

## Aplikasi Algoritma *Simulated Annealing* untuk Menentukan Formasi Tata Letak Turbin pada *Marine Current Turbine Farm* di Selat Riau

Rudi Nurdiansyah\*, Abdul Muid, Anik Dwiastuti

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Negeri Malang; email:

[rudi.nurdiansyah.ft@um.ac.id](mailto:rudi.nurdiansyah.ft@um.ac.id), [abdul.muid.ft@um.ac.id](mailto:abdul.muid.ft@um.ac.id), [anik.dwiastuti.ft@um.ac.id](mailto:anik.dwiastuti.ft@um.ac.id)

\* *Corresponding author*

### Abstrak

Artikel ini mempresentasikan permasalahan penentuan tata letak turbin pada sebuah *Marine Current Turbine Farm* (MCTF) dengan pendekatan model matematis. Fungsi tujuannya adalah meminimasi biaya per produksi energi yang dihasilkan pada MCTF. Model matematis yang digunakan mempertimbangkan interaksi yang terjadi antar turbin yang dipengaruhi oleh *wake effects*, dimana *wake effect* menyebabkan penurunan kecepatan arus yang melewati turbin yang diletakkan di hilir. Algoritma *Simulated Annealing* diaplikasikan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Hasil studi kasus di Selat Riau menunjukkan bahwa algoritma *Simulated Annealing* memiliki performa yang lebih baik dibandingkan algoritma *Tabu Search*. Hal ini ditandai dengan formasi tata letak yang dihasilkan algoritma *Simulated Annealing* memiliki biaya per produksi energi yang lebih rendah dibandingkan algoritma *Tabu Search*.

**Kata Kunci:** Permasalahan tata letak turbin, produksi energi, *Simulated Annealing*

### Abstract

[*Application of Simulated Annealing Algorithm to Determine the Turbine Layout at the Marine Current Turbine Farm in Riau Strait*] The article presents turbine layout problem in a *Marine Current Turbine Farm* using a mathematical model approach. The objective is to minimize cost per energy production in the MCTF. The mathematical model considers the interaction between turbines influenced by *wake effects*, where *wake effects* cause the decrease of the current velocity flow on the downstream turbines. *Simulated Annealing* algorithm is applied to solve the problem. The result of the case study in Riau Strait shows that *Simulated Annealing* algorithm outperforms *Tabu Search* algorithm in terms of the cost per energy production in the MCTF.

**Keywords:** Turbine layout problem, energy production, *Simulated Annealing*

Kelompok BoK yang bersesuaian dengan artikel: Operations Research & Analysis

Saran format untuk mensitasi artikel ini:

Nurdiansyah R., Muid, A., dan Dwiastuti, A. (2023). Aplikasi Algoritma *Simulated Annealing* untuk Menentukan Formasi Tata Letak Turbin pada *Marine Current Turbine Farm* di Selat Riau. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri* (SENASTI) 2023, 50-57.

## 1. Pendahuluan

Beberapa negara telah menunjukkan komitmen yang jelas untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Banyak negara telah berkomitmen untuk secara signifikan meningkatkan penggunaan energi terbarukan dalam produksi energi nasional mereka, termasuk Indonesia.

Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) yang tertuang dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2017 menyebutkan bahwa target penggunaan energi terbarukan pada tahun 2025 di Indonesia adalah paling sedikit 23% dan paling sedikit 37% pada tahun 2050. Energi terbarukan dari laut dapat memberikan kontribusi signifikan dalam menghasilkan energi yang ramah lingkungan.

