

Aplikasi ORCA Algorithm Pada Optimasi Penyediaan Daya Sistem Berbasis Mobilitas Kendaraan Listrik

^{1,2} A.N. Afandi, ² Farrel Candra W.A., ³ Machrus Ali

¹ Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

² Smart Power and Advanced Energy Systems (SPAES) Research Center, Batu, Indonesia

³ Teknik Elektro, Universitas Darul Ulum, Jombang, Indonesia

¹an.afandi@um.ac.id, ²farrel.candrawinata@gmail.com, ³machrus7@gmail.com

Article Info

Article history:

Received September 8th, 2023

Revised September 16th, 2023

Accepted September 29th, 2023

Keyword:

Dynamic Dispatch
 Electric Vehicle
 Flexible Load
 Orca Algorithm
 Power System

ABSTRACT

In reality, the electric power system is run by combining several production units to commit to meeting changes in load demand at each operating time. Apart from that, it also takes into account efforts to reduce overall costs while maintaining the specified technical limits. The general thing that is often done to achieve this condition is carried out with an economical operational approach which leads to minimizing operational costs. During 24 hour operations, the model that is often used is Dynamic Economic Operation (DEO) which takes into account changes in load demand over a 24 hour seven day period. This study uses the IEEE-62 bus system as a model, which is optimized using the Orca Algorithm. The load flexibility pattern is based on the effect of charging integration for Electric Vehicles (EV). The simulation results show that the Orca algorithm solves problems with fast iteration and provides the best results. The Orca algorithm provides good levels of convergence, power output and overall operational costs. EV distances and routes also have varying driving characteristics and varying power utilization. In terms of travel modes, which include one way and two trips, it has a mobility of 208,000 EVs, with respective distributions for working/business/study, service/shopping, leisure time, and other purposes.

Copyright © 2023 Jurnal JEETech.
 All rights reserved.

Corresponding Author:

A.N. Afandi,
 Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Negeri Malang
 Jl. Semarang 5, Malang 65145, Indonesia,
 Email: an.afandi@um.ac.id

Abstrak— Pada kenyataannya, sistem tenaga listrik dijalankan dengan menggabungkan beberapa unit produksi untuk berkomitmen memenuhi perubahan permintaan beban pada setiap waktu pengoperasian. Selain itu juga, memperhitungkan upaya mengurangi biaya keseluruhan dengan tetap mempertahankan batasan teknis yang ditetapkan. Hal umum yang sering dilakukan untuk mencapai kondisi ini, dilakukan dengan pendekatan operasi ekonomis yg mengarah pada minimasi biaya operasional. Sepanjang operasi 24 jam, model yang sering digunakan adalah *Dynamic Economic Operation* (DEO) dengan memperhitungkan perubahan permintaan beban selama periode 24 jam tujuh hari. Kajian ini, menggunakan sistem bus IEEE-62 sebagai model, dimana dioptimasi menggunakan *Orca Algorithm*. Pola fleksibilitas beban didasarkan pada efek dari *charging integration* untuk *Electric Vehicle* (EV). Hasil simulasi menunjukkan bahwa Algoritma Orca menyelesaikan problem dengan iterasi cepat dan memberikan hasil terbaik. Algoritma Orca memberikan tingkat

konvergensi, output daya, dan biaya operasional secara keseluruhan dengan baik. Jarak dan rute EV juga memiliki karakteristik berkendara yang beragam dan pemanfaatan tenaga yang bervariasi. Dari segi, moda perjalanan yang mencakup *one way and two trips*, maka memiliki mobilitas sebesar 208.000 EV, dengan sebaran masing-masing untuk *working/business/study*, *service/shopping*, *leisure time*, dan *other purpose*.

