

IMPLEMENTASI FINITE STATE AUTOMATA UNTUK OPTIMALISASI PROSES DISTRIBUSI DAUR ULANG SAMPAH

Tyas Nur Taufiq¹, Sulthon Syahril Oku², Ryan Ari Setyawan³

^{1,2,3}Universitas Janabadra

Email: ¹tyasnurtaufiq@gmail.com, ²sulthonsoku@gmail.com, ³ryan@janabadra.ac.id

* Penulis Korespondensi

Abstrak

Pengelolaan sampah yang efektif menjadi tantangan besar dalam upaya menciptakan lingkungan yang berkelanjutan. Salah satu langkah penting dalam pengelolaan sampah adalah proses daur ulang, yang memerlukan sistem pemilahan yang efisien dan akurat. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan *Finite State Automata* (FSA) sebagai metode pemodelan untuk mengoptimalkan proses daur ulang sampah. FSA digunakan untuk memodelkan alur pemilahan sampah berdasarkan kategori seperti organik, anorganik, dan bahan berbahaya. Model ini dirancang untuk meningkatkan kecepatan dan akurasi dalam mengidentifikasi jenis sampah yang sesuai untuk didaur ulang.

Kata kunci: *daur ulang sampah, finite state automata, optimasi proses, pemilahan sampah, pengelolaan lingkungan.*

Abstract

Effective waste management is a significant challenge in efforts to create a sustainable environment. One crucial step in waste management is the recycling process, which requires an efficient and accurate sorting system. This study aims to implement Finite State Automata (FSA) as a modeling method to optimize the waste recycling process. FSA is used to model the waste sorting flow based on categories such as organic, inorganic, and hazardous materials. This model is designed to improve the speed and accuracy of identifying waste types suitable for recycling.

Keywords: *environmental management, Finite State Automata, process optimization, waste recycling, waste sorting.*

1. PENDAHULUAN

Sampah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Sementara di dalam UU No 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, disebut sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat, berupa zat organik maupun anorganik yang dapat terurai atau tidak dapat terurai yang sudah dianggap tidak berguna lagi dan dibuang ke lingkungan [1]. Selain itu, sampah adalah segala sesuatu yang dibuang, ditolak, diabaikan, tidak diinginkan, atau materi yang tidak terpakai, materi yang tidak terpakai tersebut tidak untuk dijual, didaur ulang, diproses ulang, diperbaiki atau dimurnikan oleh kegiatan terpisah yang memproduksi materi tersebut [2].

Masalah pengelolaan sampah menjadi salah satu tantangan utama dalam upaya menjaga kelestarian lingkungan. Seiring dengan pertumbuhan populasi dan aktivitas manusia, jumlah sampah yang dihasilkan terus meningkat, sehingga membutuhkan solusi inovatif untuk mengelolanya secara efektif.

Salah satu solusi yang paling penting adalah proses daur ulang, yang dapat mengurangi volume sampah sekaligus mendaur ulang material bernilai. Namun, tantangan utama dalam daur ulang adalah proses pemilahan sampah yang sering kali memakan waktu, mahal, dan kurang akurat jika dilakukan secara manual. Oleh karena itu, pengembangan teknologi yang mampu mengotomatiskan dan mengoptimalkan proses ini sangat diperlukan.

FSA adalah model matematika yang dapat menerima input dan mengeluarkan output yang memiliki *state* yang berhingga banyaknya dan dapat berpindah dari satu *state* ke *state* lainnya berdasarkan *input* dan fungsi transisi [3]. FSA adalah model matematika yang dapat menerima input dan mengeluarkan *output* yang memiliki *state* yang berhingga banyaknya dan dapat berpindah dari satu dari jenisnya yaitu FSA terdapat mesin bahasa yang dapat mengenali, menerima dan menolak yang terdapat pada mesin FSA jenis *Deterministic Finite Automata* (DFA) dan *Non-deterministic Finite Automata* (NFA) [4]. Perbedaan di antara keduanya

adalah bahwa DFA menerima sebuah input dimana state tujuan dari input tersebut adalah satu, sedangkan NFA dapat menuju beberapa state tujuan untuk input yang sama. Perbedaan lainnya adalah DFA tidak menerima input kosong (empty), tidak seperti NFA[5]. *Deterministic Finite Automata* (DFA) hanya memiliki transisi keadaan satu arah, sedangkan NFA dapat memiliki beberapa arah transisi status. *Non-Deterministic Finite Automata* atau disebut NFA adalah salah satu Bahasa Automata yang mudah untuk diaplikasikan dan sesuai dengan logika manusia[6].

