

Analisis pencarian jalur terbaik pada transportasi laut pengiriman batubara dengan menerapkan *ant colony optimization* berbasis *website*

(Analysis of searching the best routes on sea transportation of coal delivery by applying ant-colony optimization based on website)

Astrid Diandra Maulidina^{1#}, Zulfa Fitri Ikatrinasari²

¹Quality Assurance Department, PT. Global Trans Energy International, Jakarta

²Program Studi Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta

#) Corresponding email: astriddiandra.m@gmail.com

Received 1 March 2022, Revised 16 April 2022, Accepted 20 April 2022, Published 15 May 2022

Abstrak. Tingginya tingkat produksi batubara nasional tentunya berbanding lurus dengan permintaan pengiriman batubara melalui transportasi laut. Meminimalisir keterlambatan pengiriman batubara menjadi fokus utama yang harus diselesaikan untuk memenuhi kepuasan pelanggan, terutama untuk pengiriman batubara dari Kalimantan utara yang mencapai 29% waktu keterlambatan. Tujuan dari penelitian ini adalah dapat mengetahui nilai optimasi dalam memilih jalur terbaik dalam pengiriman Batu Bara melalui transportasi laut dan membuat desain aplikasi berbasis *website*. Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dimana perhitungan menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) berdasarkan data sekunder dengan alat bantu GUI Matlab berbasis *website*. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi bagi transportasi laut khususnya industri perkapalan berdasarkan tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini.

Kata kunci: optimasi pemilihan rute terbaik, *ant colony optimization*, gui matlab, *website*, transportasi laut

Abstract. The high level of national coal production is certainly directly proportional to the demand for coal shipments through sea transportation. Minimizing delays in coal shipments is the main focus that must be resolved to meet the satisfaction of customers, especially for coal shipments from North Kalimantan which reached 29% delay time. The purpose of this research is to be able to find out the value of optimization in choosing the best path in shipping coal through sea transportation and create *website*-based application designs. This study uses quantitative research methods where calculations using *ant colony optimization* algorithms (ACO) based on secondary data with *website*-based Matlab GUI tools. That way, this research is expected to provide recommendations for marine transportation, especially the shipping industry based on the goals to be achieved in this study.

Keywords: best route selection optimization, *ant colony optimization*, GUI Matlab, *website*, marine transportation.

1 Latar Belakang

Dewasa ini dalam memantau kegiatan kapal, banyak teknologi telekomunikasi yang dapat digunakan mulai dari teknologi konvensional sampai modern. Sejak zaman dahulu pelaut di seluruh dunia telah menggunakan bendera sebagai salah satu alat untuk berkomunikasi namun hal ini sangat terbatas penggunaannya. Teknologi satelit, radar dan sonar dapat menyelesaikan permasalahan keterbatasan komunikasi dari kapal ke pantai dan dari pantai ke kapal yang berada dalam jarak jangkauan yang jauh dari darat (Fowdur et al., 2018). Akan tetapi masih memiliki kendala utama diantaranya efisiensi biaya yang tinggi dan ukuran perangkat yang

digunakan juga relatif besar (Chenglu & Guojun, 2015). Saat ini, perkapalan lebih banyak menggunakan komunikasi mobile phone sebagai alat komunikasi utamanya (Xie et al., 2018).

Sistem komunikasi radio BTS yang ada di darat masih memiliki keterbatasan dalam berkomunikasi karena adanya jarak jangkauan sinyal dari BTS yang terbatas, sedangkan daerah pelayaran di perairan ada yang tidak termasuk dalam cakupan sinyal BTS atau biasa disebut *blind spot area* (Sidik et al., 2018). Inilah yang menjadi permasalahan yang dihadapi industri perkapalan yaitu bagaimana para pelaku industri perkapalan dapat melacak keberadaan kapal yang sedang beroperasi walaupun kapal sedang berada di *blind spot area* (Utomo et al., 2017).