Indonesia memiliki banyak lokasi yang berpotensi menjadi tempat untuk mengekstrak energi dari arus laut dengan memasang turbin air laut (TAL), seperti selat Lombok, selat Toyapakeh di Nusa Tenggara, selat Alas di Sumbawa, Selat Riau, dan selat-selat lainnya (Firdaus et al., 2017). Selat Riau memiliki potensi energi sebesar 6 GigaWatt hasil dari ekstraksi arus laut dengan kecepatan 1,39 meter/detik (Ray et al., 2005). Dengan tingkat elektrifikasi yang rendah, sekitar 75,63% (Firdaus et al., 2017), ekstraksi energi dari arus laut di selat Riau bisa memasok kebutuhan energi pada pulau-pulau di sekitar selat tersebut.

TAL semakin menjadi teknologi yang kompetitif. Keunggulan dari teknologi ini adalah memiliki sumber daya (arah) arus laut yang dapat diprediksi yang memudahkan pengelolaan produksi energi dan distribusinya (Elghali et al., 2007). Saat ini, industri energi dari arus laut memasuki fase pengembangan industri dan perencanaan pemasangan TAL dalam jumlah banyak, seperti di Alderney Race, Perancis (Brutto et al., 2016) dan Cook Inlet, USA (Wang & Yang, 2020). TAL dipasang di area dengan kecepatan arus yang terkonsentrasi, seperti pada selat. Oleh karena itu, penting untuk menyusun formasi tata letak yang efisien untuk mencapai produksi energi yang ditargetkan. Untuk mengejar tujuan ini, Funke et al (2014) telah menunjukkan bahwa dengan mengoptimalkan penataan formasi TAL pada sebuah *marine current turbine farm* (MCTF) peningkatan hasil produksi energi dapat meningkat hingga 24 - 33%.

Dalam menata formasi TAL, interaksi aliran arus laut diantara TAL dalam MCTF perlu untuk dipertimbangkan (Fakhri et al., 2020; Brutto et al., 2016; Dai et al., 2017; Ren et al., 2018). Terjadinya interaksi antar TAL disebabkan oleh adanya *wake effect*, dimana *wake effect* akan menurunkan kecepatan aliran arus laut yang menerpa TAL yang diletakkan pada hilir akibat ekstraksi energi oleh TAL yang diletakkan pada hulu. Penurunan kecepatan aliran arus laut ini mengakibatkan produksi energi dari TAL yang diletakkan pada hilir menjadi lebih sedikit dibandingkan TAL yang diletakkan pada hulu.

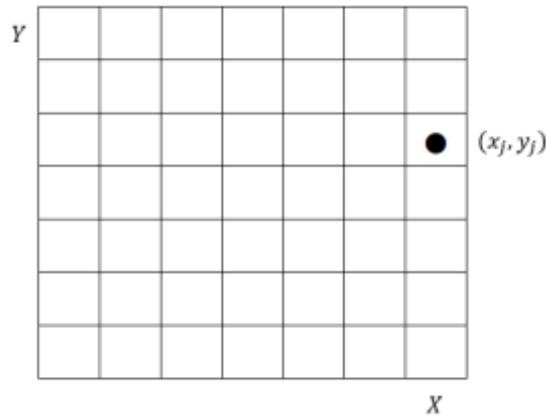
Instalasi TAL dalam jumlah banyak membuat optimasi menjadi penting saat merancang dan merencanakan MCTF untuk mengurangi biaya produksi energi secara signifikan. Algoritma metaheuristik banyak digunakan dalam literatur untuk menyelesaikan permasalahan ini. Algoritma ini digunakan untuk mengoptimalkan penataan formasi TAL dalam MCTF, seperti Dai et al. (2017) dan Ren et al. (2018) yang menggunakan *Genetic Algorithm*, serta Brutto et al. (2016) yang menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization*. Untuk menyelesaikan permasalahan yang diangkat pada artikel ini, algoritma *Simulated Annealing* (SA) akan diaplikasikan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Algoritma SA didasarkan pada konsep proses perlahan pendinginan atau pelunakan logam yang dipanaskan secara bertahap hingga mencapai suhu tertentu (Kirkpatrick et al., 1983). Metode SA merupakan sebuah pendekatan metaheuristik yang sangat efektif dalam mengatasi berbagai masalah dengan keunggulan dapat menghasilkan solusi berkualitas setara dengan metode analitik, tetapi dalam waktu komputasi yang lebih singkat (Andriansyah et al., 2020). Keunggulan lain dari algoritma ini terletak pada kapasitasnya untuk menemukan solusi optimal dalam wilayah pencarian yang kompleks, serta