I. Pendahuluan

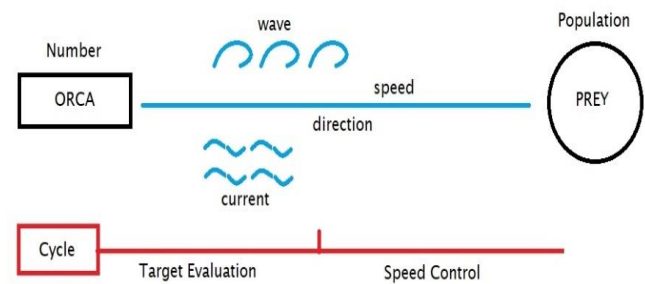
Sebagaimana diketahui selama ini, bahwa *Power System* (PS) dioperasikan dalam kurun waktu 24 jam, 7 hari dalam seminggu, dengan batasan spesifikasi teknis dan non-teknis yang harus tetap dijaga melalui struktur yang saling berhubungan untuk semua komponen yang digunakan, yaitu dari pusat pembangkit, saluran transmisi, saluran distribusi,

dan beban [1]–[3]. Untuk memenuhi kebutuhan energi, PS dikelola secara operasional berdasarkan strategi ekonomis yang mempertimbangkan keseimbangan daya unit produksi, beban, dan rugi-rugi sistem. Cara ini bertujuan untuk mengurangi biaya operasional secara keseluruhan dengan menggabungkan beberapa jenis pembangkit listrik, serta mempertimbangkan pengadaan bahan bakar dan emisi ke lingkungan [4]–[7]. Dengan demikian *Dynamic Economic Operation* (DEO), dikembangkan melalui integrasi *economic dispatch* dan *emission dispatch* untuk menjadwalkan unit pembangkit selama 24 jam 7 hari.

Dalam hal operasi, unit pembangkit biasanya memenuhi permintaan beban pada jangka waktu tertentu, sebagai bagian dari pemenuhan total permintaan beban pada setiap jam. DEO dengan mempertimbangkan perubahan beban, baik statis, beban dinamis, atau beban fleksibel, maka PS harus mampu mengakomodasi fluktuasi beban dan memiliki respon yang baik untuk *tuning* dengan cepat [8]–[10]. Khususnya merespon beban *Electric Vehicle* (EV) yang dialiri listrik dari PS di stasiun pengisian. Secara teknis, proses pengisian akan mempengaruhi produksi daya yang dapat diakses pada unit pembangkit terjadwal pembagian dayanya. Dengan adanya *charge and discharge* EV ini, maka stok energi PS menjadi isu penting, dan perlu perhatian lebih pada komitmen bagi unit pembangkit dalam PS. Oleh karena itu optimasi penyediaan daya menjadi utama untuk menjamin layanan energi andal.

Dalam kaitannya dengan EV tersebut, maka masalah DEO menjadi lebih rumit selama 24 jam 7 hari diakibatkan beban yang lebih dinamis dan tidak terprediksi. Dengan demikian langkah operasi optimal untuk penjadwalan generator pada PS juga penting dicermati berdasarkan *short time operation*. Selain itu, koordinasi antar pembangkit juga sangat diperlukan untuk optimalisasi penjadwalan pembangkit sehingga diperoleh biaya minimal pada saat beroperasi dan memberikan respon yang cepat dan stabil pada kebutuhan *charge and discharge* [11], [12]. Oleh karena itu, untuk menghindari problem yang lebih complex, maka dilakukan dengan menggabungkan komponen emisi, biaya, dan *volatile load* dalam rumusan DEO, yang dilengkapi dengan *penalty factor*. Secara ekonomis, operasi ini didekati dengan menggunakan strategi DEO untuk memenuhi perubahan permintaan secara dinamis tetapi juga menjadi fleksibel dengan masuknya berbagai jenis beban ke dalam PS.

Oleh karena itu, beban fleksibel EV diintegrasikan ke dalam model unit komitmen untuk mendapatkan daya optimal dimana EV memiliki pengaruh dinamis terhadap fungsi PS secara keseluruhan. Selain itu, yang penting adalah jumlah energi listrik yang harus disalurkan ke semua kendaraan listrik di sistem setiap jam sepanjang hari, artinya, dengan mempertimbangkan pola perjalanan EV akan diketahui pola *charge and discharge*, yang butuh ditentukan dengan optimal dalam kurung beroperasinya PS [13], [14].