Finite State Automata (FSA) merupakan salah satu pendekatan matematis yang dapat digunakan untuk memodelkan sistem pemilahan sampah secara otomatis. Dengan kemampuan FSA untuk memproses alur logika berbasis status, sistem dapat dirancang untuk mengenali dan memilah jenis sampah dengan akurat dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan FSA dalam proses daur ulang sampah, dengan fokus pada pengurangan kesalahan pemilahan dan peningkatan efisiensi proses. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknologi pengelolaan sampah yang lebih cerdas dan berkelanjutan.

Penerapan teknologi seperti FSA mendukung inisiatif keberlanjutan dalam pengelolaan sumber daya. Dengan kemampuan untuk memproses data secara real-time, sistem berbasis FSA dapat diintegrasikan dengan perangkat keras seperti sensor dan conveyor otomatis untuk menciptakan proses pemilahan yang lebih responsif terhadap berbagai jenis sampah. Pendekatan ini tidak hanya membantu mengurangi limbah yang berakhir di tempat pembuangan akhir, tetapi juga mendukung upaya pengurangan emisi karbon melalui peningkatan efisiensi daur ulang. Penelitian ini berusaha untuk mengeksplorasi bagaimana implementasi FSA dapat menjadi solusi praktis dan aplikatif dalam menghadapi tantangan pengelolaan sampah modern.

Penerapan teknologi FSA terbukti mampu meningkatkan atau mengoptimalkan pekerjaan. Berikut adalah beberapa penelitian yang menerapkan FSA:

Penelitian pertama oleh Deny Robyanto, Ade Priyatna, Eni Heni Hermaliani, Frieyadi, dan Windu Gata pada tahun 2021 dengan judul “Implementasi Deterministic Finite Automata (DFA) Pada Perancangan Aplikasi Perhitungan Uang Harian Perjalanan Dinas Kementerian”[7].

Penelitian kedua oleh Muji Ernawati, Windu Gata, Eni Heni Hermaliani, Laela Kurniawati, Sri Rahayu pada tahun 2022 dengan judul “Implementasi Konsep Finite State Automata Pada Desain Game Edukasi Jenis Hewan”[8].

Penelitian ketiga oleh Fergie Joanda Kaunang pada tahun 2019 dengan judul “Penerapan Konsep Finite State Automata (FSA) pada Mesin Pembuat Ice cream Otomatis”[9].

Penelitian keempat oleh Annisa Novtariyani, Eni Heni Hermaliani, Hafifah Bella Novitasari, Sri Rahayu, dan Windu Gata pada tahun 2022 dengan judul “Implementasi Metode Finite State Automata Pada Screening Awal Penerimaan Pegawai”[10].

Penelitian kelima oleh Agung Sudrajat, Windu Gata, Eni Heni Hermaliani, Laela Kurniawati, Frieyadi pada tahun 2021 dengan judul “Implementasi Finite State Automata Pada Aplikasi Simulasi Vending Machine Frozen Food”[11].

Penelitian keenam oleh Juieta Cahya Mestika, Siti Maulida Zahra, Wahyu Muhamad Sidik, Aries Saifudin pada tahun 2023 dengan judul “Implementasi Finite State Automata Pada Mesin Tiket Otomatis Kereta Api Progo Di Stasiun Lempuyangan Yogyakarta”[12].

Penelitian ketujuh oleh Fadillah Said, Dwi Andriyanto, Retno Sari, Windu Gata pada tahun 2020 dengan judul “Perancangan Validasi Permohonan Narasumber Pada Sistem Informasi Permohonan Narasumber Menggunakan Finite State Automata”[13].

