

Waste Transportation Route Optimization in Manado using A-Star Algorithm (A^*)

Penentuan Rute Optimal Pengangkutan Sampah di Kota Manado Menggunakan Algoritma
 A^* (A^*)

Yosua Mananoma¹⁾, Steven Ray Sentinuwo²⁾, Alwin Melkie Sambul³⁾

Jurusan Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115

E-mail : anugra99@gmail.com¹⁾, steven@unsrat.ac.id²⁾, asambul@unsrat.ac.id³⁾

Received: 9 June 2021; revised: 13 July 2021; accepted: 14 July 2021

Abstract — Sampah merupakan benda yang sudah tidak terpakai oleh manusia dan kemudian akan dibuang. Sampah di setiap lingkungan daerah pada umumnya di tampung di Tempat Pembuangan Sementara (TPS) kemudian di angkut oleh armada menuju ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Proses pengangkutan sampah dipengaruhi oleh pola pengangkutan dan waktu tempuh pengangkutan. Oleh karena itu untuk meningkatkan keefisienan di buat penentuan rute optimal yang bisa menghasilkan jalur pengangkutan berdasarkan informasi volume yang diperoleh. Studi kasus yang digunakan adalah Kecamatan Wanea dengan menggunakan enam titik TPS dalam aplikasi. salah satu implementasi adalah menggunakan algoritma *a-star* untuk memperoleh rute dari lokasi awal menuju lokasi tujuan dan menggunakan *webgis* sebagai hasil simulasi yang ditampilkan pada peta. Penentuan rute optimal menghasilkan rute dari enam TPS yang berada di Kecamatan Wanea berdasarkan informasi volume dari TPS tersebut dan menghasilkan jalur alternatif yang bisa digunakan oleh pengguna aplikasi untuk menentukan tujuan dalam pengambilan keputusan saat menuju ke TPS dan TPA di kecamatan Wanea.

Kata kunci— Algoritma *A-star*; Penentuan Rute; Pengangkutan Sampah; Sampah; Transportasi Sampah

Abstract — *Garbage is an object that is not used by humans and will then be disposed of. Garbage in each regional environment is generally accommodated in a Temporary Waste Storage (TPS) then transported by the fleet to the landfill (TPA). The process of transporting waste is influenced by the transportation pattern and the travel time of transportation. Therefore, to increase efficiency, an optimal route is determined that can produce a transport route based on the volume information obtained. The case study used is Wanea District using six TPS points in the application. one of the implementations is to use the a-star algorithm to obtain a route from the initial location to the destination location and use webgis as the simulation result displayed on the map. Determining the optimal route produces routes from six TPS in Wanea District based on volume information from these TPS and produces alternative routes that can be used by application users to determine goals in decision making when heading to TPS and TPA in Wanea District.*

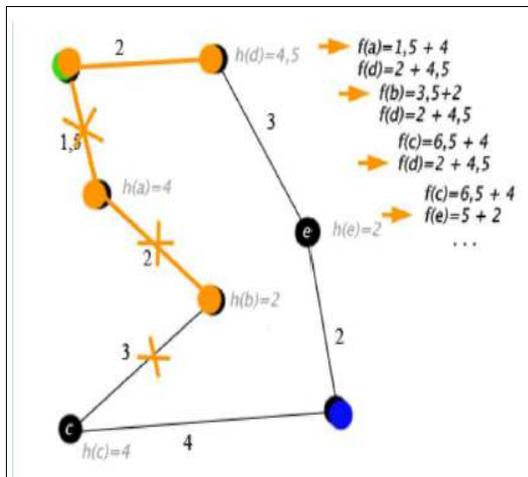
Keywords— *A-star Algorithm; Route Optimization; Optimization ; Waste Transportation.*