kemampuannya yang fleksibel dan efektif dalam menangani masalah optimasi yang rumit dengan cakupan wilayah pencarian yang luas (He & Ye, 2022; Lin et al., 2021; Han et al., 2022).

## 2. Metode

Area MCTF yang akan dipasang TAL direpresentasikan dalam bentuk diskrit dan diasumsikan dibagi menjadi  $X \times Y$  sel dengan ukuran sel yang sama seperti pada Gambar 1. Cara ini pertama kali diperkenalkan oleh Masetti et al. (1994) dengan memperhatikan jarak minimum antar TAL. Masing-masing sel merepresentasikan kemungkinan menginstal TAL, dimana  $(x_j, y_j)$  menunjukkan koordinat TAL  $j$  pada MCTF. Jika sebuah sel dipasang sebuah TAL, maka TAL akan ditempatkan di bagian tengah dari sel tersebut. Merujuk pada Gao et al. (2014) dan Brutto et al. (2016), arus laut diasumsikan mengalir dari sisi kiri. TAL akan dipasang secara tegak lurus menghadap arah aliran arus laut, seperti pada Frost et al. (2015) dan diasumsikan arus lautnya memiliki kecepatan yang konstan.



Gambar 1. Area MCTF yang akan Dipasang TAL

Model matematis dari permasalahan yang dibahas pada artikel ini adalah sebagai berikut:

$$\min \frac{\text{cost}}{\text{Power}} \quad (1)$$

Subject to

$$\text{cost} = N \left( \frac{2}{3} + \frac{1}{3} e^{(-0.00174N^2)} \right) \quad (2)$$

$$\text{Power} = \sum_{j=1}^N t_j \cdot P_j \quad (3)$$

$$P_j = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_p \cdot A \cdot v_j^3 \cdot G_e \cdot B_e, \quad \forall i \in. \quad (4)$$

$$A = \pi r^2. \quad (5)$$

$$v_j = \frac{1 - \sqrt{1 - C_r}}{\left(1 + \frac{\kappa d}{r}\right)^2}. \quad (6)$$