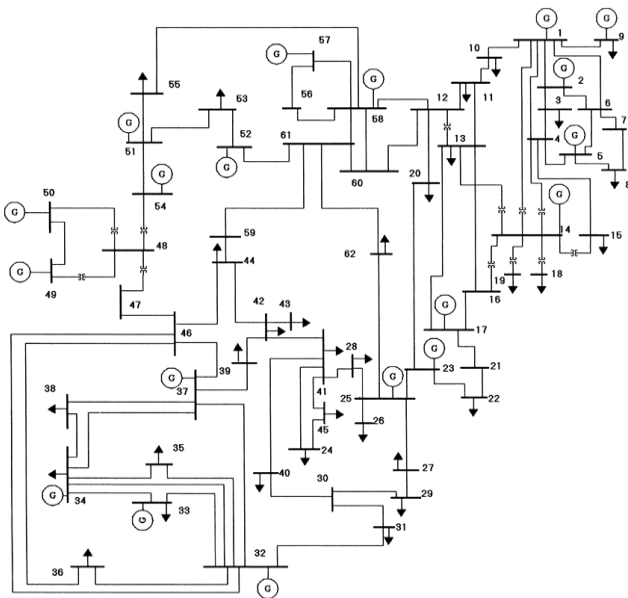
Gambar 1. Pendekatan model berburu Orca

Oleh karena itu, untuk menentukan kondisi optimal tersebut, cukup kompleks dalam penentuan variable dan penentuan constraints bagi PS. Optimasi model menjadi salah satu pilihan yang juga membutuhkan penyelesaian dengan cermat. Pada kajian ini, Orca Algorithm digunakan untuk menyelesaikan persoalan DEO dengan batasan teknis yang ada. Orca Algorithm dikembangkan dengan mengacu pada perilaku orca di laut lepas, dimana spesies mamalia air bergigi ini memiliki pola makan yang beragam, seringkali juga mengkhususkan diri pada jenis mangsa tertentu dimana jenis ini sering berburu mamalia laut seperti anjing laut dan spesies lumba-lumba lainnya [15]. Secara umum, Orca merupakan spesies sosial yang populasinya terdiri dari kelompok keluarga matrilineal dan sangat stabil. Orca juga memiliki teknik berburu yang cerdas dan komunikasi vokal unik yang diturunkan dari generasi ke generasi. Orca memiliki tiga strategi berburu yang menakjubkan, yang juga digunakan untuk menunjukkan tingkat variasi yang luar biasa antar kelompok, yaitu Ray Plucking Strategy, Surfing Seals Strategy dan Wave Washing Strategy. Selanjutnya, Orca Algorithm dikembangkan berdasarkan karakteristik proses alami berburu mangsanya, sebagai predator puncak dengan mengacu pada kehebatan berburu yang didukung oleh ukuran, kekuatan, dan kecepatannya. Secara prinsip, Orca Algorithm dirumuskan sebagaimana dalam Gambar 1.

