasi efek Doppler parsial dalam gema, sementara spesies lain dapat menunjukkan hampir kompensasi penuh.

Dengan kemampuan echolocation yang canggih ini, mereka dapat mendeteksi jarak dan orientasi target. Namun, kelelawar juga dapat membedakan target dengan kompensasi yang tidak sempurna untuk efek Doppler dalam gema (Meng et al., 2015).

Habitat mencari makan kelelawar bervariasi dengan spesies. Kelelawar bisa menyesuaikan perilaku *echolocation* mereka di habitat yang berbeda di mana mereka mencari makan, sehingga mendorong mereka untuk mencari makan di lebih dari satu habitat. Beberapa spesies kelelawar mencari makan di berbagai habitat, sementara yang lain mungkin mencari makan terutama di habitat hutan atau di habitat air. Sementara itu, spesies kelelawar berbeda akan mencari makan di habitat yang sama.

Berdasarkan *pseudo code* dari NBA maka didapatkan beberapa tahapan untuk algoritma ini yaitu:

Tahap 1 : Menginisialisasi dan memasukkan parameter-parameter dari metode BA dan NBA, yang terdiri dari iterasi maksimum (M), ukuran populasi (pop), ukuran dimensi (dim) , tingkat pulsa maksimal (r0Max) dan minimal (r0Min), frekuensi maksimal (freqDMax) dan minimal (freqDMin), kenyaringan maksimal (AMax) dan minimal (AMin), gamma, alpha, frekuensi untuk peningkatan kenyaringan dan tingkat pulsa emisi (G), tingkat kompensasi maksimal (CMax) untuk efek *Doppler*, tingkat kompensasi minimal (CMin) untuk efek *Doppler*, *probability* maksimal pemilihan habitat (probMax), *probability* minimal pemilihan habitat (probMin), koefisien kontraksi Cekspansi maksimal (thetaMax), koefisien kontraksi cekspansi minimal (thetaMin), berat inersia maksimal (wMax) dan berat inersia minimal (wMin).

Tahap 2 : Mengevaluasi fungsi objektif dari masing-masing individual pada waktu t.

Tahap 3 : Memilih habitat pencarian mangsa. Jika nilai ambang batas pilhan (P) lebih besar dari angka acak (R) maka kelelawar akan memilih perilaku mekanik untuk menghasilkan solusi baru menggunakan Persamaan 1 – 3 pada habitat kecil. Namun jika P lebih kecil dari R maka kelelawar akan menghasilkan solusi baru menggunakan persamaan 4 pada habitat baru.

$$f_{ij} = \frac{(c + v_{ij}^t)}{c + v_{g_j}^t} * f_{i,j} * \left( 1 + C_i * \frac{(g_j^t - x_{ij}^t)}{|g_j^t - x_{ij}^t| + \varepsilon} \right) \quad (1)$$

$$v_{i,j}^{t+1} = w * v_{i,j}^t + (g_j^t - x_{i,j}^t) * f_{i,j} \quad (2)$$

$$x_{i,j}^{t+1} = x_{i,j}^t + v_{i,j}^t \quad (3)$$

$$x_{ij}^{t+1} = \begin{cases} g_j^t + 0 * |mean_j^t - x_{ij}^t| * \ln \frac{1}{u_{ij}} . if rand_j(0.1) < 0.5. \\ g_j^t - 0 * |mean_j^t - x_{ij}^t| * \ln \frac{1}{u_{ij}} . if rand_j(0.1) < 0.5. \end{cases} \quad (4)$$

Tahap 4 : Memilih solusi lokal dari sekitar solusi terbaik yang didapatkan sebelumnya menggunakan persamaan

$$\text{If } (\text{rand}(0.1) > r_i) \quad (5)$$

$$x_{i,j}^{t+1} = g_j^t * (1 + \text{rand } n(0, \sigma^2)) \quad (6)$$

$$\sigma^2 = |A_i^t - A_{mean}^t| + \varepsilon \quad (7)$$

Tahap 5 : Mengevaluasi fungsi objektif dari setiap individu.