$$\sqrt{dx_j^2 + dy_j^2} \geq D, \quad \forall j, j \in J; i \neq j. \quad (7)$$

$$\sum_{j \in J} t_j = N. \quad (8)$$

$$v_j \geq 0, \quad \forall j \in J. \quad (9)$$

$$P_j \geq 0, \quad \forall j \in J. \quad (10)$$

$$cost \geq 0. \quad (11)$$

$$Power \geq 0. \quad (12)$$

$$N \geq 0. \quad (13)$$

$$t_j \in \{0,1\}, \forall j \in J. \quad (14)$$

Fungsi tujuan yang digunakan adalah minimasi *cost per power* seperti pada persamaan (1), dimana *cost* adalah biaya untuk menginstal sejumlah TAL dan *power* adalah jumlah produksi energi yang dihasilkan oleh sejumlah TAL yang dipasang pada MCTF. Persamaan (2) merupakan skala biaya (*cost of scale*) yang merujuk pada Mosetti et al. (1994), dimana *N* adalah jumlah TAL yang diinstal. Persamaan (3) menghitung jumlah produksi energi yang dihasilkan oleh sejumlah TAL, dimana  $t_j$  adalah variabel keputusan biner, seperti pada persamaan (14), yang menunjukkan bahwa  $t_j = 1$  jika TAL diinstal dan  $t_j = 0$  jika TAL tidak diinstal; dan  $P_j$  adalah produksi energi dari individual TAL  $j$ . Pada persamaan (4),  $P_j$  dihitung menggunakan persamaan (4), dimana  $\rho$  adalah tingkat kerapatan air laut,  $C_p$  adalah *power coefficient* dari TAL,  $A$  adalah luas area yang tersapu oleh bilah TAL yang dihitung menggunakan persamaan (5),  $v_j$  adalah kecepatan arus laut yang menerpa TAL  $j$ ,  $Ge$  adalah *TAL efficiency* dan  $Be$  adalah *gear box bearing efficiency* dari TAL. Model matematis yang digunakan mempertimbangkan *wake effect* yang direpresentasikan pada persamaan (6) yang mengasumsikan bahwa kecepatan arus laut yang menerpa TAL yang diletakkan di hilir akan menurun akibat ekstraksi energi oleh TAL yang diletakkan di hulu. Pada persamaan (6), jika TAL ditempatkan pada hulu, maka besarnya  $v_j$  merupakan kecepatan arus laut pada area MCTF. Sedangkan pada TAL yang diletakkan di hilir,  $v_j$  akan lebih kecil dari kecepatan arus laut pada area MCTF. Pada persamaan (6),  $C_\tau$  adalah *thrust coefficient* dari TAL,  $\kappa$  adalah konstanta persebaran/perluasan *wake*,  $d$  menunjukkan jarak antar TAL dan  $r$  adalah panjang bilah TAL. Kendala pada persamaan (7) menunjukkan jarak minimum antar TAL harus memenuhi jarak minimum yang dipersyaratkan,  $D$ . Persamaan (8) menunjukkan jumlah TAL yang terinstal. Kendala non negativitas ditunjukkan pada persamaan (9) – (13).

Algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang dibahas pada artikel ini adalah Algoritma SA. Algoritma SA pertama kali dikenalkan oleh Kirkpatrick et al. (1983). Algoritma ini memiliki tiga tahapan utama, yaitu: (1) inialisasi solusi; (2) mencari solusi baru dengan *neighbor solution*. (3) Jika solusi baru lebih baik daripada solusi inisial, maka dilakukan penurunan temperatur sampai titik tertentu (beku). Jika belum mencapai titik beku, maka cari lagi solusi baru. Langkah (2) dan (3) diulang-ulang sampai mencapai jumlah iterasi tertentu. Tahapan algoritma SA secara detail, bisa dilihat pada Fajri et al. (2017) dan Hosseini et al. (2020).

Algoritma *Tabu Search* digunakan sebagai pembanding performa algoritma SA. Algoritma ini pertama kali dikenalkan oleh Glover (1986) untuk menyelesaikan permasalahan optimasi kombinatorial. Tahapan secara umum dari algoritma ini adalah sebagai berikut: (1) inialisasi solusi dan tetapkan *tabu list*; (2) Mencari serangkaian kemungkinan solusi baru dengan menggunakan *local search procedure*; (3) dapatkan kandidat terbaik dan perbarui *tabu list*. Langkah (2) dan (3) dilakukan berulang-ulang sampai kriteria pemberhentian yang ditetapkan tercapai. Tahapan algoritma *Tabu Search* dapat dilihat pada Prajapati et al. (2020) dan Cheikh-Graiet et al. (2020).

### 3. Hasil

Selat Riau digunakan sebagai studi kasus untuk mengetahui efektivitas dari algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan formasi tata letak TAL. Selat ini terletak di kawasan Pulau Batam dan Kabupaten Tanjung Pinang, dan cukup dekat dengan ibu kota Provinsi Kepulauan Riau. Selat Riau ini memiliki karakteristik sebagai berikut: memiliki potensi sumber daya energi yang besar dari arus laut, kedalaman yang cukup untuk menginstal TAL, padat penduduk serta merupakan kawasan industri dengan tingkat permintaan listrik yang tinggi (Ray, et al., 2005; Firdaus, et al., 2017).