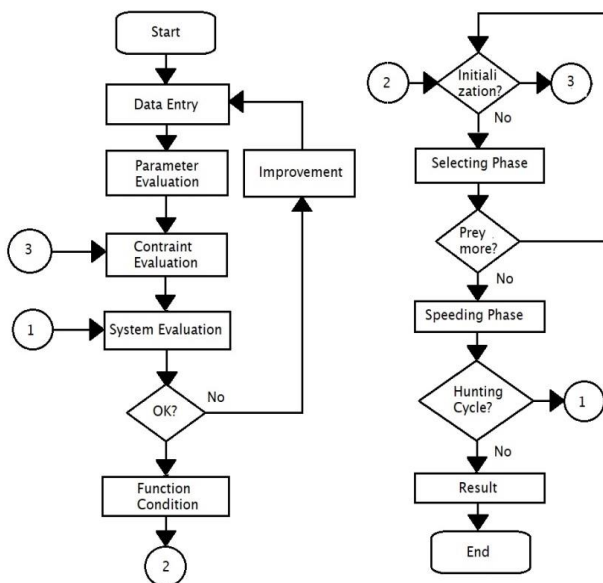
II. Metode Penelitian

Sebagaimana diilustrasikan sebelumnya, bahwa PS merupakan kumpulan komponen listrik yang beroperasi bersama untuk menyediakan, mentransfer, dan memanfaatkan energi listrik, yang menginterkoneksi generator listrik untuk menghasilkan energi, sistem transmisi untuk mentransfer daya dari pusat pembangkit ke pusat beban, dan sistem distribusi untuk mendistribusikan listrik ke keluarga dan bisnis terdekat, maka dalam kajian ini menggunakan model standar untuk merepresentasikan problem DEO, yaitu menggunakan model IEEE 62-bus system seperti pada Gambar 1. Selanjutnya sistem ini dijadikan model pembuatan struktur PS untuk DEO yang terhubung pada masing-masing wilayah kerja atau blok. Model ini mencakup 62 bus, 89 saluran, dan 32 bus beban. Problem fungsional dikenai oleh

batasan teknis yang mencakup 95% kapasitas transfer daya dan 10% *power loss*. Selain itu, DEO menggunakan kriteria 0,5 *compromised factor*, *low-up power limit*, serta emisi 0,85 kg/MWh.



Gambar1. IEEE 62 bus system model



Gambar 2. Tahapan implementasi Orca Algorithm

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa Orca memiliki strategi cerdas dalam memburu mangsa melalui

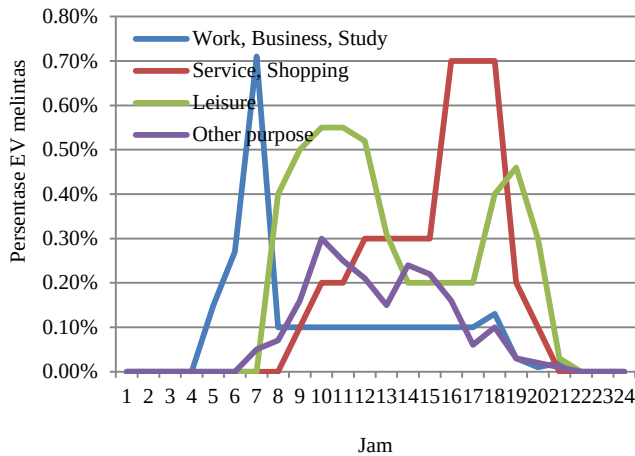
perilaku yang berfungsi sebagai *training* dan *learning*, maka untuk mengembangkan mekanisme selama proses komputasi ini, Orca Algorithm menirukan perilaku alami untuk mencapai solusi optimal menggunakan prosedur yang disebut beberapa fase sebagaimana dalam Gambar 2. Dalam kajian ini, EV memiliki karakteristik EV Electric Fully, dengan model baterai 35 kWh, konsumsi 0,175 kWh/km, *supply* listrik 3 kW/6 kW, dan efisiensi siklus 86%. Selanjutnya, *driving path* diilustrasikan dalam pola *one way* dan *two ways*, dimana untuk *charging time* baterai didasarkan pada keacakan sepanjang jalan yang terkait dengan semua tujuan. Oleh karena itu, PS akan menanggung beban non-fleksibel dan EV.

III. Hasil dan Pembahasan

Seperti disebutkan sebelumnya bahwa masalah DEO mengacu pada operasi dinamis pada unit pembangkit dimana beban juga berubah secara fluktuatif setiap jamnya tergantung pada perilaku pengguna energi. Pada kajian ini, beban fleksibel tergantung mobilitas EV dengan pola *driving* yang berbeda-beda selama perjalanan untuk berbagai keperluan. Masalah ini dievaluasi berdasarkan beberapa batasan teknis dan persyaratan lain dimana stasiun pengisian EV juga termasuk dalam sistem beban. Pencantuman EV pada DEO digunakan untuk mengukur stok energi PS dan mengetahui performanya. Selain itu, kondisi jalan yang dilalui juga dikategorikan dalam beberap jenis, yang mencakup Urban Roads Type 1 (URT1), Urban Roads Type 2 (URT2), Urban Roads Type 3 (URT3), Urban Roads Type 4 (URT4), Secondary Road Type (SRT), Main Road type (MRT), dan High Way type (HWT). Secara teknis, Tabel 1 memberikan informasi terkait *road type* yang ada. Selain itu, tujuan bepergian dinyatakan dalam beberapa kepentingan yang mencakup *Mobility 1 (work, business, study)*, *Mobility 2 (service, shooping)*, *Mobility 3 (leisure)*, *Mobility 4 (other purpose)*. Selama 24 jam berlangsung, mobilisasi EV dapat dilihat pada Gambar 3.