Tahap 6 : Memperbarui solusi, kenyaringan dan tingkat *emission pulse* menggunakan persamaan di bawah ini.

$$\text{if } (\text{rand}(0.1) < A_i \ \&\& \ f(x_i) < f(x)) \quad (8)$$

$$f(x) = f(x_i) \quad (9)$$

$$A_i^{t+1} = vA_i^t \quad (10)$$

Tahap 7 : Mengurutkan solusi terbaru dan menemukan global best  $g^t$  yang baru.

Tahap 8 : Menginisialisai ulang tingkat kenyaringan (A) dan mengatur tingkat *emission pulse* sementara ( $r_i$ ), dimana nilai dari parameter ini merupakan angka acak antara 0,85 sampai 0,9 jika global best  $g^t$  tidak mengalami perbaikan dalam tahapan memperbarui solusi, kenyaringan dan tingkat *emission pulse*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, telah dilakukan perhitungan untuk mengetahui total biaya pembangkitan yang termurah dengan melihat batasan-batasan keseimbangan daya, kemampuan pembangkitan, rugi-rugi transmisi serta tegangan bus sistem. Dalam rangka memperoleh total pembangkitan termurah dilakukanlah penjadwalan ekonomis menggunakan metode NBA. Hasil yang diperoleh menggunakan metode NBA kemudian dibandingkan dengan hasil penjadwalan ekonomis sistem yang sudah ada (existing system). Pengaplikasian metode NBA dilakukan pada sistem interkoneksi 150 kV Sulselrabar. Dalam simulasi menggunakan NBA terhadap sistem yang dikaji, digunakan simulasi pada waktu beban puncak siang pukul 14.00 WITA pada tanggal 4 Desember 2017.

Sistem interkoneksi 150kV ini terdiri dari 29 bus, 35 saluran transmisi dan 11 pembangkit yang terdiri dari 9 pembangkit termal, 1 pembangkit tenaga angin dan 3 pembangkit tenaga air. Pada simulasi yang dilakukan hanya menggunakan 4 bus generator yaitu bus tello (PLTD Tello), bus punagaya (PLTU Jeneponto), bus Parepare (PLTD Suppa) dan bus Sengkang (PLTU Sengkang). Hal ini disebabkan karena adanya beberapa bus yang dalam keadaan tidak beroperasi saat itu, yaitu bus Balusu, bus Tallasa, bus Tallo lama, bus Masamba dan bus Sungguminasa. Adapun data yang digunakan pada penelitian ini adalah data bus beban puncak, data saluran transmisi, fungsi biaya bahan bakar termal, fungsi biaya PLTB serta batasan daya masing masing pembangkit.

Parameter yang digunakan saat mengimplementasikan metode NBA untuk penjadwalan ekonomis pembangkit termal tanpa integrasi PLTB pada sistem kajian adalah sebagai berikut:

1. Iterasi maksimum (M) : 1000
2. Ukuran populasi (pop) : 30
3. Ukuran dimensi (dim) : 20
4. Tingkat pulsa maksimal (r0Max) dan minimal (r0Min) : 1 & 0
5. Frekuensi maksimal (freqDMax) dan minimal (freqDMin) : 1,5 & 0
6. Kenyaringan maksimal (AMax) dan minimal (AMin) : 2 & 1
7. Gamma : 0,9
8. Alpha : 0,99
9. Frekuensi untuk peningkatan kenyaringan dan tingkat pulsa emisi (G): 10
10. Tingkat kompensasi maksimal (CMax) untuk efek *Doppler* : 0,9
11. Tingkat kompensasi minimal (CMin) untuk efek *Doppler* : 0,1
12. Probability maksimal pemilihan habitat (probMax) : 0,9
13. Probability minimal pemilihan habitat (probMin) : 0,6
14. Koefisien kontraksi Cekspansi maksimal (thetaMax) : 1
15. Koefisien kontraksi Cekspansi minimal (thetaMin) : 0,5
16. Berat inersia maksimal (wMax) : 0,9
17. Berat inersia minimal (wMin) : 0,1

Dengan menggunakan metode optimasi NBA pada penjadwalan ekonomis maka diperoleh nilai P (daya aktif) masing-masing pembangkit untuk melayani beban, total biaya pembangkitan serta besar rugi-rugi daya. Hasil yang diperoleh dari metode NBA dibandingkan dengan hasil penjadwalan ekonomis *existing system* itu sendiri.