Jaringan komunikasi berbasis IoT, terdapat sensor yang mana sensor tersebut membentuk rute yang saling berkaitan dan bersifat dinamis (Tyas & Prijodiprodjo, 2013). Sedangkan pencarian rute secara konvensional sudah banyak model algoritma yang dapat digunakan salah satunya *link-state* dan algoritma vektor jarak, akan tetapi algoritma tersebut masih memiliki keterbatasan untuk topologi jaringan *point-to-point* statis (Prasmoro & Hasibuan, 2018). Oleh karena itu, menentukan algoritma yang pas dalam memilih maupun menentukan rute harus sesuai dengan dinamika jaringan sensor di IoT (Tian et al., 2017; Wang et al., 2015).

Salah satu aplikasi *Mobile Sensor Network* adalah *target tracking*, dimana manajemen mobilitas menjadi parameter penting yang mempengaruhi kinerja dan masa pakai *Mobile Sensor Network* tersebut (Prasetyo et al., 2021). Oleh karena itu, perlu adanya pengatur mobilitas yang dapat dikendalikan. Metode *Ant Colony Optimization* bisa dikatakan memenuhi persyaratan untuk dapat digunakan dalam mekanisme simulasi *target tracking* (Risqiyanti & Rizkia, 2020).

Komunikasi antar kapal menjadi hal yang penting dan butuh perhatian khusus dalam penanganannya (Suo et al., 2013). Salah satu hal yang dapat dilihat dan sangat signifikan adalah untuk mencegah terjadinya insiden, pelacak posisi yang tepat dan akurat, serta menjaga komunikasi secara *real time* (Asmara & Ichtianto, 2021). Dengan mengetahui posisi setiap kapal, maka kapal dapat menyesuaikan kecepatan masing-masing dan mencari jalur yang paling optimal ke tujuan mereka. Mengacu pada penelitian terdahulu oleh (Suo et al., 2013) yang berfokus pada pemilihan rute terbaik dengan menggunakan metode *Ant Colony Optimization*, maka peneliti saat ini tertarik untuk mengoptimalkan penggunaan GUI Matlab berbasis *Website* yang diharapkan dapat mengetahui nilai optimasi dalam pemilihan jalur terbaik dalam pengiriman batubara melalui transportasi laut serta dapat membuat desain aplikasi sistem berbasis *Website*.

2 Metoda

Data yang diperoleh berupa angka, maka metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif (Sugiyono, 2017). Sumber data yang digunakan adalah data sekunder dimana sumber data penelitian yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung yang berupa buku, catatan, bukti yang telah ada, atau arsip baik yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan secara umum (Atikno et al., 2021; Suharsimi, 2013). Dengan kata lain, peneliti membutuhkan pengumpulan data dengan cara berkunjung ke perpustakaan, pusat kajian, pusat arsip atau membaca banyak buku yang berhubungan dengan penelitiannya.

Tabel 1 Data dan Informasi

Variabel	Dimensi	Indikator	Jenis Data	Sumber Data
Jumlah & Lokasi	Kapasitas	Jumlah Armada	Sekunder	Data Armada Kapal Perusahaan
	Jarak	<ul style="list-style-type: none"> ● List loading port dan discharging port ● Titik koordinat loading port dan discharging port ● Jarak loading port dan discharging port 	Sekunder	Website Vessel Monitoring Perusahaan Google Map
	Waktu	Standar waktu tempuh	Sekunder	Website Vessel Monitoring Perusahaan
	Cuaca	Perkiraan Cuaca	Sekunder	Website BMKG

Pada langkah-langkah penelitian dijelaskan mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan untuk mengidentifikasi dan memecahkan permasalahan dengan jelas pada objek penelitian. Pengolahan data pada penelitian ini adalah pencarian jalur terbaik dengan metode *Ant Colony Optimization* (ACO). Software yang digunakan dalam perhitungan *Ant Colony Optimization* adalah *Graphical User Interface* (GUI) Matlab versi R2021b Update 2 (9.11.0.1837725). Untuk langkah-langkah penelitian di dalam penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu proses perhitungan GUI Matlab dan proses sistem aplikasi berbasis website.