Penelitian kedelapan oleh Heri Nurcahyo, Windu Gata, Eni Heni Hermaliani, Hafifah Bella Novitasari, Suwanda Aditya Saputra pada tahun 2022 dengan judul “The Implementation of Finite State Automata Concept in Data Integration Services Submission”[14].

Penelitian kesembilan oleh Endah Avilia Chandra, Muhammad Ikhsan, Suhardi pada tahun 2024 dengan judul “Implementasi Finite State Automata Pada Aplikasi Pembelajaran Mengasah Otak Anak Menggunakan DFA dan NFA Berbasis Android”[15].

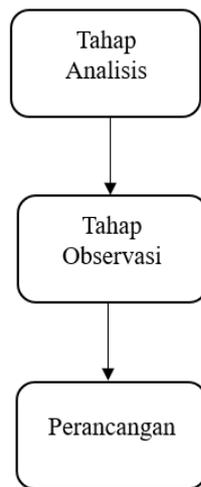
Penelitian kesepuluh oleh Januar C. Talahaturuson, Magdalena A. Ineke Pakereng pada tahun 2023 dengan judul “Penerapan Finite State Automata Pada Transaksi Via Mobile Banking (Aplikasi BRImo)”[16].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode observasi. Metode observasi yaitu penelitian yang dilakukan secara langsung[17]. Observasi dilakukan untuk memahami secara mendalam proses penanganan sampah yang ada, serta bagaimana finite state automata dapat diterapkan dalam proses tersebut. Penelitian ini juga akan melibatkan wawancara dan analisis dokumen untuk melengkapi data yang diperoleh dari observasi. Observasi secara langsung juga dilakukan agar dapat memahami situasi serta tahapan – tahapan proses pengangkutan sampah tersebut secara pasti. Pengangkutan sampah yang dimulai dari TPS, TPS Kontainer, Trans Depo yang nantinya dilakukan pengangkutan dan dilanjutkan pemrosesan pada TPA. TPA adalah tempat di mana sampah mencapai tahap akhir dalam pengelolaannya, mulai dari sumber, pengumpulan, pemindahan/ transportasi, pemrosesan hingga pembuangan[18]. Selain itu, Tempat

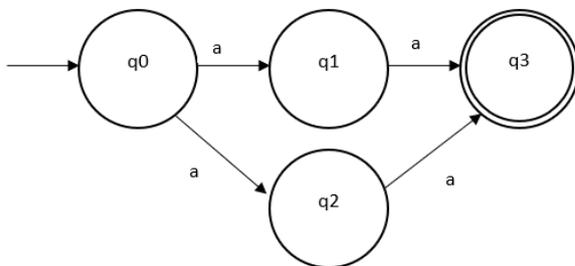
Pembuangan Akhir (TPA) merupakan suatu tempat akhir yang digunakan untuk mengumpulkan semua sampah kota[19].

Tahapan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dapat dibagi ke dalam 3 tahap yaitu : (1) Tahap analisis dan kebutuhan data (2) Tahap Observasi, (3) Tahap perancangan dan implementasi Finite State Automata.



Gambar 1. Diagram Tahapan Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Diagram Transisi

Keterangan gambar:

$\Sigma = \{a\}$

$Q = \{q0, q1, q2, q3\}$

$S = \{q0\}$

$F = \{q3\}$

dimana:

Q = himpunan *state*

Σ = himpunan simbol *input/* masukan

δ = fungsi transisi (pada tabel 1)

S = *state* awal (*initial state*)

F = himpunan *state* akhir,

Simbol merupakan sebuah entitas abstrak (seperti halnya titik dalam geometri). Huruf atau angka merupakan contoh dari simbol, sedangkan string merupakan deretan terbatas (finite) simbol-simbol [20].