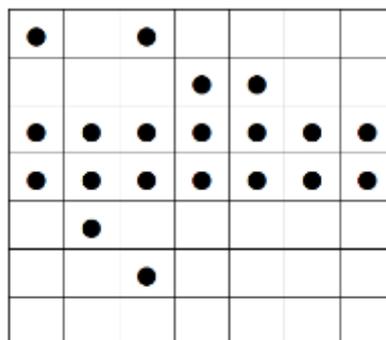
Selat Riau memiliki kedalaman sekitar 20 meter. TAL akan diletakkan 10 meter di atas dasar laut. Parameter TAL yang digunakan adalah sebagai berikut: panjang bilah ( $r$ ) adalah 5 meter, *power coefficient* ( $C_p$ ) sebesar 50%, *thrust coefficient* sebesar 0.7, tingkat efisiensi sebesar 70%, dan tingkat efisiensi dari gear box sebesar 95%.

MCTF dirancang memiliki  $7 \times 7$  sel dengan masing-masing sel memiliki panjang dan lebar sebesar 90 meter sehingga luas MCTF adalah 396.900 meter persegi. Jumlah TAL yang diinstal sebanyak 20 yang akan dioptimasi tata letaknya menggunakan algoritma SA berdasarkan fungsi tujuan yang ingin dicapai pada persamaan (1). Jarak minimum antar turbin,  $D$ , ditetapkan sebesar  $10r$  meter. Konstanta perluasan *wake* ( $\kappa$ ) ditetapkan sebesar 2. Kecepatan arus laut pada selat Riau rata-rata adalah 1,39 meter/detik dengan tingkat kerapatan air laut 1025 kilogram per meter kubik (Firdaus, et al., 2017).

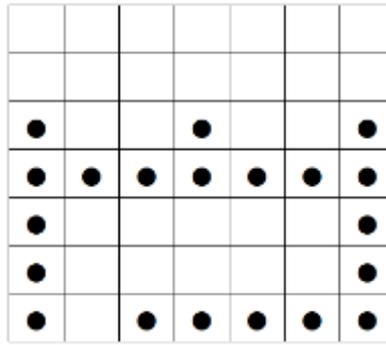
Kode program algoritma SA untuk menyelesaikan permasalahan formasi tata letak TAL di selat Riau dibuat pada Matlab 2022a. Pengaturan parameter algoritma SA adalah sebagai berikut: jumlah iterasi adalah 1000; temperatur awal 200; temperature akhir 0,1; dan cooling rate sebesar 0,85. Algoritma SA direplikasi sebanyak 20 kali dan hasil terbaik akan digunakan.

Algoritma yang digunakan sebagai pembanding adalah algoritma *Tabu Search*. Sama seperti algoritma SA, kode program algoritma *Tabu Search* juga dibuat pada Matlab 2022a. Algoritma ini dijalankan sebanyak 1000 iterasi dengan memiliki 10 *tabu list* dan diambil hasil terbaik dari 20 kali replikasi.

Hasil pengaturan formasi tata letak TAL menggunakan algoritma SA ditunjukkan pada Gambar 2. Nilai fungsi tujuan dari formasi tersebut adalah  $3,808 \cdot 10^{-14}$ . Dibandingkan dengan algoritma *Tabu Search*, performa algoritma SA memiliki nilai fungsi tujuan lebih kecil, dimana nilai fungsi tujuan dari algoritma *Tabu Search* adalah sebesar  $3,832 \cdot 10^{-14}$ . Formasi tata letak TAL yang dihasilkan oleh algoritma *Tabu Search* ditunjukkan Gambar 3.



