

USULAN PENGATURAN PENGGUNAAN LIFT DENGAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK MINIMASI WAITING TIME LIFT DI GEDUNG TULT

1st Harits Faishal Lukman
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ritsudang@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Ayudita Oktafiani
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ayuditaoktafiani@telkomuniversity.ac.id

3rd Nopendri
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

nopendri@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Pelayanan transportasi vertikal, khususnya lift, merupakan komponen penting dalam pengelolaan gedung-gedung modern seperti Gedung TULT di Telkom University. 5 dari 10 lift pada gedung ini mengalami ketidaksetaraan beban kerja sehingga waktu tunggu antar-lift tidak merata, khususnya selama periode sibuk seperti pergantian kelas dan jam makan siang. Ketidaksetaraan ini dapat menyebabkan ketidaknyamanan dan inefisiensi dalam penggunaan fasilitas lift. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penjadwalan lift di Gedung TULT dengan menggunakan algoritma genetika untuk meminimalkan waktu tunggu pengguna lift, serta meningkatkan efisiensi dan kenyamanan penggunaan fasilitas tersebut.

Dalam penelitian ini, model penjadwalan lift dioptimalkan dengan mempertimbangkan berbagai parameter seperti jumlah lift, jumlah lantai, dan pola penggunaan selama periode puncak. Data asli mengenai waktu tempuh lift dan jumlah lantai yang dilayani dikumpulkan untuk membangun model simulasi. Algoritma genetika diterapkan untuk mencari solusi optimal yang dapat mengurangi waktu tunggu rata-rata dan distribusi beban antar-lift.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan algoritma genetika dapat secara signifikan mengurangi waktu tunggu total lift di Gedung TULT. Data simulasi memperlihatkan penurunan average waiting time dari 177 detik pada penjadwalan awal menjadi 135 detik pada penjadwalan yang dioptimalkan. Perbaikan ini dicapai melalui penyesuaian jadwal dan pembagian beban lift yang lebih merata, yang pada gilirannya mengurangi ketidaknyamanan pengguna dan meningkatkan efisiensi operasional lift. Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya penerapan teknik optimasi dalam pengelolaan fasilitas transportasi vertikal untuk meningkatkan pengalaman pengguna di gedung-gedung dengan intensitas tinggi.

Kata kunci— Algoritma Genetika, Lift, Waiting Time, Lantai, Penjadwalan

memiliki masalah ketidaksetaraan beban kerja yang mengakibatkan waktu tunggu antar lift berubah, yang merupakan tantangan yang perlu diatasi. penelitian ini bertujuan untuk mencari cara agar penggunaan lift tersebut dapat dioptimalkan, sehingga waiting time dapat diminimasi dan efisiensi penggunaan lift dapat ditingkatkan.

Alur penggunaan lift di Gedung TULT dapat diilustrasikan melalui beberapa tahapan: pengguna menekan tombol panggilan di lantai tertentu, sistem kemudian mengalokasikan lift berdasarkan aturan prioritas Shortest Seek Time First (SSTF). Dalam aturan SSTF, lift yang paling dekat dengan lantai panggilan akan diprioritaskan untuk merespons, dengan tujuan meminimalkan waktu perjalanan dan waktu tunggu pengguna. Aturan prioritas SSTF ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional lift dengan mengurangi waktu tempuh lift dan waktu tunggu pengguna.

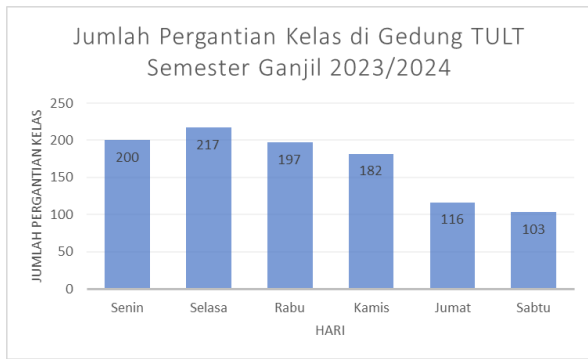


Gambar I. 1 Ilustrasi Alur Penggunaan Lift di Lantai 1

Rata-rata waktu tunggu mengacu pada rata-rata waktu total yang dibutuhkan pada lift mulai dari saat lift pertama kali terbuka di lantai yang ditumpangi pengguna hingga kembali terbuka di lantai tersebut setelah mengantarkan penumpang lain. Waiting time mengacu pada interval waktu antara saat seorang pengguna memanggil lift hingga saat lift tiba di lantai pengguna tersebut.