Diagram Transisi menunjukkan Gambaran bagaimana proses *Finite State Automata* tersebut terjadi, mulai dari *state* awal yaitu $q0$ hingga *state*

akhir $q3$. Berdasarkan hasil peninjauan pada gambar 2 berikut hasil yang didapatkan :

Tabel 1. Tabel Transisi

δ	A
q0	q1
q1	q3
q2	q3
q3	

Tabel transisi dibuat berdasarkan Himpunan State, Himpunan Σ , *State* Awal dan *State* Akhir. Dari table transisi diketahui bahwa *Finite State Automata* dimulai dari *State* Awal $q0$ yang mana merupakan TPS/TPS 3R/Trans Depo/TPS Kontainer. Dari $q0$ dilanjutkan ke $q1$ yang mana merupakan truk, truk ini merupakan sarana pengangkutan sampah. Kemudian $q1$ sebagai truk sampah dilanjutkan ke $q3$ yang mana merupakan Tempat Pemrosesan sampah, tempat pemrosesan sampah ini merupakan *state* akhir atau F. Ada pula $q2$ yang mana merupakan Truk Khusus sampah, $q2$ ini menuju $q3$.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penerapan *Finite State Automata* (FSA) dalam proses daur ulang sampah menunjukkan efisiensi dan keakuratan yang signifikan dibandingkan metode manual. Proses ini dimulai dengan mendefinisikan *state* awal ($q0$), yang meliputi tempat pengumpulan sampah seperti TPS, TPS 3R, Trans Depo, atau TPS Kontainer. Sampah yang dikategorikan kemudian diangkut menggunakan truk ($q1$), atau truk khusus sampah ($q2$), menuju tempat pemrosesan akhir ($q3$), yaitu TPA. Seluruh alur pemrosesan ini dirancang menggunakan tabel transisi yang menggambarkan perpindahan antar *state* berdasarkan simbol input (Σ) yang merepresentasikan sampah.

3.1. Efisiensi Pemrosesan

Hasil implementasi model Finite State Automata (FSA) menunjukkan bahwa sistem ini mampu secara signifikan meminimalkan kesalahan dalam proses pemilahan sampah. Dalam praktiknya, setiap kategori sampah dikelompokkan dan ditangani berdasarkan alur kerja yang telah ditentukan sebelumnya, memastikan bahwa tidak ada tumpang tindih atau konflik dalam proses pemrosesan. Dengan menggunakan diagram transisi yang dirancang secara sistematis, alur pemindahan sampah dari satu *state* ke *state* lainnya menjadi lebih jelas dan terstruktur.

Pada sistem pemilahan konvensional, proses pemisahan sampah seringkali bergantung pada intervensi manual, yang tidak hanya memakan waktu tetapi juga berisiko tinggi terhadap kesalahan. Sebaliknya, model FSA menyediakan kerangka kerja yang memungkinkan pengoperasian lebih efisien. Setiap *state* dalam sistem FSA mewakili tahap

spesifik dalam pemrosesan sampah, seperti identifikasi, pengelompokan, dan pemindahan ke tempat pembuangan yang sesuai. Transisi antar state diatur berdasarkan aturan logika yang telah ditentukan, sehingga setiap langkah proses berjalan secara otomatis dan akurat.

Efisiensi waktu yang dicapai melalui penerapan FSA juga berdampak pada peningkatan kapasitas pengolahan sampah. Dalam situasi di mana volume sampah yang masuk sangat besar, model ini mampu menjaga stabilitas operasi tanpa mengalami penurunan kualitas pemrosesan. Selain itu, tenaga kerja manusia yang biasanya dibutuhkan untuk melakukan pemilahan manual dapat dialihkan ke tugas-tugas lain yang lebih strategis, seperti pemantauan dan pemeliharaan sistem.

Penggunaan FSA tidak hanya memberikan manfaat pada sisi teknis, tetapi juga berdampak positif terhadap aspek keberlanjutan lingkungan. Dengan meminimalkan kesalahan pemilahan, sistem ini memastikan bahwa sampah yang dapat didaur ulang diproses dengan benar, sehingga mengurangi jumlah sampah yang berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA). Pengurangan volume sampah di TPA tidak hanya memperpanjang umur fasilitas tersebut, tetapi juga mengurangi emisi gas metana yang dihasilkan oleh dekomposisi sampah organik.

Dari perspektif biaya, efisiensi yang dihasilkan oleh model FSA berkontribusi terhadap pengurangan pengeluaran operasional. Waktu pemrosesan yang lebih singkat berarti konsumsi energi yang lebih rendah, terutama jika sistem ini diintegrasikan dengan teknologi hemat energi seperti motor listrik efisiensi tinggi. Dengan demikian, penerapan model FSA memberikan keuntungan ganda, yaitu penghematan biaya dan pengurangan dampak lingkungan.