Untuk langkah-langkah perhitungan pemilihan jalur terbaik menggunakan metode *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam Aplikasi GUI Matlab adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan data koordinat tempat.
- b. Menyiapkan data urutan tempat pengiriman.
- c. Menyiapkan data jarak antar tempat *Loading Port* dan *Discharging Port*.
- d. Membuat matriks jarak antar tempat *Loading Port* dan *Discharging Port*.
- e. Membuat rancangan *Ant Colony Optimization* GUI Matlab.
- f. Menginput parameter (banyak iterasi, banyak semut, parameter pengendali feromon, parameter pengendali visibilitas, dan konstanta).
- g. Menginput data pada GUI Matlab.
- h. Membangkitkan nilai random semut.
- i. Mencari titik probabilitas terdekat bilangan random semut.
- j. Menentukan rute terbaik, sehingga diperoleh waktu tempuh tercepat untuk proses pengiriman batubara.

Pada tahapan *Design Phase* menggunakan *Object Oriented Design* (OOD) berupa desain proses dan desain antarmuka aplikasi. Dimana desain proses menggambarkan proses aplikasi secara keseluruhan, dimulai dari tampilan *login* saat aplikasi pertama dibuka, pemilihan menu, input menu hingga *logout* dari aplikasi.

- a. Input : Login dan Pemilihan Armada
- b. Process : Pemilihan *Loading Port*, Pemilihan *Discharging Port*, Hitung Intensitas Pheromone, update Intensitas Pheromone.
- c. Output : Melihat hasil Pemilihan Jalur Terbaik, Logout.

3 Hasil dan Pembahasan

Kondisi saat ini pada industri perkapalan terjadi keluhan pelanggan dimana dalam pengiriman batubara terjadi keterlambatan cukup tinggi. Selain berdampak pada stok batubara di konsumen, dampak lain yang muncul dengan keterlambatan pengiriman dan tidaktepatan dalam memberikan informasi kedatangan adalah terjadinya antrian bongkar di lokasi tujuan. Hal ini juga tentu merugikan pihak pengiriman batubara. Dimana yang seharusnya dalam satu kali perjalanan diperlukan waktu 11-15 hari. Karena terjadi keterlambatan dan antrian bongkar sehingga waktu yang dibutuhkan pun semakin panjang.

Berikut data koordinat latitude dan longitude dapat dilihat di tabel sesuai dengan google map sebagai awal mula perhitungan *ant colony optimization*.

Tabel 2 Jarak berdasarkan tempat pendistribusian

Titik	Latitude	Longitude	Jarak (Meter)
Malinau, Kaltara (1)	3,608603	116,666842	0
Paiton (A)	-7,705527	113,577031	11,72844703
Gresik (B)	-7,169520	112,672533	1,051389621
Cilegon (C)	-5,910932	106,100128	6,691827197
Ciwandan (D)	-6,019368	105,957146	0,179449766

Setelah mengetahui jarak dari masing-masing tabulist antara *Loading port* dan *Discharging port*, maka pengukuran matriks jarak antara posisi *Loading Port* dan *Discharging Port* dapat dihitung dengan menggunakan ketentuan sebagai berikut:

$$d_{ij} = \sqrt{(lat2 - lat1)^2 + (lng2 - lng1)^2} \tag{1}$$

Tabel 3 Matriks jarak

Jarak	1	A	B	C	D
1	0,000	11,728	11,494	14,222	14,401
A	11,728	0,000	1,051	7,689	7,804
B	11,494	1,051	0,000	6,692	6,813
C	14,222	7,689	6,692	0,000	0,179
D	14,401	7,804	6,813	0,179	0,000