### 3.1 Penjadwalan Ekonomis Pembangkit Termal Tanpa Integrasi PLTB

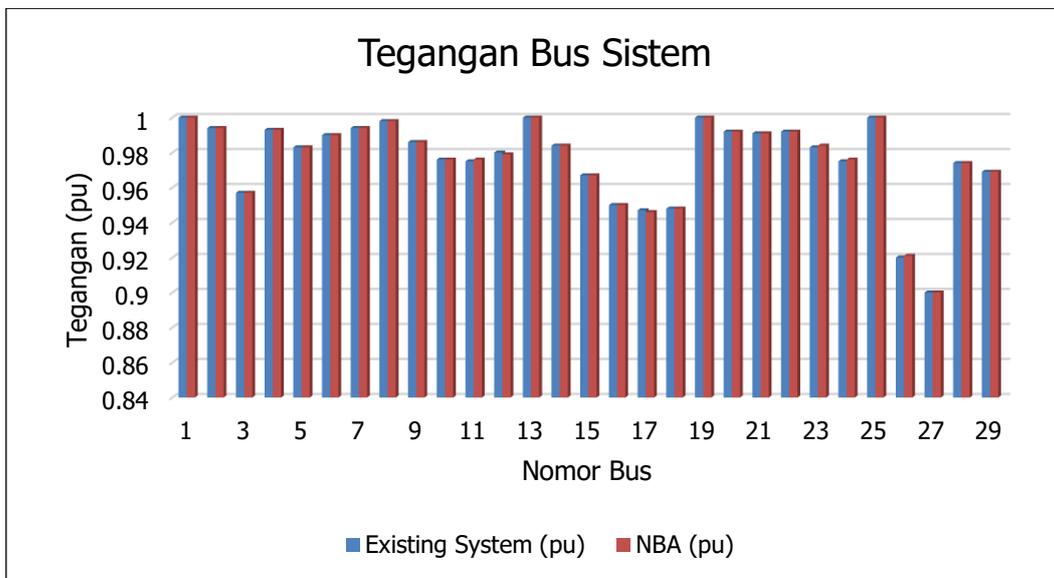
Dari hasil simulasi menggunakan metode NBA terlihat bahwa biaya pembangkitan menjadi lebih murah jika dibandingkan dengan hasil dari *existing system*. Biaya pembangkitan yang didapatkan menggunakan metode NBA sebesar Rp283.709.059 per jam dan hasil dari *existing system* sebesar Rp296.292.840 per jam. Biaya pembangkitan yang dapat direduksi dengan menggunakan metode NBA sebesar Rp12.583.781 per jam atau sekitar 4,24% jika dibandingkan dengan hasil penjadwalan ekonomis dari *existing system*. Dengan menggunakan metode NBA besar rugi-rugi daya yang didapatkan adalah 18,53 MW, sedangkan dari *existing system* sebesar 18,50 MW.

**Tabel 1.** Hasil Penjadwalan Ekonomis Pembangkit Termal Tanpa Integrasi PLTB

Unit Bus	Existing System (MW)	NBA (MW)
1	48,20	47,81
13	232,104	232,10
19	62,02	62,50
25	189,63	189,57

Unit Bus	Existing System (MW)	NBA (MW)
Ploss	18,50	18,53
Pload	513,465	513,465
Tload	531,954	540,98
Biaya Pembangkit (Rp/Jam)	Rp 296.292.840	Rp 283.709.059

Selain memperhatikan hasil penjadwalan, keadaan tegangan juga dipertimbangkan dalam penelitian ini, seperti yang ditunjukkan pada grafik Gambar 2. Kestabilan tegangan diantara kedua metode ini menunjukkan hasil yang cukup baik karena berada rentan yang sesuai dengan batas regulasi PLN yaitu +5% dan -10%.