Dalam implementasi praktis, sistem FSA dapat diadaptasi untuk menangani berbagai jenis sampah, mulai dari plastik, kertas, logam, hingga sampah organik. Hal ini dimungkinkan berkat fleksibilitas desain diagram transisi, yang dapat disesuaikan dengan karakteristik spesifik dari masing-masing jenis sampah. Sebagai contoh, sampah organik dapat diarahkan langsung ke state komposting, sementara plastik dan logam diproses melalui state identifikasi jenis material sebelum dikirim ke tempat daur ulang yang sesuai. Dengan pendekatan ini, efisiensi tidak hanya dicapai pada tingkat mikro (tiap kategori sampah) tetapi juga pada tingkat makro (keseluruhan sistem).

Sebagai tambahan, implementasi FSA memungkinkan monitoring dan evaluasi kinerja sistem secara berkala. Data yang dikumpulkan selama operasi dapat dianalisis untuk mengidentifikasi area yang memerlukan peningkatan, seperti penyesuaian diagram transisi untuk menangani variasi dalam komposisi sampah. Hal ini memastikan bahwa sistem tetap adaptif dan mampu menghadapi tantangan baru seiring waktu.

Model FSA yang dirancang memiliki fleksibilitas untuk diintegrasikan dengan sistem otomatis lainnya, seperti conveyor dan sensor pendeteksi jenis sampah. Dengan demikian, proses pemilahan dapat dilakukan secara real-time dan lebih responsif terhadap perubahan jenis sampah yang masuk ke sistem. Hal ini menunjukkan potensi besar FSA untuk diadaptasi pada skala industri yang lebih luas.

3.2. Pengurangan Dampak Lingkungan.

Model Finite State Automata (FSA) yang dirancang memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam berbagai konteks, terutama dalam sistem pemilahan sampah modern. Salah satu keunggulan utama dari model ini adalah fleksibilitasnya untuk diintegrasikan dengan teknologi otomatisasi lainnya, seperti conveyor belt dan sensor pendeteksi jenis material. Dengan adanya integrasi ini, proses pemilahan dapat dilakukan secara real-time, sehingga meningkatkan kecepatan dan akurasi pemrosesan.

Sistem FSA menunjukkan kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap perubahan kondisi operasional. Misalnya, jika terjadi perubahan dalam komposisi sampah yang masuk ke sistem, algoritma FSA dapat disesuaikan untuk mengakomodasi variasi tersebut tanpa memerlukan perubahan besar pada infrastruktur fisik. Hal ini menjadikan FSA solusi yang hemat biaya dan efektif untuk diterapkan pada skala industri yang lebih besar.

Dalam konteks implementasi, akseptabilitas model FSA juga didukung oleh kemudahan integrasinya dengan perangkat keras dan perangkat lunak yang sudah ada. Banyak sistem pengelolaan sampah modern telah dilengkapi dengan sensor canggih yang mampu mendeteksi jenis material berdasarkan sifat fisik dan kimia. Dengan memanfaatkan data dari sensor ini, model FSA dapat mengambil keputusan secara otomatis, seperti menentukan state berikutnya dalam proses pemilahan. Sebagai contoh, jika sensor mendeteksi keberadaan logam, sistem FSA akan mengarahkan material tersebut ke state pengelompokan logam untuk diproses lebih lanjut.

Keunggulan lainnya adalah kemampuan model FSA untuk beroperasi dalam lingkungan yang sangat dinamis. Pada fasilitas daur ulang berskala besar, volume sampah yang masuk dapat bervariasi secara signifikan dari waktu ke waktu. Dengan menggunakan FSA, sistem dapat menyesuaikan alur pemrosesan secara otomatis berdasarkan volume dan jenis sampah yang masuk, tanpa memerlukan intervensi manual. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga memastikan bahwa sistem tetap responsif terhadap perubahan kebutuhan operasional.