I. PENDAHULUAN

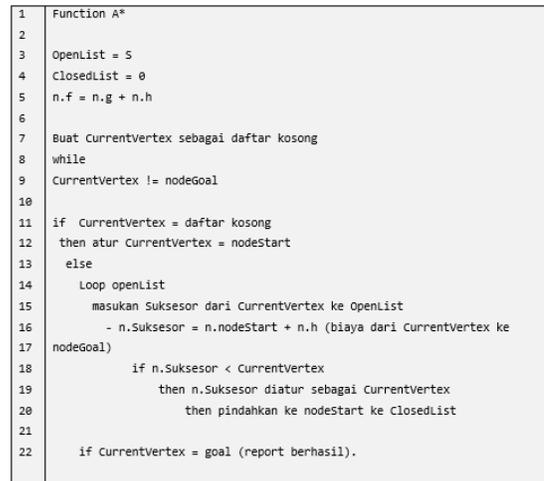
Permasalahan pengelolaan persampahan menjadi sangat serius utamanya di perkotaan akibat kompleksnya permasalahan yang dihadapi dan kepadatan penduduk yang tinggi, sehingga pengelolaan persampahan sering diprioritaskan penanganannya di daerah perkotaan [1]. Salah satu permasalahan yang sering terjadi dalam perkotaan adalah bagaimana mengatur sistem pengelolaan sampah di kota tersebut, salah satu subsistem yang mempengaruhi pengelolaan sampah khususnya di kota manado adalah bagaimana pengangkutan sampah oleh armada atau transportasi pengangkut sampah seperti truk. Pada umumnya proses pengangkutan sampah, armada akan menuju ke Tempat Pembuangan Sementara (TPS) dan akan diangkut ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Proses pengangkutan sampah dipengaruhi oleh pola pengangkutan, waktu tempuh yang mempengaruhi pelayanan. Saat pengangkutan dilakukan harus dipertimbangkan bagaimana keefisienan untuk bisa mencapai lokasi dengan mempertimbangkan rute-rute apa saja yang harus dilewati. Sehingga untuk meningkatkan keefisienan salah satu cara adalah mengambil keputusan untuk menentukan rute yang optimal atau menentukan jalur truk pengangkut menuju ke TPS dan TPA.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan rute dari beberapa metode lainnya adalah dengan mengimplementasikan algoritma *a-star* dan sistem informasi geografi. Algoritma *a-star* melakukan pencarian dengan menganalisa *input*, mengevaluasi jalur kemudian menghasilkan rute apa saja yang akan di lewati.

Oleh karena itu akan dibuat optimasi penentuan rute dengan mengimplementasikan Algoritma ini dan *webgis* menggunakan *MAPBOX API* sehingga dapat menghasilkan tampilan simulasi pemetaan dan menentukan jalur yang optimal dari transportasi menuju ke lokasi tujuan. Dengan harapan penelitian ini dapat membantu pemilihan rute pengangkutan sampah untuk meningkatkan tingkat pelayanan dan menambah keefisienan waktu tempuh jarak biaya selama proses pengangkutan sampah.



Gambar 1. Contoh Algoritma A-Star



Gambar 2. Pseudocode Algoritma A-Star

A. Sampah

Secara sederhana, sampah merupakan materi, bahan maupun segala sesuatu yang tidak diinginkan, baik itu merupakan sisa atau residu maupun buangan [1]. Sampah merupakan sisa-sisa bahan yang sudah diambil bahan utamanya dan kemudian tidak dipergunakan lagi. Sampah sering menjadi akar permasalahan pencemaran udara, gangguan kesehatan, dan gangguan kelestarian yang mengakibatkan mengurangi kebersihan lingkungan sekitar. Menurut WHO (*World Health Organization*) sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, dan tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Menurut UU Nomor 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat dan penghasil sampah adalah setiap orang dan/atau proses alam yang menghasilkan timbulan sampah (UU No. 18 Tahun 2008 pasal 1).

B. Pengelolaan Sampah

Pengelolaan sampah di Indonesia di atur dalam Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah. Pengelolaan sampah adalah kegiatan sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi penanganan sampah (UU No. 18 Tahun 2008 pasal 1 ayat 5).

Untuk mengelola sampah terdapat sistem yang membantu seperti TPS dan TPA, juga terdapat subsistem seperti pengangkutan sampah yang bertujuan untuk membawahkan dan memindahkan sampah dari lokasi TPS menuju ke TPA. Di setiap daerah biasanya selalu menyediakan sarana pemindahan sampah seperti truk sampah, beberapa alat angkut sampah pada biasanya seperti truk, mobil pick up dan becak pengangkut sampah.

C. Pengangkutan Sampah

Sub-sistem yang penting dalam pengelolaan sampah adalah pengangkutan sampah yang bertujuan untuk membawa sampah dari lokasi awal seperti TPS untuk menuju ke tempat akhir atau TPA. Proses pengangkutan sampah menjadi komponen yang sangat penting dan harus bisa seefisien dan efektif agar dapat mengoptimalkan waktu dan biaya pengangkutan. Beberapa

faktor yang mempengaruhi optimalisasi waktu angkut sampah adalah lokasi titik tujuan yang jauh, masalah lalu lintas jalur menuju tujuan, dan terdapat sarana pemindahan sampah dengan skala cukup besar.