**Gambar 1.** Perbandingan Tegangan Bus Sistem Tanpa Integrasi PLTB

### 3.2 Penjadwalan Ekonomis Pembangkit Termal Dengan Integrasi 100% Kapasitas PLTB

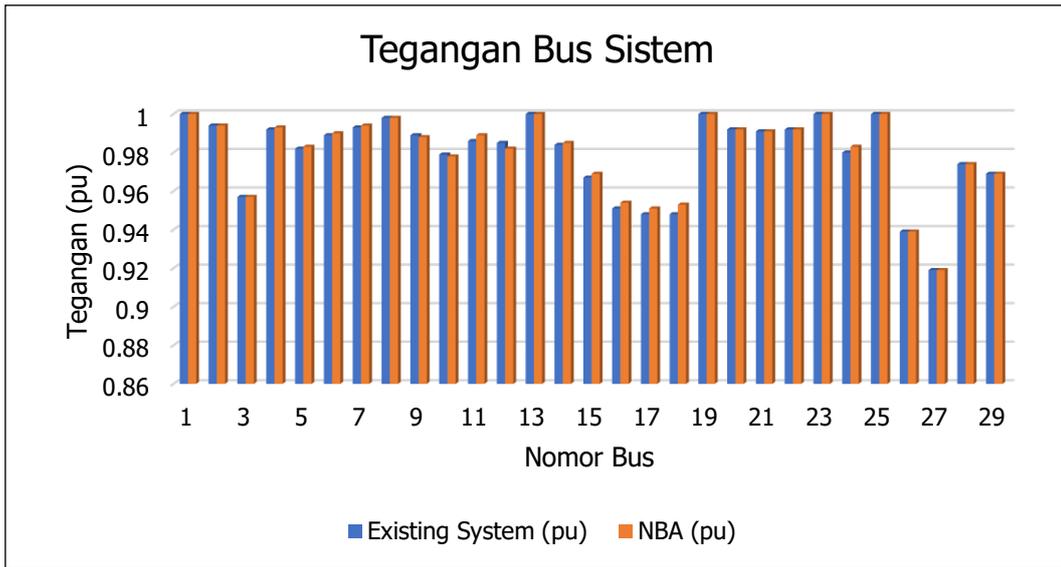
Hal lain yang berbeda dari simulasi penjadwalan ekonomis pembangkit termal tanpa adanya integrasi PLTB adalah fungsi biaya pembangkit tenaga angin. Dikarenakan PLTB dimiliki oleh operator (bukan PLN), maka biaya pembangkitan langsung (*direct cost*) dan biaya karena tidak menggunakan semua tenaga angin yang tersedia (*penalty cost*) dapat diabaikan. Sehingga, pembangkit tenaga angin dapat dimaksimalkan hingga kapasitas maksimalnya yaitu sebesar 75 MW dengan *overestimation cost* Rp1.436/kWh yang mengacu pada *Power Purchase Agreement (PPA)* atau Perjanjian Jual Beli Listrik antara UPC *Renewables* dengan PT. PLN pada Agustus 2015 Sukmawijaya, A. (2017, October 1) . Harga listrik yang dibeli PLN dari PLTB Sidrap masih lebih mahal dibandingkan biaya

pokok penyediaan (BPP) listrik setempat. BPP di Sistem Sulawesi Selatan hanya Rp1.050/kWh. Hal inilah yang menyebabkan harga pembangkitan setelah adanya integrasi PLTB masih cukup mahal.