Sebagai bagian dalam menentukan tingkat konsumsi energy listrik dan penyediaan daya untuk keperluan *charging*, maka Gambar 4 melukiskan kondisi mobilitas EV dalam 24 jam sesuai dengan kepentingannya. Kondisi ini merepresentasikan mobilisasi EV selama sehari dengan profil pagi dan malam. Situasi ini akan berdampak pada tingkat konsumsi daya listrik bagi EV saat pemenuhan energinya sepanjang perjalanan dalam waktu tempuh seperti pada Gambar 5, sehingga PS melalui DEO mampu menyediakan daya secara optimal dengan biaya operasional yang ekonomis. Oleh karena itu, profil ini akan memberikan sumbangsih bagi penentuan solusi optimal terhadap masalah DEO yang mengikuti EV pada *platform IEEE-62 bus system*, dimana beban non-fleksibel dan beban fleksibel harus mampu dilayani secara optimal dalam 24 jam. Secara rinci, studi ini ditujukan untuk menyelesaikan masalah DEO menggunakan Algoritma

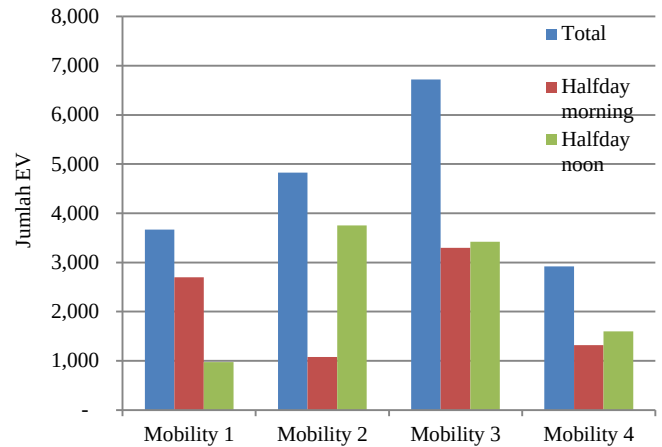
Orca dengan mendapatkan solusi terbaik dan menentukan output daya yang berkomitmen dari unit pembangkit.



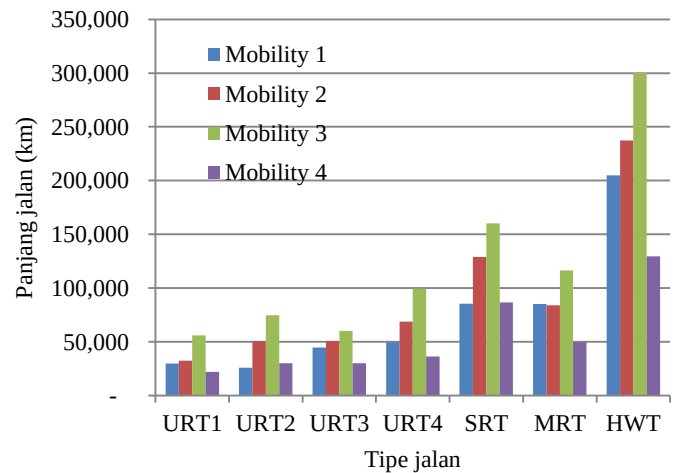
Gambar 3. Mobilisasi sesuai tujuan bepergian