I. PENDAHULUAN

Peningkatan pelayanan dan kenyamanan dalam penggunaan fasilitas transportasi vertikal di Gedung TULT, yang mencakup 20 lantai, dan 10 lift, menjadi hal yang krusial untuk mendukung mobilitas sehari-hari civitas Telkom University. Penggunaan 5 lift dari 10 lift yang jangkauan lantainya hanya mencapai 11 lantai di Gedung TULT



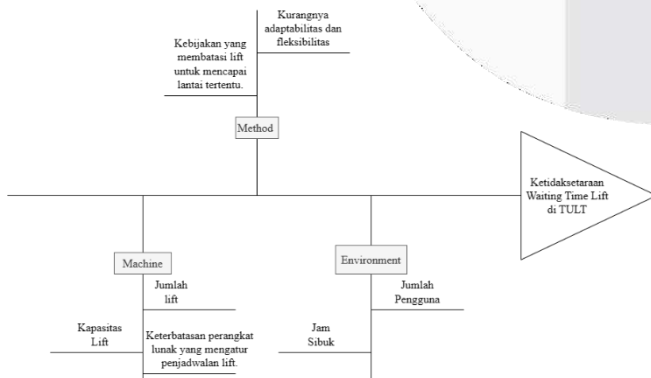
Gambar I. 2 Jumlah Kelas di Gedung TULT Semester Ganjil 2023/2024

Dalam Gedung TULT, permasalahan dalam penjadwalan lift menjadi tantangan yang dapat memengaruhi efisiensi dan kenyamanan pengguna. Masalah utama terletak pada ketidaksetaraan waiting time pada masing-masing lift di Gedung TULT. Penggunaan lift 1-5 (nama aktualnya adalah lift 6-10) di Gedung TULT menunjukkan variasi yang signifikan dalam kinerja setiap lift, dengan rata-rata waktu tunggu bervariasi. Oleh karena itu, penulis melakukan observasi pada waktu tertentu yaitu hari Selasa, pukul 11.30 khususnya pada jam pergantian kelas.

Tabel 1. 1 Average Waiting Time di Lantai 1 pada Jam Pergantian Kelas 11:30

| Lift | Average Waiting Time(seconds) | Frekuensi Penggunaan |
|------|-------------------------------|----------------------|
| 1 | 163 | 9 |
| 2 | 176 | 8 |
| 3 | 122 | 12 |
| 4 | 177 | 9 |
| 5 | 128 | 12 |

Hasil observasi menunjukkan rata-rata waktu tunggu di Gedung TULT adanya variasi yang signifikan dalam kinerja setiap lift. Selisih 55 detik pada lift 4 dan lift 3 menunjukkan terdapat perbedaan average waiting time yang cukup signifikan pada penggunaan lift di gedung TULT. Hal ini menunjukkan pentingnya untuk mengoptimalkan penugasan lift dan meminimalkan ketidaksetaraan beban agar penggunaan lift di Gedung TULT menjadi lebih efisien dan pengalaman pengguna lebih baik.



Gambar I. 3 Fishbone Diagram

Adanya perbedaan signifikan dalam frekuensi pemakaian antara lift 1-5 mencerminkan potensi ketidaksetaraan dalam

distribusi beban lift di Gedung TULT. Seiring dengan temuan pada analisis *fishbone* diagram, perbedaan ini mungkin disebabkan oleh faktor-faktor seperti kebijakan penjadwalan yang membatasi jangkauan lift tertentu ke sejumlah lantai, atau bahkan konfigurasi fisik gedung yang memengaruhi aksesibilitas terhadap lift-lift tertentu. Penerapan sistem penjadwalan lift yang lebih efisien dapat membawa dampak positif yang signifikan bagi pengguna dan operasional Gedung TULT. Dengan penjadwalan yang lebih adaptif, distribusi lalu lintas lift dapat diatur secara merata, mengurangi waktu tunggu pengguna dan memberikan ketepatan waktu yang lebih baik dalam mencapai tujuan. Pengguna akan merasakan peningkatan kenyamanan dan efisiensi dalam perjalanan vertikal, menciptakan pengalaman pengguna yang lebih memuaskan.