**Tabel 2.** Hasil Penjadwalan Ekonomis Pembangkit Termal dengan Integrasi 100% Kapasitas PLTB

Unit Bus	Existing System (MW)	NBA (MW)
1	27,63	40,18
13	250	196,38
19	62,5	62,5
23	75	75
25	115,60	155,50
Ploss	17,27	16,11
Pload	513,465	513,465
Tload	530,73	529,56
Biaya Pembangkit (Rp/Jam)	Rp 351.903.230	Rp 322.048.863

Pada Tabel 2 menunjukkan hasil penjadwalan ekonomis pembangkit termal dengan adanya integrasi 100% dari kapasitas PLTB. Dengan adanya integrasi 100% dari kapasitas PLTB, metode NBA tetap memberikan hasil penjadwalan ekonomis pembangkitan yang lebih murah yaitu Rp 322.048.863 per jam sedangkan hasil dari *existing system* sebesar Rp 351.903.230 per jam. Dengan menggunakan metode NBA harga pembangkitan yang dapat direduksi sebesar Rp 29.854.367 jika dibandingkan dengan hasil dari *existing system*. Setelah adanya integrasi 100% dari kapasitas PLTB, rugi-rugi daya yang didapatkan menjadi lebih kecil sebelum adanya integrasi PLTB. Besar rugi-rugi yang didapatkan berdasarkan penggunaan metode NBA yaitu 16,11 MW dan hasil dari *existing system* sebesar 17,27 MW. Terdapat selisih 1,16 MW antara rugi-rugi daya hasil metode NBA dan *existing system*. Sedangkan selisih sebelum dan setelah adanya integrasi 100% kapasitas PLTB menggunakan metode NBA adalah sebesar 2,42 MW. Profil tegangan bus sistem setelah adanya integrasi 100% kapasitas PLTB juga masih dalam keadaan batas tegangan yang sesuai seperti yang ditunjukkan pada, serta profil tegangan bus sistem berdasarkan hasil penjadwalan ekonomis metode NBA lebih baik dari *existing system*.



**Gambar 2.** Perbandingan Tegangan Bus Sistem Dengan Integrasi 100% Kapasitas PLTB

#### 4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini metode NBA mampu memberikan solusi penjadwalan ekonomis yang lebih baik dibandingkan dengan metode IPSO dan *existing system* baik tanpa dan dengan adanya integrasi PLTB yang terapkan pada sistem 150 kV Sulselrabar. Sebelum adanya integrasi PLTB, biaya produksi yang dapat direduksi menggunakan metode NBA yaitu sebesar Rp12.583.781 jika dibandingkan dengan hasil dari *existing system*. Setelah adanya integrasi PLTB ini, metode NBA masih tetap mampu memberikan solusi harga pembangkitan yang lebih murah dibandingkan dengan *existing system*. Dengan menggunakan metode NBA harga pembangkitan yang dapat direduksi sebesar Rp 29.854.367 jika dibandingkan dengan hasil dari *existing system*. Setelah adanya integrasi 100% dari kapasitas PLTB, rugi-rugi daya yang didapatkan menjadi lebih kecil sebelum adanya integrasi PLTB. Keadaan tegangan bus sistem sebelum dan setelah adanya integrasi PLTB juga dalam keadaan baik karena berada pada batas regulasi tegangan yang telah ditetapkan oleh PLN yaitu +5% dan -10%.

#### REFERENSI

- Arief, A., Nappu, M. B., Mustafa, S., Erwin, & Thaha, S. (2022). Optimal capacitor placement in a dominant induction motor loads power system. *Energy Reports, 8*, 592–597. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.10.254>
- Chen, H., Zhang, R., Li, G., Bai, L., & Li, F. (2016). Economic dispatch of wind integrated power systems with energy storage considering composite operating costs. *IET Generation, Transmission and Distribution, 10(5)*, 1294–1303. <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2015.0410>
- Dey\*, S. K., Dash, D. P., & Basu, M. (2020). Economic Environmental Dispatch of Wind Integrated Thermal Power System. *International Journal of Recent Technology and*