Gambar 2. Formasi Tata Letak TAL Menggunakan algoritma SA



Gambar 3. Formasi Tata Letak TAL Menggunakan Algoritma *Tabu Search*

Gambar 2 menunjukkan bahwa terdapat 6 TAL yang secara langsung terkena aliran arus laut pada area MCTF. Jumlah energi yang dihasilkan oleh TAL yang diletakkan di hilir ke-6 TAL tersebut, menghasilkan produksi energi yang lebih rendah dibandingkan ke-6 TAL tersebut karena adanya *wake effect*. Sementara itu, Gambar 3 menunjukkan bahwa hanya terdapat 5 TAL yang secara langsung terkena aliran arus laut pada area MCTF. Hal ini menyebabkan nilai fungsi tujuan yang dihasilkan algoritma SA lebih kecil dibandingkan dengan nilai fungsi tujuan algoritma *Tabu Search* karena formasi tata letak TAL dari algoritma SA memiliki jumlah produksi energi lebih besar jika dibandingkan formasi tata letak dari algoritma *Tabu Search*. Dari segi waktu komputasi, algoritma SA juga mengungguli algoritma *Tabu search*. Algoritma SA memiliki waktu komputasi sebesar 4,96 detik, sementara algoritma *Tabu search* memiliki waktu komputasi sebesar 31,49 detik.

#### 4. Kesimpulan

Artikel ini menunjukkan aplikasi algoritma SA dalam menyelesaikan permasalahan formasi tata letak TAL di dalam MCTF. Model matematis yang mempertimbangkan *wake effect* digunakan untuk memodelkan permasalahan tersebut. Studi kasus yang digunakan adalah instalasi TAL pada MCTF di selat Riau. Hasilnya menunjukkan bahwa algoritma SA memiliki performa yang lebih baik dibandingkan algoritma *Tabu Search* dengan mencapai nilai fungsi tujuan yang lebih kecil. Untuk riset selanjutnya, permasalahan di atas bisa diselesaikan dengan algoritma metaheuristic yang lain, seperti algoritma *ant colony optimization*, *particle swarm optimization* maupun *bee colony optimization*. Selain itu, dengan banyaknya potensi lokasi di Indonesia untuk membangun MCTF, seperti di selat Lombok, selat Alas dan selat Larantuka, permasalahan tersebut di atas bisa mengambil studi kasus pada selat-selat tersebut.

#### Daftar Pustaka

- Andriansyah, A., Novatama, R., & Sentia, P. D. (2020). Algoritma Simulated Annealing untuk Menentukan Rute Kendaraan Heterogen (Studi Kasus). *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 7(5), 933-942.
- Brutto, O. A. L., Thiébot, J., Guillou, S. S., & Gualous, H. (2016). A semi-analytic method to optimize tidal farm layouts—Application to the Alderney Race (Raz Blanchard), France. *Applied energy*, 183, 1168-1180. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.09.059>.