II. KAJIAN TEORI

Menyajikan dan menjelaskan teori-teori yang berkaitan dengan variabel-variabel penelitian. Poin subjudul ditulis dalam abjad.

A. Sistem Transportasi Vertikal

Sistem transportasi vertikal, khususnya lift, memiliki peran penting dalam gedung bertingkat tinggi. Berbagai penelitian seperti yang dilakukan oleh [3] menyatakan tentang prinsip-prinsip dasar dan tantangan dalam desain dan manajemen sistem lift. Sistem transportasi vertikal, menurut [4] mencakup berbagai sarana transportasi di dalam bangunan, seperti lift, eskalator, dan derek hidrolik. Sistem-sistem ini sangat penting untuk gedung-gedung tinggi, di mana penghuni mengandalkan mereka untuk pergerakan vertikal sehari-hari. Hal ini menyoroti peran kritis sistem transportasi vertikal dalam memfasilitasi pergerakan yang efisien di dalam struktur tinggi.

B. Kebijakan Penjadwalan Lift

Penelitian yang dilakukan oleh beberapa ahli transportasi vertikal, seperti [5] secara konsisten menyoroti bahwa kebijakan penjadwalan lift memiliki dampak langsung terhadap efisiensi dan kenyamanan pengguna. Menyadari secara mendalam akan kebijakan ini menjadi kunci utama untuk meningkatkan kinerja keseluruhan sistem transportasi vertikal. Temuan ini menegaskan pentingnya pengembangan dan implementasi kebijakan penjadwalan lift yang tepat guna sebagai strategi terpenting dalam mencapai pengalaman pengguna yang optimal dan operasional sistem yang efisien.

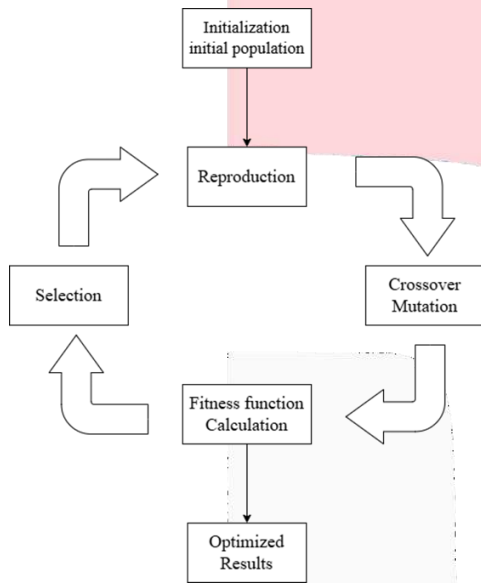
C. Algoritma Genetika

Masalah menemukan solusi optimal untuk pengaturan penggunaan lift dapat dioptimalkan menggunakan algoritma optimasi heuristik. Algoritma yang cocok untuk variabel biner adalah Algoritma Genetika (GA), yang dapat digunakan untuk mengkodekan pengaturan lift terhadap panggilan dari lantai. Pendekatan yang diusulkan menggunakan GA untuk meningkatkan waiting time (WT) penumpang, yang merupakan ukuran kualitas layanan [2].

1. Kodekan masalah sebagai kromosom biner.
2. Pilih ukuran populasi kromosom (N).

3. Pilih operator genetik seperti probabilitas crossover (pc) dan probabilitas mutasi (pm).
4. Definisikan fungsi kebugaran (fitness function).
5. Hasilkan populasi awal secara acak sebanyak (N).
6. Hitung kebugaran setiap kromosom individu.
7. Pilih sepasang kromosom untuk menghasilkan generasi berikutnya.
8. Buat sepasang kromosom keturunan.
9. Tempatkan kromosom keturunan yang dibuat dalam populasi baru.
10. Gantikan populasi kromosom awal (induk) dengan populasi baru (keturunan).
11. Kembali ke Langkah 6 dan ulangi proses tersebut.

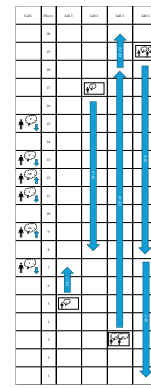
Algoritma di atas mengulangi proses optimasi hingga kriteria penghentian terpenuhi atau iterasi yang dipilih telah selesai.