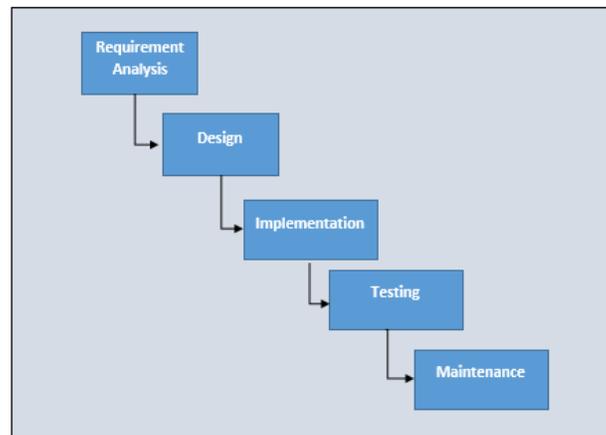
Proses pengangkutan sampah dipengaruhi oleh aktifitas pengumpulan sampah. pengumpulan sampah adalah aktivitas penanganan yang tidak hanya mengumpulkan sampah dari wadah individual dan atau dari wadah komunal (bersama) melainkan juga mengangkutnya ketempat terminal tertentu, baik dengan pengangkutan langsung maupun tidak langsung. [2]

D. Optimalisasi

Optimalisasi adalah hasil yang dicapai sesuai dengan keinginan, atau merupakan pencapaian hasil sesuai harapan secara efektif dan efisien. Optimisasi dapat didasarkan pada jarak tempuh terdekat menuju suatu fasilitas maupun berdasarkan waktu tercepat untuk mencapainya. [3]

E. Algoritma A-star (A*)

Algoritma A-star merupakan salah satu algoritma yang termasuk dalam kategori metode pencarian yang memiliki informasi (*informed search method*). Algoritma ini sangat baik sebagai solusi proses pathfinding (pencari jalan). Algoritma ini mencari jarak rute tercepat yang akan ditempuh suatu point awal (*starting point*) sampai ke objek tujuan [4]. Algoritma ini adalah algoritma komputer yang digunakan secara luas dalam *graph traversal* dan penemuan jalur serta proses perencanaan jalur yang bisa dilewati secara efisien disekitar titik-titik yang disebut *node* [5]. Algoritma ini memiliki 5 komponen utama yaitu : simpul awal (*node*), simpul goal (*node*), *closed list*, *open list*, *cost* dan menggunakan antrian yaitu *open* dan *close*. (Gambar 1). Penjelasan mengenai Pseudocode algoritma a-star, pertama menentukan nilai *Openlist* sebagai S (start) dan *Closed list* dengan 0, kemudian membandingkan setiap suksesor yang terdapat di setiap *node*, jika nilai dari suksesor lebih rendah dari *CurrentVertex* atau *node* saat ini maka *node* awal akan diatur sebagai suksesor dengan nilai terendah, kemudian akan dilakukan perulangan hingga menemukan *node* tujuan. (Gambar 2).



Gambar 3. Metode *Waterfall*

F. Shortest Path

Shortest Path adalah pencarian rute atau *path* terpendek dari *node* yang ada pada graf, yang menghasilkan *cost minimum*, dalam menemukan jalan terpendek dari total panjang antara dua *node* grafik diarahkan dengan panjang berkaitan dengan tepi masing-masing. Setiap graf memiliki nilai masing-masing yang nilai atau bobotnya dipengaruhi oleh beberapa aspek yang sama atau berbeda. Dalam pencarian lintasan terpendek masalah yang diperoleh adalah mencari jalur mana yang harus dilalui sehingga di dapat lintasan yang paling pendek dari verteks yang satu ke yang lainnya.

G. Graph

Graph atau graf adalah kumpulan *node* yang dihubungkan dengan sekumpulan garis. Graf dapat digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut. Graf biasanya digunakan dalam banyak penyelesaian permasalahan seperti merepresentasikan suatu jaringan atau memodelkan jaringan jalan raya dengan menghubungkan setiap kota.

H. Path Finding

Path finding biasanya digunakan untuk menyelesaikan masalah pada sebuah graf [5]. Untuk dapat menemukan jalan dari *node* awal menuju *node* tujuan, maka dilakukan penelusuran terhadap graf tersebut. Penelusuran dilakukan dengan mengikuti arah yang menghubungkan setiap *node* tersebut. *Path finding* merupakan salah satu solusi untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan persoalan graf. Dalam proses penentuan jalan terpendek dari simpul awal menuju simpul tujuan harus dilakukan penelusuran pada tiap graf. Penelusuran dilakukan dengan mengikuti arah *edge* yang menghubungkan antar simpul [6].