- Engineering (IJRTE)*, *8*(6), 5186–5192.  
<https://doi.org/10.35940/ijrte.f9528.038620>
- Dwi Putra, M. S., & Abadi, S. (2023). Penjadwalan Ekonomis Pada Pembangkit Termal Dengan Menggunakan Particle Swarm Optimization. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, *21*(1), 156. <https://doi.org/10.31963/sinergi.v21i1.4239>
- Fitri, S. N., Akil, Y. S., & Gunadin, I. C. (2018). Economic Dispatch using Novel Bat Algorithm Constrained by Voltage Stability. *Proceedings - 2nd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology: Internet of Things for Industry, EIconCIT 2018*, 163–167.  
<https://doi.org/10.1109/EIconCIT.2018.8878604>
- Haripuddin, H., Riska, M., & Muchtar, A. (2021). Implementasi Metode Lalat Buah dalam Penjadwalan Ekonomis Pembangkit pada Sistem Tenaga Listrik. *Seminar Nasional LP2M UNM*. <https://ojs.unm.ac.id/semnaslemlit/article/download/25253/12633>
- Ibrahim, R. S., Wibowo, R. S., & Musthofa, A. (2017). Economic Load Dispatch Unit Pembangkit Termal Mempertimbangkan Penambahan Pembangkit Tenaga Angin Dengan Menggunakan Firefly Algorithm. *Jurnal Teknik ITS*, *6*(1).  
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i1.21189>
- Jayabarathi, T., Raghunathan, T., Adarsh, B. R., & Suganthan, P. N. (2016). Economic dispatch using hybrid grey wolf optimizer. *Energy*, *111*, 630–641.  
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.05.105>
- Meng, X. B., Gao, X. Z., Liu, Y., & Zhang, H. (2015). A novel bat algorithm with habitat selection and Doppler effect in echoes for optimization. *Expert Systems with Applications*, *42*(17–18), 6350–6364. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.04.026>
- Nazari-Heris, M., Mehdinejad, M., Mohammadi-Ivatloo, B., & Babamalek-Gharehpetian, G. (2019). Combined heat and power economic dispatch problem solution by implementation of whale optimization method. *Neural Computing and Applications*, *31*(2), 421–436. <https://doi.org/10.1007/s00521-017-3074-9>
- Nguyen, T. T., Nguyen, T. T., & Vo, D. N. (2018). An effective cuckoo search algorithm for large-scale combined heat and power economic dispatch problem. *Neural Computing and Applications*, *30*(11), 3545–3564. <https://doi.org/10.1007/s00521-017-2941-8>
- Riswandi, S., Lubis, R. S., & Syukri, M. (2021). Operasi Ekonomis Pada Sistem Pembangkit Thermal Sumatera Barat Dengan Menggunakan Metode Iterasi Lambda. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, Dan Elektro*, *6*(1), 19–25.  
<https://doi.org/10.24815/kitektro.v6i1.20719>
- Sharifi, S., Sedaghat, M., Farhadi, P., Ghadimi, N., & Taheri, B. (2017). Environmental economic dispatch using improved artificial bee colony algorithm. *Evolving Systems*, *8*(3), 233–242. <https://doi.org/10.1007/s12530-017-9189-5>
- Sonmez, Y., Kahraman, H. T., Dosoglu, M. K., Guvenc, U., & Duman, S. (2017). Symbiotic organisms search algorithm for dynamic economic dispatch with valve-point effects. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*, *29*(3), 495–515.  
<https://doi.org/10.1080/0952813X.2016.1198935>

- Vijayaraj, S., & Santhi, R. K. (2016). Multi-area economic dispatch using flower pollination algorithm. *International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques, ICEEOT 2016*, 4355–4360. <https://doi.org/10.1109/ICEEOT.2016.7755541>
- Xiong, G., & Shi, D. (2018). Orthogonal learning competitive swarm optimizer for economic dispatch problems. *Applied Soft Computing Journal*, 66, 134–148. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.02.019>