Tabel 1. Tipe jalan yang dilalui EV

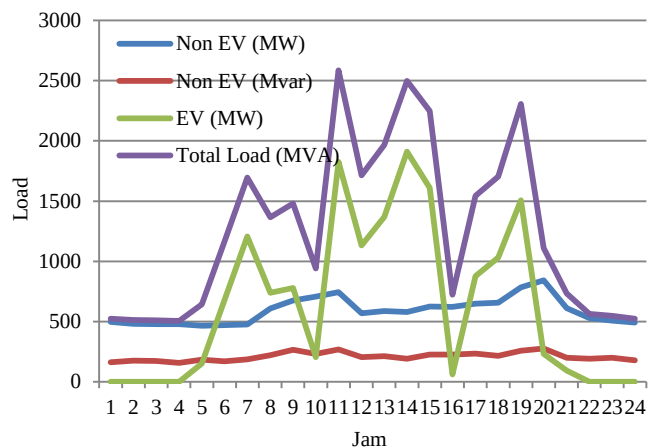
Time	Road length (km)						
	URT1	URT2	URT3	URT4	SRT	MRT	HWT
1	51,6	53,2	80	96	140	180	460
2	51,6	53,2	80	96	140	180	460
3	51,6	53,2	80	96	140	180	460
4	51,6	53,2	80	96	140	180	460
5	51,6	53,2	80	96	140	180	460
6	51,6	53,2	80	96	140	180	460
7	51,6	53,2	80	96	140	180	460
8	51,6	53,2	80	96	140	180	460
9	51,6	53,2	80	96	140	180	460
10	51,6	53,2	80	96	140	180	460
11	51,6	53,2	80	96	140	180	460
12	51,6	53,2	80	96	140	180	460
13	51,6	53,2	80	96	140	180	460
14	51,6	53,2	80	96	140	180	460
15	51,6	53,2	80	96	140	180	460
16	51,6	53,2	80	96	140	180	460
17	51,6	53,2	80	96	140	180	460
18	51,6	53,2	80	96	140	180	460
19	51,6	53,2	80	96	140	180	460
20	51,6	53,2	80	96	140	180	460
21	51,6	53,2	80	96	140	180	460
22	51,6	53,2	80	96	140	180	460
23	51,6	53,2	80	96	140	180	460
24	51,6	53,2	80	96	140	180	460



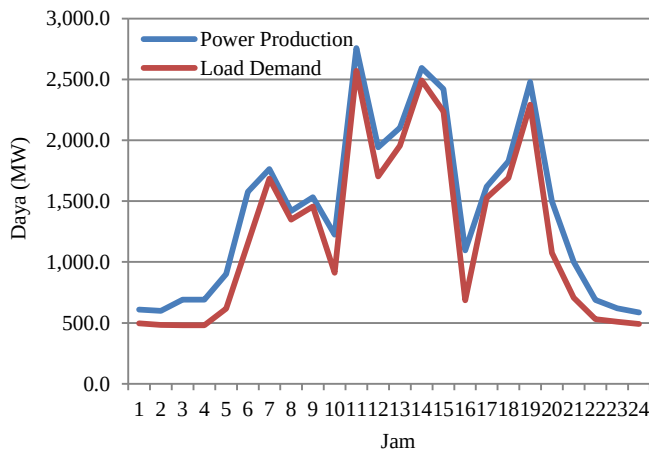
Gambar 4. Mobilitas dalam 24 jam



Gambar 5. Jarak tempuh mobilitas EV dalam 24 jam



Gambar 6. Beban penyediaan daya sistem



Gambar 7. Keseimbangan daya sistem

Gambar 6 menunjukkan setiap jam profil beban PS dikaitkan dengan beban EV dan non EV, yang merupakan akumulasi dari beban statis, beban dinamis, dan beban fleksibel. Beban total 30.112,66 MVA ini harus dilayani dengan daya yang cukup dari gabungan unit pembangkit melalui optimasi menggunakan Orca Algorithm. Kondisi optimal ditunjukkan pada Gambar 7 untuk keseimbangan daya selama 24 jam.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan kajian berbasis EV, maka kebutuhan daya secara umum sangat bergantung pada mobilitas dan jarak tempuh yang berimplikasi dapat *charging* konsumsi energi listrik sepanjang 24 jam. Integrasi EV ke dalam jaringan listrik, menjadikan operasi ekonomis lebih dinamis, dan membutuhkan stok penyediaan daya yang optimal dengan memenuhi berbagai batasan dan persyaratan yang ada. Implementasi Orca Algorithm efektif dalam penentuan unit komitmen daya bagi kombinasi semua penyedia daya yang terintegrasi ke system melalui rumusan DEO.