- Cheikh-Graiet, S. B., Dotoli, M., & Hammadi, S. (2020). A Tabu Search based metaheuristic for dynamic carpooling optimization. *Computers & Industrial Engineering*, *140*, 106217. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106217>
- Dai, Y., Ren, Z., Wang, K., Li, W., Li, Z., & Yan, W. (2017). Optimal sizing and arrangement of tidal current farm. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, *9*(1), 168-177. DOI: 10.1109/TSTE.2017.2719042.
- Elghali, S. B., Benbouzid, M. E. H., & Charpentier, J. F. (2007, May). Marine tidal current electric power generation technology: State of the art and current status. In *2007 IEEE International Electric Machines & Drives Conference* (Vol. 2, pp. 1407-1412). IEEE. DOI: 10.1109/IEMDC.2007.383635.
- Fajri, D. M. N., Saragih, T. H., Hamdianah, A., Mahmudy, W. F., & Anggodo, Y. P. (2017, November). Optimized fuzzy neural network for *Jatropha Curcas* plant disease identification. In *2017 International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology (SIET)* (pp. 297-304). IEEE. DOI: 10.1109/SIET.2017.8304152.
- Fakhri, E., Thiebot, J., Bourguet, S., Machmoum, M., & Gualous, H. (2020, June). Optimization of Marine Current Turbines Arrangement Using a Genetic Algorithm Application to the Fromveur Strait (France). In *2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)* (pp. 1057-1061). IEEE. DOI: 10.1109/ISIE45063.2020.9152457.
- Firdaus, A. M., Houlsby, G. T., & Adcock, T. A. (2017). Opportunities for tidal stream energy in Indonesian waters. In *Proceedings of the 12th European Wave and Tidal Energy Conference, Cork, Ireland* (Vol. 27).
- Funke, S. W., Farrell, P. E., & Piggott, M. D. (2014). Tidal turbine array optimisation using the adjoint approach. *Renewable Energy*, *63*, 658-673. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.09.031>.
- Glover, F. (1986). Future paths for integer programming and links to artificial intelligence. *Computers & operations research*, *13*(5), 533-549. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(86\)90048-1](https://doi.org/10.1016/0305-0548(86)90048-1).
- Han, C., Gu, Y., Wu, G., & Wang, X. (2022). Simulated Annealing-Based Heuristic for Multiple Agile Satellites Scheduling Under Cloud Coverage Uncertainty. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, *53*(5), 2863-2874. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2003.08363>.
- He, F., & Ye, Q. (2022). A bearing fault diagnosis method based on wavelet packet transform and convolutional neural network optimized by simulated annealing algorithm. *Sensors*, *22*(4), 1410. <https://doi.org/10.3390/s22041410>.
- Hosseini, F. S., Choubin, B., Mosavi, A., Nabipour, N., Shamshirband, S., Darabi, H., & Haghghi, A. T. (2020). Flash-flood hazard assessment using ensembles and Bayesian-based machine learning models: Application of the simulated annealing feature selection method. *Science of the total environment*, *711*, 135161. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135161>.
- Kirkpatrick, S., Gelatt Jr, C. D., & Vecchi, M. P. (1983). Optimization by simulated annealing. *science*, *220*(4598), 671-680. DOI: 10.1126/science.220.4598.671.
- Lin, S. W., Cheng, C. Y., Pourhejazy, P., & Ying, K. C. (2021). Multi-temperature simulated annealing for optimizing mixed-blocking permutation flowshop scheduling problems. *Expert Systems with Applications*, *165*, 113837. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113837>

- Mosetti, G. P. C. D. B., Poloni, C., & Diviacco, B. (1994). Optimization of wind turbine positioning in large windfarms by means of a genetic algorithm. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 51(1), 105-116. [https://doi.org/10.1016/0167-6105\(94\)90080-9](https://doi.org/10.1016/0167-6105(94)90080-9).
- Prajapati, V. K., Jain, M., & Chouhan, L. (2020, February). Tabu search algorithm (TSA): A comprehensive survey. In *2020 3rd International Conference on Emerging Technologies in Computer Engineering: Machine Learning and Internet of Things (ICETCE)* (pp. 1-8). IEEE. DOI: 10.1109/ICETCE48199.2020.9091743.
- Ray, R. D., Egbert, G. D., & Erofeeva, S. Y. (2005). A brief overview of tides in the Indonesian Seas. *Oceanography*, 18(4). <https://doi.org/10.5670/oceanog.2005.07>
- Ren, Z., Wang, Y., Li, H., Liu, X., Wen, Y., & Li, W. (2018). A coordinated planning method for micro-siting of tidal current turbines and collector system optimization in tidal current farms. *IEEE Transactions on Power Systems*, 34(1), 292-302. DOI: 10.1109/TPWRS.2018.2865310.
- Wang, T., & Yang, Z. (2020). A tidal hydrodynamic model for Cook Inlet, Alaska, to support tidal energy resource characterization. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(4), 254. <https://doi.org/10.3390/jmse8040254>.