Gambar II.1 Flowchart Algoritma Genetika

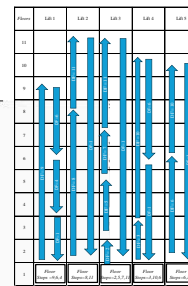
[2]

Pada artikel [6] telah mengaplikasikan algoritma genetika dengan mempertimbangkan kondisi awal lift untuk mengoptimasi *waiting time*. Perbandingan antara penelitian[1] dengan penelitian yang akan dilakukan menunjukkan perbedaan dalam fokus penelitian. Penelitian Tartan lebih berfokus pada optimasi pengaturan lift pada setiap lantai, sementara penelitian yang akan dilakukan menitikberatkan pada pengurangan waktu tunggu pada khususnya pada 1 lantai yang menjadi titik fokus aktivitas gedung. Meskipun demikian, kedua penelitian menggunakan algoritma genetika sebagai pendekatan untuk mengoptimalkan penugasan lift, melakukan evaluasi kinerja berdasarkan nilai *fitness* individu, dan memiliki tujuan optimasi yang serupa dalam meningkatkan efisiensi operasional lift dan memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik.



Gambar II.2 Scenario Ilustrasi Lift

Pada diagram [2], distribusi lantai (DF) ditampilkan untuk masing-masing lift. Sebagai contoh, lift tertentu hanya melayani lantai tertentu, misalnya DF = 7 berarti lift tersebut hanya menerima panggilan dari lantai 7. Algoritma genetika digunakan untuk mengoptimalkan penjadwalan lift dengan membatasi panggilan dari beberapa lantai tertentu saja. Tujuan utama dari pendekatan ini adalah untuk mengurangi waktu tunggu (*waiting time*) dan meningkatkan efisiensi operasional lift.



Gambar II.3 Scenario Penelitian

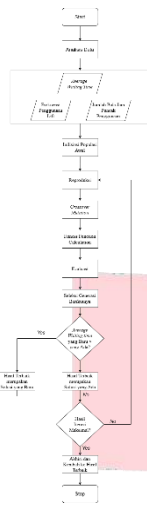
Dalam penelitian yang akan dilakukan, perhitungan waktu tunggu difokuskan pada lantai 1 saja. Perhitungan waktu tunggu hanya difokuskan di lantai 1 karena pada Gedung TULT hanya di lantai 1 saja terdapat indikator perjalanan lift ke tiap lantainya. Pada indikator tersebut peneliti dapat mengamati perjalanan lift tersebut seperti selama satu perjalanan suatu lift di lantai mana saja lift tersebut berhenti.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kelebihan dalam kesederhanaannya dengan fokus pada satu titik waktu spesifik, yaitu ketika lift tiba di lantai 1. Algoritma genetika yang digunakan dalam [2] mengatur agar setiap lift hanya menerima panggilan dari beberapa lantai tertentu saja. Hal ini dilakukan untuk mengurangi waktu tunggu dan meningkatkan efisiensi operasional lift. Dalam penelitian ini, perhitungan waktu tunggu difokuskan pada lantai 1 saja, berbeda dengan metode [2] yang menghitung waktu tunggu selama perjalanan naik dan turun lift.

III. METODE

Penelitian ini menggunakan metodologi penyelesaian masalah yang terstruktur untuk mengatasi ketidaksetaraan waktu tunggu lift di Gedung TULT. Pendekatan ini melibatkan pemahaman mendalam tentang kebutuhan

pengguna dan implementasi algoritma genetika sebagai solusi penjadwalan yang adaptif. Tahapan perancangan dalam Tugas Akhir ini mencakup pengumpulan data, perancangan, verifikasi, dan validasi. Penyusunan model algoritma genetika untuk mengatasi ketidaksetaraan waktu tunggu lift di Gedung TULT melibatkan beberapa langkah kunci.



Gambar III. 1. Penyusunan Model Algoritma Optimasi Lift

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaturan penggunaan lift dengan metode algoritma genetika

1. Parameter yang digunakan

Berikut adalah parameter yang dipertimbangkan pada penelitian ini dalam menggunakan algoritma genetika

- 1) num_lifts = 5
- 2) num_floors = 10
- 3) population_size = 100
- 4) num_generations = 100
- 5) mutation_rate = 0.1

2. Hasil dari Algoritma Genetika

Hasil rancangan dari proses perancangan di atas adalah konfigurasi optimal dari pengelompokan lantai yang diakses oleh setiap lift. Konfigurasi ini menghasilkan average waiting time yang lebih rendah dibandingkan dengan konfigurasi awal.