Selain manfaat teknis, model FSA juga memiliki implikasi positif terhadap aspek sosial dan ekonomi. Dengan meningkatkan efisiensi dan akurasi

pemrosesan sampah, sistem ini dapat membantu meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya pemilahan sampah sejak dini. Kampanye edukasi yang menyertakan teknologi seperti FSA dapat memberikan contoh konkret tentang bagaimana otomatisasi dapat mendukung upaya keberlanjutan lingkungan. Pada akhirnya, hal ini dapat mendorong partisipasi aktif dari masyarakat dalam program daur ulang.

Di tingkat industri, adopsi model FSA dapat membuka peluang baru untuk kolaborasi antara sektor publik dan swasta. Pemerintah dapat bekerja sama dengan perusahaan teknologi untuk mengembangkan sistem pemilahan berbasis FSA yang dapat diimplementasikan pada skala kota atau regional. Dengan demikian, model ini tidak hanya berfungsi sebagai solusi teknis tetapi juga sebagai katalisator untuk inovasi dalam pengelolaan sampah.

Potensi penerapan model FSA juga mencakup pengembangan sistem berbasis Internet of Things (IoT). Dengan mengintegrasikan FSA ke dalam jaringan IoT, data operasional dari berbagai fasilitas pemrosesan sampah dapat dikumpulkan dan dianalisis secara terpusat. Informasi ini dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan, misalnya dengan mengoptimalkan rute pengangkutan sampah atau merancang ulang diagram transisi untuk mengakomodasi tren baru dalam komposisi sampah.

Meskipun memiliki banyak keunggulan, implementasi model FSA juga menghadapi beberapa tantangan. Salah satu tantangan utama adalah kebutuhan akan investasi awal yang cukup besar untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem ini. Namun, biaya tersebut dapat dikompensasi oleh penghematan jangka panjang yang dihasilkan oleh efisiensi operasional. Selain itu, pelatihan tenaga kerja untuk mengoperasikan dan memelihara sistem berbasis FSA juga menjadi faktor penting yang perlu diperhatikan.

Secara keseluruhan, akseptabilitas model FSA dalam pengelolaan sampah sangat tinggi, terutama jika didukung oleh infrastruktur dan kebijakan yang mendukung. Dengan fleksibilitas, efisiensi, dan potensi integrasi yang dimilikinya, FSA dapat menjadi komponen kunci dalam upaya menciptakan sistem pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan dan inovatif. Dalam jangka panjang, penerapan model ini tidak hanya memberikan manfaat teknis dan ekonomi tetapi juga berkontribusi pada pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya dalam hal pengelolaan limbah yang bertanggung jawab dan perlindungan lingkungan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa implementasi *Finite State Automata* (FSA) dapat memberikan solusi optimal dalam proses pemilahan

dan pengelolaan sampah. Dengan memanfaatkan kemampuan FSA untuk memodelkan sistem secara matematis, proses daur ulang sampah menjadi lebih efisien dan akurat, mulai dari tahap awal (TPS) hingga tahap akhir (TPA).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa FSA mampu mengurangi kesalahan dalam pemilahan sampah, sekaligus meningkatkan kecepatan dan efisiensi sistem daur ulang. Model ini berpotensi diterapkan secara praktis untuk mendukung pengelolaan sampah berkelanjutan serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan..