Dengan adanya data di atas kemudian dimasukan ke dalam perhitungan Matlab untuk selanjutnya data dapat diolah lebih lanjut untuk perhitungan *Ant coloy optimization* pada Matlab. Berikut data matrik jarak pada tampilan Matlab dapat dilihat pada Gambar 1.

```

d =
      0      11.7284      11.4945      14.2224      14.4012
  11.7284         0       1.0514       7.6893       7.8042
  11.4945       1.0514         0       6.6918       6.8132
  14.2224       7.6893       6.6918         0       0.1794
  14.4012       7.8042       6.8132       0.1794         0

h =
      Inf       0.0853       0.0870       0.0703       0.0694
  0.0853         Inf       0.9511       0.1301       0.1281
  0.0870       0.9511         Inf       0.1494       0.1468
  0.0703       0.1301       0.1494         Inf       5.5741
  0.0694       0.1281       0.1468       5.5741         Inf

h =
      0       0.0853       0.0870       0.0703       0.0694
      0         Inf       0.9511       0.1301       0.1281
      0       0.9511         Inf       0.1494       0.1468
      0       0.1301       0.1494         Inf       5.5741
      0       0.1281       0.1468       5.5741         Inf

>> p12=thoinit(1,2)*h(1,2)^2
p12 =
      0.0073

>> tp=p12+p13+p14+p15
tp =
      0.0246
    
```

Gambar 1 Hasil perhitungan matriks jarak pada software MATLAB.

```

>> p13=thoinit(1,3)*h(1,3)^2
p13 =
    0.0076
>> p14=thoinit(1,4)*h(1,4)^2
p14 =
    0.0049
>> p15=thoinit(1,5)*h(1,5)^2
p15 =
    0.0048
>> p12=p12/tp
p12 =
    0.2955
>> p13=p13/tp
p13 =
    0.3076
>> p14=p14/tp
p14 =
    0.2009
>> p15=p15/tp
p15 =
    0.1960
>> rand
ans =
    0.0357
>> p=cumsum([p12 p13 p14 p15])
p =
    0.2955    0.6031    0.8040    1.0000
    
```

Gambar 1 Lanjutan.

Selanjutnya dilakukan iterasi berulang sampai mendapatkan hasil tabulist. Hasil dari perhitungan *ant colony optimization* dengan menggunakan Matlab maka didapatkan kesimpulan tabulist seperti dapat dilihat pada Tabel 4.