Tabel IV.1 Hasil Algoritma Genetika

| Lift | Lantai yang dapat diakses |
|------|---------------------------|
| 1 | 2,5,10 |
| 2 | 4,7,8,9 |
| 3 | 2,4,10,11 |
| 4 | 2,3,7,10 |
| 5 | 6,7,9,10 |

Algoritma genetika telah membantu mengurangi total durasi waktu tunggu dan meningkatkan distribusi layanan antar lantai. Total waiting time pada kelima lift pada simulasi usulan

berkurang sebesar 14,1% Average waiting time pada algoritma genetika dapat berkurang sebesar 31%. Data simulasi memperlihatkan penurunan average waiting time dari 177 detik pada data awal menjadi 135 detik pada konfigurasi yang baru. Perbaikan ini dicapai melalui penyesuaian konfigurasi lift yang lebih merata, yang pada gilirannya mengurangi average waiting time dan meningkatkan efisiensi operasional lift.

| | Lift 1 | Lift 2 | Lift 3 | Lift 4 | Lift 5 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Lantai 11 | | | ✓ | | |
| Lantai 10 | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Lantai 9 | | ✓ | | | ✓ |
| Lantai 8 | | ✓ | | | |
| Lantai 7 | | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Lantai 6 | | | | | ✓ |
| Lantai 5 | ✓ | | | | |
| Lantai 4 | | ✓ | ✓ | | |
| Lantai 3 | | | | ✓ | |
| Lantai 2 | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| Lantai 1 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

Gambar IV.1 Ilustrasi Penerapan Kebijakan Pengalokasian Lift yang Baru

Gambar IV.1 di atas menunjukkan hasil rancangan algoritma pengalokasian lift yang telah dikembangkan. Pengguna akan lebih memahami bagaimana sistem lift yang diterapkan bekerja. Tanda centang (✓) menunjukkan lantai yang dilayani oleh masing-masing lift. Dari hasil simulasi, dapat dilihat bahwa algoritma yang diusulkan mampu meminimalkan waktu tunggu pengguna dan meningkatkan efisiensi penggunaan lift.

3. Hasil dari Simulasi

Data aktual yaitu kondisi dimana setiap lift dapat mencapai lantai 1-11. Simulasi usulan yaitu kondisi setiap lift memiliki lantai yang dapat dicapainya masing-masing.

Tabel IV. 2 Analisis hasil

| Nama | Data Aktual | Simulasi Usulan |
|----------------------------|--|--|
| Total Average Waiting Time | 177 detik | 135 detik |
| Total waiting time | 7803 detik | 6838 detik |
| Lantai yang dicapai | F 11 = 28, F 7 = 21, F 9 = 19, F 6 = 18, F 4 = 18, F 8 = 11, F 10 = 10, F 2 = 10, F 5 = 8, F 3 = 6 | F 11 = 29, F 7 = 21, F = 18, F 4 = 17, F 9 = 17, F 10 = 15, F 8 = 11, F 2 = 10, F 5 = 8, F 3 = 6 |
| Total lantai yang dicapai | 151 | 152 |

Pada Tabel IV.2 dapat diketahui bahwa dengan menerapkan pengaturan penggunaan lift dengan algoritma genetika dapat mengurangi total waiting time lift pada penggunaan lift di gedung TULT. F

adalah representasi dari *floor* (lantai). *Total waiting time* berkurang sebesar 14,1%. *Average waiting time* penggunaan kelima lift dapat turun sebesar 31 %. Lantai yang dicapai pada kedua kondisi tersebutpun memiliki jumlah yang berdekatan.

4. Evaluasi Efektivitas dan Efisiensi
Pada tahap ini evaluasi akan dilakukan mengenai efektivitas dan efisiensi hasil rancangan.