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muliadi and Rukhayati, "Sistem Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Di Kecamatan Tawaeli Household Waste Management System In Tawaeli District."
- [2] R. P. Mahyudin, "Strategi Pengelolaan Sampah Berkelanjutan," *EnviroScientiae*, vol. 10, pp. 33–40, 2014.
- [3] R. Suharsih and F. Atqiya, "Penerapan Konsep Finite State Automata (FSA) pada Aplikasi Simulasi Vending Machine Yoghurt Walagri," 2019.
- [4] K. Handayani, D. Ismunandar, S. A. Putri, and W. Gata, "Penerapan Finite State Automata Pada Vending Machine Susu Kambing Etawa," *MATICCS*, vol. 12, no. 2, pp. 87–92, Mar. 2021, doi: 10.18860/mat.v12i2.9270.
- [5] D. Dandy Aryarajendra Suprpto, "STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi) Implementasi Finite State Automata Pada Mesin Abstrak DFA Dan NFA Berbasis Android."
- [6] R. D. Pramadya, "Penerapan Non-Deterministic Finite Automata (NFA) dan Decision Making Menggunakan Algoritma Monte Carlo Tree Search (MCTS) Menentukan Perilaku Non-Player Character (NPC) Pada Game The Last Hope," *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, vol. 4, no. 2, pp. 500–509, Oct. 2023, doi: 10.37859/coscitech.v4i2.5419.
- [7] D. Robyanto, A. Priyatna, E. H. Hermaliani, W. Gata, and E. Heni Hermaliani, "Implementasi Deterministic Finite Automata (DFA) Implementasi Deterministic Finite Automata (DFA) Pada Perancangan Aplikasi Perhitungan Uang Harian Perjalanan Dinas Kementerian."
- [8] M. Ernawati, W. Gata, E. Heni Hermaliani, L. Kurniawati, and S. Rahayu, "Implementasi Konsep Finite State Automata Pada Desain Game Edukasi Jenis Hewan," 2022.
- [9] F. Joanda Kaunang, "Penerapan Konsep Finite State Automata (FSA) pada Mesin Pembuat Ice cream Otomatis."

- [10] A. Novtariyana^a et al., "Implementasi Metode Finite State Automata (FSA) Implementasi Metode Finite State Automata Pada Screening Awal Penerimaan Pegawai." Informasi Permohonan Narasumber Menggunakan Finite State Automata," vol. 22, no. 2, 2020, doi: 10.31294/p.v21i2.
- [11] A. Sudrajat, W. Gata, E. H. Hermaliani, and L. Kurniawati, "Implementasi Finite State Automata Pada Aplikasi Simulasi Vending Machine Frozen Food," 2021.
- [12] J. C. Mestika, S. M. Zahra, W. M. Sidik, A. Saifudin, and F. I. Komputer, "Implementasi Finite State Automata Pada Mesin Tiket Otomatis Kereta Api Progo Di Stasiun Lempunyangan Yogyakarta," *JURIHUM: Jurnal Inovasi dan Humaniora*, vol. 1, no. 1, 2023, [Online]. Available: <https://jurnalmahasiswa.com/index.php/jurihum>
- [13] F. Said, D. Andriyanto, R. Sari, W. Gata, and S. Nusa Mandiri, "Perancangan Validasi Permohonan Narasumber Pada Sistem Informasi Permohonan Narasumber Menggunakan Finite State Automata," vol. 22, no. 2, 2020, doi: 10.31294/p.v21i2.
- [14] H. Nurcahyo, W. Gata, E. H. Hermaliani, H. B. Novitasari, and S. A. Saputra, "The Implementation of Finite State Automata Concept in Data Integration Services Submission," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 11 no. 1, pp. 15–22, 2022.
- [15] E. Avilia Chandra and M. Ikhsan, "Implementasi Finite State Automata Pada Aplikasi Pembelajaran Mengasah Otak Anak Menggunakan DFA dan NFA Berbasis Android," 2024. [Online]. Available: <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- [16] J. C. Talahaturuson and M. A. I. Pakereng, "Penerapan Finite State Automata Pada Transaksi Via Mobile Banking (Aplikasi BRImo)," 2023.
- [17] J. Ilmiah Potensia; Nurjanah and A. P. Anggraini, "Metode Bercerita Untuk Meningkatkan Kemampuan Berbicara Pada Anak Usia 5-6 Tahun," *Jurnal Ilmiah Potensia*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.33369/jip.5.1.1-7.
- [18] I. Muning Harjanti, P. Anggraini, and P. Studi Diploma Perencanaan Tata Ruang Wilayah dan Kota, "Pengelolaan Sampah Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang, Kota Semarang," 2020.
- [19] A. Axmalia and S. A. Mulasari, "Dampak Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Terhadap Gangguan Kesehatan Masyarakat." *Jurnal Kesehatan Komunitas*, vol. 6, no. 2, pp. 171–176, Oct. 2020, doi: 10.25311/keskom.vol6.iss2.536.
- [20] F. Said, D. Andriyanto, R. Sari, W. Gata, and S. Nusa Mandiri, "Perancangan Validasi Permohonan Narasumber Pada Sistem