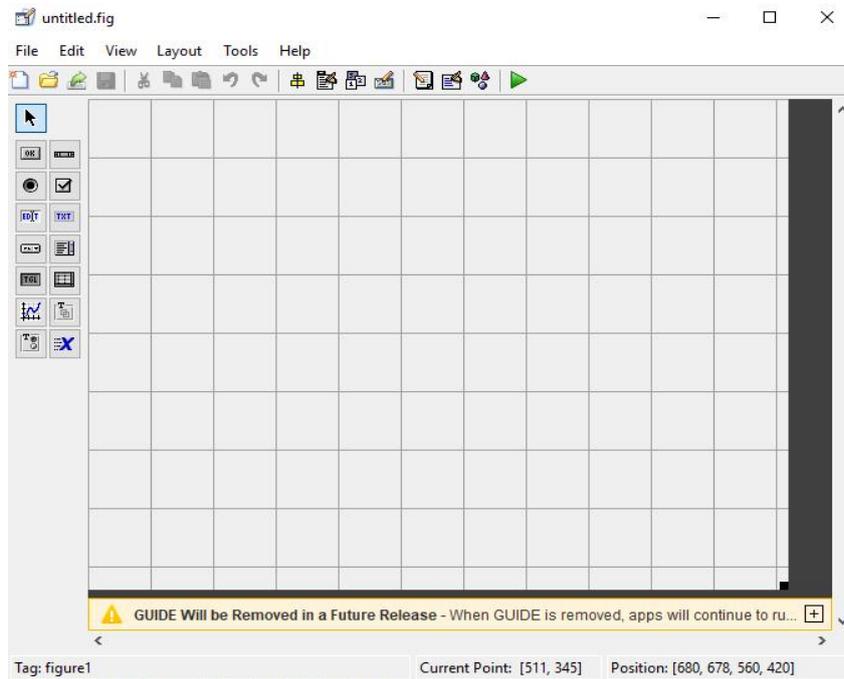
Tabel 4 Daftar Tabulist

Tabulist	Jalur	Nilai Jarak	Setelah Iterasi
1	1 – 2 – 3 – 5 – 4 – 1	19.651	19.600
2	1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 1	15.832	15.769
3	1 – 3 – 2 – 5 – 4 – 1	19.651	19.600

Jarak terpendek dari keseluruhan iterasi adalah tabulist 2 yaitu dengan nilai setelah terasi adalah 15.769 dengan rute jalur 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 1. Jalur awal yang digunakan sebenarnya sudah tepat, namun dengan adanya iterasi berulang dapat mengurangi jarak sebesar 0.0632. Sehingga meskipun jalur yang dipilih adalah sama tetapi jarak yang ditempuh dapat berkurang dari jalur awal.

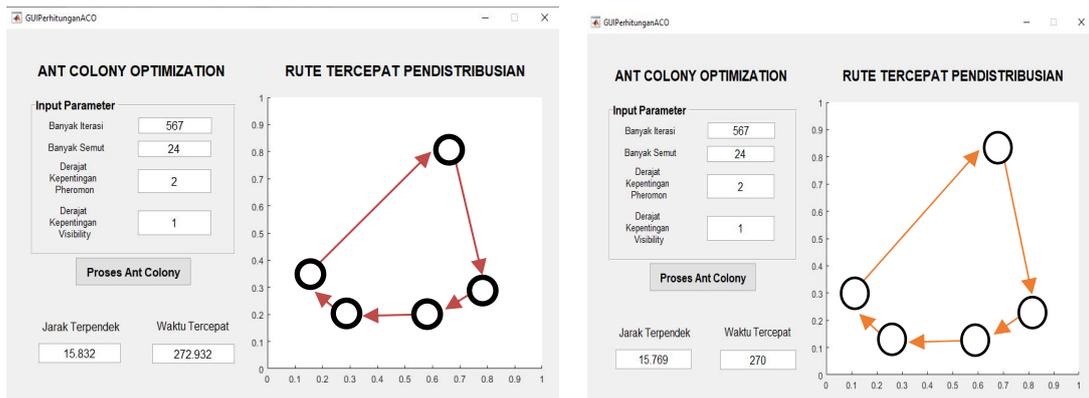
Komputasi pemrograman GUI Matlab dilakukan sebagai alat bantu dalam melakukan pencarian jalur terpendek menggunakan metode Ant Colony Optimization. Pada tahap pertama membuat GUI yaitu merancang konsep. Konsep yang digunakan dalam pembuatan GUI *Ant Colony Optimization* ini menggunakan empat layer yang terdiri dari tampilan awal, rute awal pendistribusian, rute pendistribusian terpendek dan rute pendistribusian tercepat.

GUI pada penelitian ini dirancang dengan menggunakan 7 komponen yang telah tersedia yaitu push button, edit text, static text, table, axes, listbox dan panel. Berikut pada Gambar 2 memperlihatkan tampilan awal dalam mendesain GUI Matlab.



Gambar 2 Tampilan Awal Pembuatan Desain GUI MATLAB.