Tabel IV. 3 4. Evaluasi Hasil Rancangan

| | Data Aktual | Simulasi Usulan |
|-------------|---|--|
| Efektivitas | Berdasarkan data yang diobservasi sistem elevator aktual seringkali mengalami ketidakmerataan distribusi beban antar-lift. Ini menyebabkan beberapa lift lebih sering digunakan daripada yang lain. | Hasil simulasi dari algoritma genetika menunjukkan dari peningkatan distribusi beban antar-lift dapat mengurangi <i>average waiting time</i> . Setiap lift dilibatkan dalam melayani lantai-lantai yang spesifik, sehingga beban terdistribusi lebih merata. |
| Efisiensi | Efisiensi sistem lift aktual terganggu oleh adanya waktu tunggu lift yang lebih tinggi dan pola pergerakan yang kurang optimal. Setiap elevator dapat melayani terlalu banyak lantai, yang menyebabkan waktu tunggu lift meningkat. | Sistem usulan berbasis algoritma genetika mengurangi waktu tunggu lift dengan memperpendek waktu penggunaan setiap lift. Dengan distribusi lantai yang lebih terarah, waktu penggunaan antar-lantai dapat dioptimalkan. Selain itu, sistem usulan menunjukkan efisiensi komputasi yang baik, dimana waktu pemrosesan optimasi cukup cepat, memungkinkan perubahan diterapkan secara efektif tanpa menambah beban kerja operator. |

Perbandingan sistem aktual dan usulan ini menunjukkan peningkatan signifikan dalam efektivitas penurunan waktu tunggu serta efisiensi operasional elevator secara keseluruhan. Secara keseluruhan, sistem usulan menunjukkan peningkatan yang signifikan baik dalam hal efisiensi (penurunan waktu tunggu) maupun efektivitas (pelayanan lantai yang lebih optimal). Ini membuktikan bahwa metode algoritma genetika dapat memberikan solusi yang lebih baik dibandingkan sistem konvensional, terutama dalam menghadapi variasi permintaan pada setiap lantai.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan metode algoritma genetika untuk menyelesaikan permasalahan minimasi waktu tunggu pada penggunaan 5 lift di Gedung TULT. Berdasarkan hasil simulasi, algoritma genetika memberikan peningkatan kinerja sistem lift, terutama dalam hal distribusi beban kerja dan pengurangan waktu tunggu rata-rata. Dari hasil simulasi, total average waiting time berhasil dikurangi dari 177 detik pada data aktual menjadi 135 detik pada simulasi usulan, yang

menunjukkan penurunan signifikan sebesar 42 detik. Hal ini mencerminkan bahwa algoritma genetika mampu mengoptimalkan penjadwalan lift sehingga mengurangi average waiting time. Selain itu, total waktu tunggu juga menurun dari 7803 detik pada data aktual menjadi 6838 detik pada hasil simulasi. Pengurangan ini menunjukkan bahwa algoritma genetika berhasil mendistribusikan beban pekerjaan lift secara lebih merata dan mengurangi ketidakefisienan dalam sistem operasional lift. Berdasarkan hasil simulasi dan analisis, penerapan algoritma genetika berhasil memberikan solusi yang lebih efisien dalam mengurangi waktu tunggu dan mendistribusikan beban kerja antar lift di Gedung TULT. Dengan perbaikan ini, sistem operasional lift menjadi lebih efektif dalam melayani pengguna, khususnya pada saat jam-jam sibuk.

REFERENSI

- [1] E. O. Tartan and C. Ciftlikli, "A Genetic Algorithm Based Elevator Dispatching Method For Waiting Time Optimization," in *IFAC-PapersOnLine*, Elsevier B.V., 2016, pp. 424–429. doi: 10.1016/j.ifacol.2016.07.071.
- [2] E. O. Tartan, H. Erdem, and A. Berkol, "Optimization of waiting and journey time in group elevator system using genetic algorithm," in *INISTA 2014 - IEEE International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications, Proceedings*, IEEE Computer Society, 2014, pp. 361–367. doi: 10.1109/INISTA.2014.6873645.
- [3] G. Barney and L. Al-Sharif, *Gina Barney, Lutfi Al-Sharif - Elevator Traffic Handbook_ Theory and Practice-Routledge (2015)*. 2015.
- [4] A. T. So and W. L. Chan, "Vertical Transportation Systems," in *Intelligent Building Systems*, A. T. So and W. L. Chan, Eds., Boston, MA: Springer US, 1999, pp. 27–34. doi: 10.1007/978-1-4615-5019-8_4.
- [5] G. Zhao, J. Liu, and Y. Dong, "Scheduling the operations of a double-load crane in slab yards," *Int J Prod Res*, vol. 58, pp. 1–11, Jun. 2019, doi: 10.1080/00207543.2019.1629666.
- [6] W. Gharieb, "Optimal Elevator Group Control Using Genetic Algorithms," *1st Int. Conf. On Advanced Control Circuits & Systems Cairo – EGYPT*, vol. ACCS'05, Mar. 2005.