V. Daftar Pustaka

- [1] A. Domyshv and D. Sidorov, "Optimization of the Structure of Power System Multi-Agent Control," *IFAC-Pap.*, vol. 55, no. 9, pp. 250–255, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.ifacol.2022.07.044.
- [2] Z. Zhu, F. Zeng, G. Qi, Y. Li, H. Jie, and N. Mazur, "Power system structure optimization based on reinforcement learning and sparse constraints under DoS attacks in cloud environments," *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 110, p. 102272, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.simpat.2021.102272.
- [3] D. R. Aryani, H. Song, and Y.-S. Cho, "Operation strategy of battery energy storage systems for stability improvement of the Korean power system," *J. Energy Storage*, vol. 56, p. 106091, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.est.2022.106091.
- [4] A. N. Afandi, I. Fadlika, and Y. Sulistyorini, "Solution of dynamic economic dispatch considered dynamic penalty factor," in *2016 3rd Conference on Power Engineering and Renewable Energy (ICPERE)*, Yogyakarta, Indonesia: IEEE, 2016, pp. 241–246. doi: 10.1109/ICPERE.2016.7904870.
- [5] I. Ahmed, M. Rehan, A. Basit, S. H. Malik, U.-E.-H. Alvi, and K.-S. Hong, "Multi-area economic emission dispatch for large-scale multi-fueled power plants contemplating inter-connected grid tie-lines power flow limitations," *Energy*, vol. 261, p. 125178, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.energy.2022.125178.
- [6] W. Luo, X. Yu, and Y. Wei, "Solving combined economic and emission dispatch problems using reinforcement learning-based adaptive differential evolution algorithm," *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 126, p. 107002, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.engappai.2023.107002.
- [7] C. Shao, Y. Ding, and J. Wang, "A low-carbon economic dispatch model incorporated with consumption-side emission penalty scheme," *Appl. Energy*, vol. 238, pp. 1084–1092, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.01.108.
- [8] R. Chen *et al.*, "Multi-region dynamic economic dispatch with active power real-time balance constraint," *Energy Rep.*, vol. 9, pp. 1353–1362, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.egyr.2023.05.186.
- [9] Z. Lin, C. Song, J. Zhao, and H. Yin, "Improved approximate dynamic programming for real-time economic dispatch of integrated microgrids," *Energy*, vol. 255, p. 124513, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.energy.2022.124513.
- [10] D. Zou, D. Gong, and H. Ouyang, "The dynamic economic emission dispatch of the combined heat and power system integrated with a wind farm and a photovoltaic plant," *Appl. Energy*, vol. 351, p. 121890, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.apenergy.2023.121890.
- [11] A. N. Afandi, "Optimal scheduling power generations using HSABC algorithm considered a new penalty factor approach," in *The 2nd IEEE Conference on Power Engineering and Renewable Energy (ICPERE) 2014*, Bali, Indonesia: IEEE, Dec. 2014, pp. 13–18. doi: 10.1109/ICPERE.2014.7067227.
- [12] E. Zio, P. Baraldi, and N. Pedroni, "Optimal power system generation scheduling by multi-objective genetic algorithms with preferences," *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 94, no. 2, pp. 432–444, Feb. 2009, doi: 10.1016/j.res.2008.04.004.
- [13] K. Balu and V. Mukherjee, "Optimal allocation of electric vehicle charging stations and renewable distributed generation with battery energy storage in

-
- radial distribution system considering time sequence characteristics of generation and load demand,” *J. Energy Storage*, vol. 59, p. 106533, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.est.2022.106533.
- [14] L. Fu, T. Wang, M. Song, Y. Zhou, and S. Gao, “Electric vehicle charging scheduling control strategy for the large-scale scenario with non-cooperative game-based multi-agent reinforcement learning,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 153, p. 109348, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.ijepes.2023.109348.
- [15] Y. Jiang, Q. Wu, S. Zhu, and L. Zhang, “Orca predation algorithm: A novel bio-inspired algorithm for global optimization problems,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 188, p. 116026, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.eswa.2021.116026.