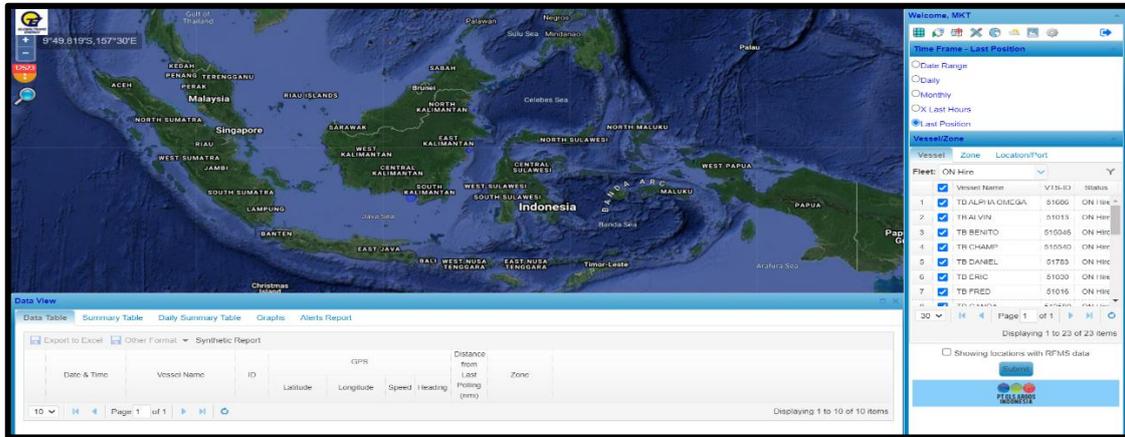
Pada output layar GUI Matlab *Ant Colony Optimization*, dapat diperoleh informasi terkait dengan proses pengiriman batubara dengan banyaknya iterasi, banyaknya semut, derajat kepentingan pheromone, derajat kepentingan visibilitas, total jarak yang ditempuh, dan lama waktu yang ditempuh untuk menyelesaikan pengiriman tersebut. Sebelum iterasi didapat data awal adalah sebagaimana terlihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3 Tampilan hasil sebelum dan setelah jalur pendistribusian.

Interface merupakan suatu layanan ataupun mekanisme yang diberikan kepada setiap pengguna alat digitalnya. Dalam hal ini interface akan memberikan layanan serta pemecahan masalah berupa informasi kepada penggunanya sesuai yang dibutuhkan sampai masalah tersebut tuntas. Dengan menggunakan interface ini memungkinkan sistem operasi untuk bersentuhan langsung dengan para user dan mudah untuk digunakan.

Interface yang akan digunakan berisikan data tracking dan pencarian jalur terbaik dalam pengiriman batubara. Secara garis besar interface pada tampilan halaman utama terdiri dari bagian peta, panel menu dan alat, serta panel data seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Interface website.

Dari perhitungan tersebut kemudian dikorelasikan dengan website maka didapat hasil simulasi dari pemilihan jalur terbaik sebagaimana Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5 Hasil Penentuan Jalur Terbaik.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data, analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa dalam analisis yang dilakukan dengan mencari jalur terbaik diperoleh hasil yaitu jarak tempuh sebesar 15.769 dari jarak tempuh awal 15.832. Dengan perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa metode pencarian jalur terbaik menggunakan ant colony optimization dengan alat bantu GUI Matlab juga dapat diterapkan pada Transportasi Laut. Aplikasi berbasis website yang telah dirancang sesuai dengan kebutuhan pencarian jalur terbaik dimana hal ini dapat membantu untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini, yaitu mendapatkan hasil jalur terbaik yang dapat digunakan. Sehingga mengurangi persentase keterlambatan pengiriman batubara. Perlunya mengembangkan kembali terkait dengan sinkronisasi data cuaca yang real time dengan perhitungan ant colony optimization, sehingga bisa didapatkan hasil yang lebih optimal dan terlihat dengan sangat jelas perbedaan antara sebelum menggunakan aplikasi dengan setelah menggunakan aplikasi.