I. Mapbox

Mapbox adalah salah satu penyedia peta yang dapat digunakan di berbagai platform seperti aplikasi *mobile* dan *website* [7]. Mapbox menyediakan kustom peta terbesar yang dapat diakses oleh pengguna secara gratis dalam menggunakan mapbox pengguna mendaftarkan diri pada *website* resmi mapbox kemudian dapat memperoleh *API Key* untuk bisa menggunakan mapbox.

J. Perancangan Sistem

Pendekatan yang diterapkan dalam membangun penentuan rute ini adalah menggunakan tahapan metode *waterfall waterfall* dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1) Metode *Waterfall*

Model *waterfall* adalah model pengembangan perangkat lunak yang paling sering digunakan. Model pengembangan ini bersifat linear dari tahap awal pengembangan system yaitu tahap perencanaan sampai tahap akhir pengembangan system yaitu tahap pemeliharaan [8]. *Waterfall* merupakan pendekatan *software development life cycle* (SDLC) metode ini dilakukan dengan pendekatan yang sistematis, mulai dari tahap kebutuhan sistem lalu menuju ke tahap analisis, desain, *coding*, *testing* dan *maintenance*, dan harus selesai satu persatu. (Gambar 3)

a) *Requirement Analysis*

Dalam tahap ini pengembang harus mengetahui dan memahami bagaimana informasi kebutuhan pengguna terhadap perangkat lunak yang akan dibuat. Metode ini diperoleh dengan berbagai cara, seperti diskusi, observasi, survei, dan wawancara. Informasi yang diperoleh akan diolah dan dianalisa sehingga didapatkan informasi yang lengkap mengenai kebutuhan pengguna dan perangkat lunak yang akan dibuat.

b) *System and software design*

Informasi yang diperoleh dari tahap sebelumnya akan di analisa pada tahap ini untuk mengimplementasikan pengembangan desain dari sistem yang bertujuan untuk memberikan gambaran lengkap mengenai apa yang harus dilakukan.

c) *Implementation*

Pada tahap ini proses pemrograman dilakukan, dari seluruh desain akan diubah menjadi modul-modul yang akan di integrasikan menjadi sistem lengkap.

d) *Integration and testing*

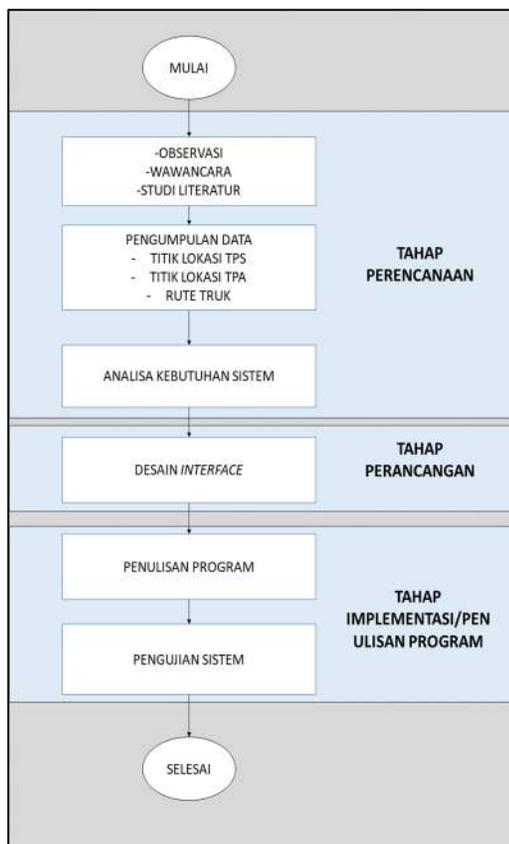
Pada tahap keempat ini akan dilakukan penggabungan modul-modul yang sudah dibuat sebelumnya kemudian akan dilakukan pengujian.

e) *Operation and maintenance*

Software yang sudah jadi akan dijalankan dan atau dioperasikan oleh pengguna.

K. Penelitian Terkait

- 1) Penelitian dengan judul “Penentuan Jalur Terpendek Evakuasi Bencana di Kawasan *Boulevard* Manado Menggunakan Algoritma *Dijkstra* oleh Aryando Giovani Rumondor. Penelitian ini membahas Pencarian jalur terpendek untuk melakukan evakuasi pengunjung jika berada di kawasan boulevard menuju zona aman evakuasi dengan menerapkan algoritma *dijkstra* yaitu salah satu algoritma pencarian rute terpendek namun tidak menggunakan nilai heuristik dalam proses pencarian.[9]
- 2) Penelitian dengan judul “Optimalisasi Pengangkutan Sampah di Kota Semarang dengan Menerapkan Algoritma *Floyd-Warshall* Firstyan Ariful Rizal. Penelitian ini membahas Pencarian rute terpendek pengangkutan Sampah dikota Semarang dengan perhitungan menggunakan algoritma *floyd-warshall*. [10]
- 3) Penelitian dengan judul “Penerapan Algoritma *A* (Star)* menggunakan *Graph* untuk menghitung Jarak terpendek. Penelitian ini algoritma astar untuk menentukan jalur terpendek berdasarkan simulasi jalur yang dibuat oleh peneliti Ide Bagus Gede, jalur yang dibuat adalah simulasi untuk melakukan perhitungan algoritma *a-star*. [5]
- 4) Penelitian dengan judul “Aplikasi Pencarian Jalur Terpendek pada Rumah sakit Umum Bahteramas Menggunakan Algoritma *A* (A-star)* oleh Muh Yamin. Penelitian ini menerapkan algoritma *a-star* untuk dan jalur yang bisa dilalui oleh pengunjung rumah sakit. [1]



Gambar 4. Prosedur Penelitian

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian bertempat di Kecamatan Wanea, Manado, Sulawesi Utara, dengan waktu penelitian bulan maret hingga bulan mei 2021.

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada tabel (Tabel I).

C. Metode Perancangan Sistem

Dalam penelitian menggunakan metode *waterfall*, yaitu tahapan yang dilakukan secara bertahap-tahap hingga sehingga tahapan ini disebut tahapan yang sistematis yaitu tahap analisis, desain, coding, testing dan maintenance.

D. Prosedur Penelitian

Penelitian dimukai dengan proses pengumpulan data yang terkait dengan titik-titik TPS dan TPA yang akan digunakan dalam sistem. Dalam penelitian ini terdapat tahapan utama dalam sebagai prosedur penelitian dengan tahapan yang digunakan menggunakan metode *waterfall*. Tahap awal yang dilakukan adalah melakukan observasi, wawancara dan studi literatur, mengenai sistem aplikasi yang akan dibangun dengan mencari data titik-titik yang akan digunakan dalam aplikasi, kemudian dengan menganalisa kebutuhan untuk sistem sehingga dapat diperoleh fitur-fitur yang diperlukan dalam membangun aplikasi, setelahnya dilakukan desain antarmuka dan dilanjutkan pada pengembangan aplikasi dan penulisan program aplikasi.(Gambar 4).

- 1) Tahap perencanaan meliputi observasi, studi literatur dan wawancara untuk mempersiapkan data-data yang diperlukan guna menunjang penelitian, dalam tahap ini juga dilakukan kegiatan mempelajari sistem yang akan dibangun.
- 2) Tahap Perancangan Pada tahap akan dilakukan proses perancangan yaitu dengan membuat desain tampilan aplikasi dan bagaimana cara kerja aplikasi yang akan dibangun:

a) Struktur Database

Setelah pengumpulan data dilakukan selanjutnya melakukan perancangan *database* untuk membangun aplikasi, database yang akan digunakan adalah *MySQL*. Nama Database yang dibuat adalah : Rute-Optimal :

TABEL I
ALAT DAN BAHAN

| ALAT | BAHAN |
|---|-----------------------------|
| Lenovo Ideapad S145 ADM A9-9425 Radeon R5, SSD (1TB), RAM | - <i>Visual Studio Code</i> |
| | - <i>XAMPP</i> |
| | - <i>Brave Browser</i> |
| | - <i>Microsoft Word</i> |
| | - <i>Power Point</i> |
| | - <i>Paint</i> |

TABEL II
TABEL SIMPUL

| Nama Field | Tipe |
|------------|--------------|
| simpulID | INT(5) |
| SimpulNama | VARCHAR(50) |
| SimpulType | VARFCHAR(20) |
| simpulLat | VARCHAR(20) |
| simpulLng | VARCHAR(20) |

TABEL III
TABEL GRAPH

| Nama Field | Tipe |
|-------------|--------------|
| GraphID | INT(5) |
| SimpulMulai | INT(2) |
| SimpulAkhir | INT(2) |
| Jarak | DECIMAL(5,2) |

TABEL IV
TABEL TPSA

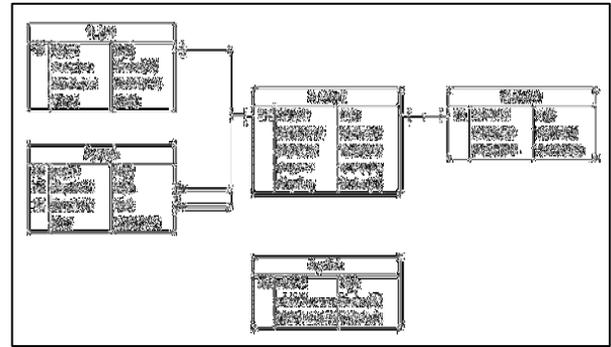
| Nama Field | Tipe |
|-------------|--------------|
| Id_tpsa | INT(5) |
| Nama_tpsa | VARCHAR(20) |
| Alamat_tpsa | VARCHAR(100) |
| Volume | INT(10) |