Referensi

- Asmara, E., & Ichtarto, B. P. (2021). Application of p-median to optimization of allocation and location distribution center in Rural Logistics System Indonesia: Case study. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 13(2), 215–222. <https://doi.org/10.22441/oe.2021.v13.i2.020>
- Atikno, W., Setiawan, I., & Taufik, D. A. (2021). Key Performance Indicators Implementation : Literature Review and Development for Performance Measurement. *Indonesian Journal of Industrial Engineering & Management*, 2(3), 189–197. <https://doi.org/10.22441/ijiem.v2i3.12067>
- Chenglu, W., & Guojun, P. (2015). Application of Internet of Things in Development of e-Navigation Architecture. *International Symposium on Computers & Informatics*, 579–586. <https://doi.org/10.2991/isci-15.2015.77>
- Fowdur, T. P., Beeharry, Y., Hurbungs, V., Bassoo, V., Ramnarain-Seetohul, V., & Lun, E. C. M. (2018). Performance analysis and implementation of an adaptive real-time weather forecasting system. *Internet of Things (Netherlands)*, 3–4, 12–33. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2018.09.002>
- Prasetyo, L. E., Istiadi, I., & Marisa, F. (2021). Sistem optimasi pendistribusian bahan makanan dan snack dengan algoritma Ant Colony Optimization (ACO). *Aiti: Jurnal Teknologi Informasi*, 18(1), 88–96. <https://doi.org/10.24246/aiti.v18i1.88-96>
- Prasmoro, A. ., & Hasibuan, S. (2018). Optimasi Kemampuan Produksi Alat Berat Dalam Rangka Produktifitas Dan Keberlanjutan Bisnis Pertambangan Batubara: Studi Kasus Area Pertambangan Kalimantan Timur. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 10(1), 1–16.
- Risqiyanti, V., & Rizkia, A. D. (2020). Pencarian Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization Pada Gui Matlab Guna Memantau Sustainable Development Goals. *Seminar Nasional Official Statistics*, 2019(1), 31–38. <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2019i1.193>
- Sidik, R., Fitriawati, M., Mauluddin, S., & Nursikuwagus, A. (2018). Model Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) Untuk Optimasi Sistem Informasi Penjadwalan Kuliah. *Jurnal Teknologi Dan Informasi*, 8(2). <https://doi.org/10.34010/jati.v8i2.1257>
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (1st ed.). CV Alfabeta.
- Suharsimi, A. (2013). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktek* (1st ed.). Rineka Cipta.
- Suo, Y., Zhu, L. N., Zang, Q. G., & Wang, Q. (2013). An ant colony optimization algorithm for selection problem. *Applied Mechanics and Materials*, 411–414, 1939–1942. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.411-414.1939>
- Tian, Z., Liu, F., Li, Z., Malekian, R., & Xie, Y. (2017). The development of key technologies in applications of vessels connected to the Internet. *Symmetry*, 9(10), 1–20. <https://doi.org/10.3390/sym9100211>
- Tyas, S. Y., & Prijodiprodjo, W. (2013). Aplikasi Pencarian Rute Terbaik dengan Metode Ant Colony Optimazation (ACO). *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, 7(1), 55. <https://doi.org/10.22146/ijccs.3052>
- Utomo, D. W., Kurniawan, D., & Ningrum, N. K. (2017). Implementasi Traveling Salesman Problem pada Pemilihan Jalur ATM Locator Menggunakan Ant Colony Optimization. *Jurnal Pengembangan IT (JPIT)*, 20(20), 20–25. <https://doi.org/10.30591/jpit.v6i1.2265>
- Wang, H., Osen, O. L., Li, G., Li, W., Dai, H. N., & Zeng, W. (2015). Big data and industrial Internet of Things for the maritime industry in Northwestern Norway. *IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings/TENCON*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/TENCON.2015.7372918>
- Xie, F., Wen, H., Li, Y., Chen, S., Hu, L., Chen, Y., & Song, H. (2018). Optimized Coherent Integration-Based Radio Frequency Fingerprinting in Internet of Things. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(5), 3967–3977. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2871873>