TABEL V
TABEL ARMADA

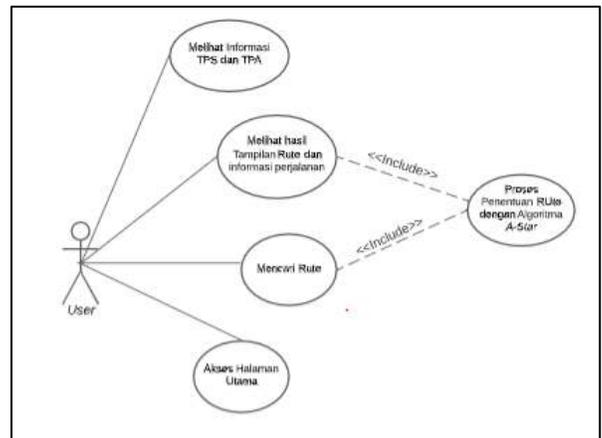
| Nama Field | Tipe |
|--------------|--------------|
| armadaID | INT(5) |
| ArmadaPlat | VARCHAR(10) |
| armadaAlamat | VARCHAR(100) |

TABEL VI
TABEL ADMIN

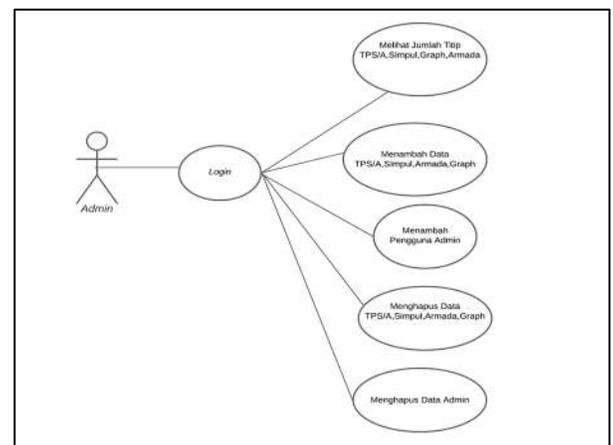
| Nama Field | Tipe |
|---------------|-------------|
| AdminID | INT(2) |
| AdminUsername | VARCHAR(20) |
| AdminPassword | VARCHAR(20) |



Gambar 5. Physical Database Design



Gambar 6. Use Case Diagram User



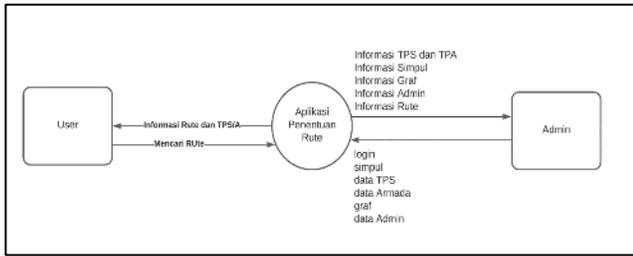
Gambar 7. Use Case Diagram Admin

1) Perancangan Database

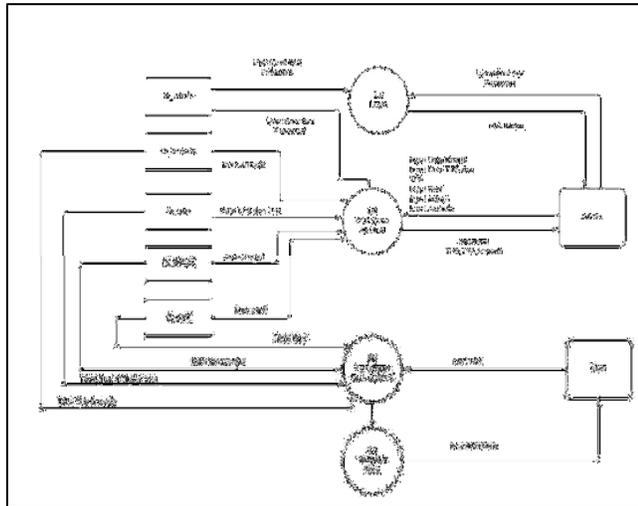
Pada tahapan ini mengaplikasikan rancangan yang sudah dibuat khususnya pada desain aplikasi yaitu merancang struktur *Database* yang ada pada (Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6). Tabel –tabel pada *database* tersebut yang nantinya akan diproses oleh aplikasi saat proses pencarian rule, tabel simpul berisi setiap titik jalan, tps, tpa dan armada, dan tabel graf adalah tabel yang menghubungkan setiap titik untuk memperoleh jarak dari setiap titik tersebut.

2) Physical Database Design

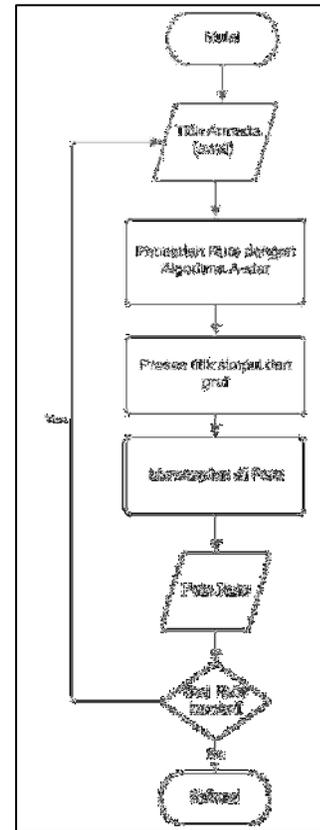
Physical Database Design menjelaskan relasi antar tabel yang terdapat pada (Gambar 5). pada tabel tpsa memiliki relasi dengan tabel simpul ini berarti jika dilakukan *update* data pada tabel tpsa maka akan dilakukan perubahan juga pada tabel simpul dengan relasi *one to one* yang berarti satu data dari tabel tpsa juga berelasi hanya satu data terhadap tabel simpul. Penjelasan pada tabel armada ,tabel armada memiliki relasi dengan tabel simpul dengan kardinalisasi *one*



Gambar 8. Data Flow Diagram Level 0



Gambar 9. Data Flow Diagram Level 1



Gambar 10. Flowchart System

to one yang berarti setiap satu data di tabel armada merupakan satu data dari tabel simpul. Penjelasan pada tabel *graph*, tabel *graph* memiliki relasi dengan tabel simpul, tabel *graph* akan menampung jarak dari setiap simpul ke simpul lainnya, sehingga pada tabel *graph* terdapat *field* simpulMulai, simpulAkhir dan Jarak, setiap simpulMulai dapat merupakan satu data yang berasal dari tabel simpul Kemudian terdapat tabel admin, dalam *database* tabel admin berguna untuk memberikan hak akses kepada pengguna khususnya untuk mengakses halaman admin pada aplikasi, tabel ini tidak memiliki relasi terhadap tabel lainnya yang merupakan tabel untuk menjalankan fungsi dari *algoritma a-star*.

b) *Desain Aplikasi*

Desain aplikasi mencakup bagaimana aplikasi akan berjalan dengan gambaran umum yang diberikan berupa diagram seperti *use case diagram* dan *data flow diagram*.

1) *Use Case Diagram User*

User dapat melakukan beberapa aktifitas dalam aplikasi, seperti melihat Informasi TPS, melukan pemasukan titik awal dan akhir dan melihat hasil jalur yang ditampilkan aplikasi (Gambar 6).

2) *Use Case Diagram Admin*

Admin dapat melakukan beberapa hal dalam aplikasi yaitu, login pada aplikasi, menambahkan data, dan memperbarui data yang digunakan. (Gambar 7)

3) *Data Flow Diagram Level 0*

DFD level 0 yang menjelaskan bahwa pada aplikasi yang dibuat terdapat dua *role* dalam aplikasi yaitu admin dan pengguna. Admin bertugas untuk mengelola data yang ada pada aplikasi. (Gambar 8)

4) *Data Flow Diagram Level 1*

DFD Lv 1 pada aplikasi, yang menjelaskan proses dalam aplikasi yaitu login, pengolahan data, penentuan rute, menampilkan rute. Pada alur data yang diberikan hanya admin yang bisa melakukan login dan mendapat hak akses untuk aplikasi untuk mengolah data dan user hanya diperuntuhkan untuk menggunakan aplikasi dalam menentukan tampilan rute.(Gambar 9)

5) *Flowchart system*

Di awali dengan memulai sistem, kemudian akan ditentukan *inputan* titik armada yang tersedia, proses selanjutnya adalah pencarian rute dengan algoritma dengan memproses titik simpul dan graf pada *database* yang kemudian akan ditampilkan pada peta, peta akan dihasilkan oleh *mapbox* dan terdapat pilihan untuk mencari rute kembali hingga program selesai (Gambar 10).

c) *Tahap Penulisan Program dan Implementasi*

1) *Penulisan Program*

Aplikasi dibangun dengan proses penulisan program, pada aplikasi ini dibuat berbasis *website* sehingga bahasa pemrograman yang dipakai dalam aplikasi adalah

PHP, Javascript, Ajax, Json dan beberapa library. Dalam aplikasi ini juga menggunakan framework codeigniter, Bootstrap CSS dan JS untuk membantu dalam proses penulisan program.

2) Pengujian Sistem

Tahap Selanjutnya adalah pengujian sistem, setelah penulisan program selesai aplikasi akan masuk dalam tahap pengujian untuk memastikan aplikasi berjalan lancar khususnya dalam penelitian ini adalah Algoritma A-Star dapat berfungsi dengan semestinya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tahap Perencanaan

Setelah melakukan pengumpulan dan mempersiapkan data-data yang akan digunakan maka diperoleh titik-titik yang akan digunakan dalam pengembangan aplikasi ini, yaitu titik TPS, Armada dan TPA (Tabel 7 dan Tabel 8). Dalam titik ini terdapat 6 TPS, 1 TPA dan 1 Armada, 3 TPS diantaranya adalah titik tambahan oleh peneliti yaitu TPS-01, TPS-02 dan TPS-03. Selain ditentukan titik-titik juga ditentukan rute perjalanan yang dapat digunakan oleh armada saat akan menuju ke lokasi tujuan (Gambar 11).

B. Tahap Perancangan

Pada tahap ini setelah sistem dirancang maka akan dibuat tampilan antar muka dan Hasil Desain Interface Tampilan antarmuka yang dibuat menampilkan map titik-titik TPS, TPA dan Armada. (Gambar 12).

C. Tahap Penulisan Kode Program dan Implementasi

1) Penulisan Kode program

Penulisan kode program digunakan dengan bahasa PHP, Javascript, HTML dan CSS, dalam penggunaan template Penulis menggunakan codeigniter dan bootstrap untuk membangun beberapa fitur pada aplikasi, khususnya pada halaman admin penulis menggunakan template AdminLTE yang di implementasikan dengan framework Codeigniter. Selain itu untuk menampilkan tampilan Peta digunakan API Mapbox yang bisa di akses secara gratis pada halam resmi Mapbox. Dengan menggunakan gabungan dari beberapa kerangka kerja tersebut, maka dapat dihasilkan aplikasi. Dalam mengimplementasikan algoritma a-star penulisan kode program di dasari pada pseudocode gambar 2.

2) Pengujian sistem

Pada aplikasi dimasukkan secara manual mengenai tinggi volume sampah. Aplikasi akan membaca Titik dengan volume sampah yang paling tinggi kemudian akan selanjutnya akan ke goal dengan titik sampah yang berdekatan dengan titik yang memiliki volume terbesar tersebut. Dalam pengujian diberikan kondisi mengenai titik yang harus dihindari (Gambar 14) titik ini merupakan titik padat yaitu pasar Tuminting sehingga pada jam 7 hingga jam 1 siang titik tersebut di eliminasi dan akan menghasilkan rute yang berbeda.

a) Pengujian 1

Pada Tabel 9 di jelaskan mengenai jumlah volume dari setiap TPS dengan skala 1-10 dan Hasil dari pengujian pada aplikasi menampilkan simulasi rute pada peta, dan TPS yang harus

diperioritaskan terlebih dahulu (Gambar 13). Warna marker pada peta merepresentasikan tingginya volume pada TPS tersebut, Tabel 10 Merupakan Hasil pengujian 1

b) Pengujian 2

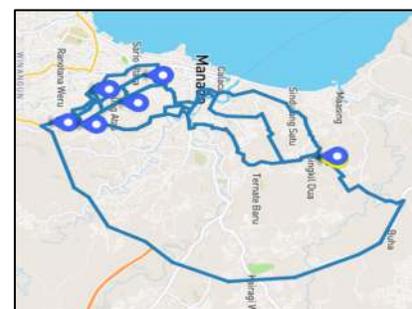
Pada pengujian berikutnya TPS-05 diberikan variabel volume tertinggi (Tabel 11) Hasil dari pengujian dua, adalah mengabaikan rute yang tergolong padat yaitu pada pasar Tuminting dengan mengasumsikan pada jam 7 hingga jam 1 siang, Pasar Tuminting dipenuhi oleh kerumunan orang sehingga dapat menyebabkan tersendaknya armada untuk melewati pasar tersebut, sehingga diberikan jalur untuk dilalui tidak melewati Pasar Tuminting (Gambar 15)

TABEL VII
DAFTAR TPS DAN TPA

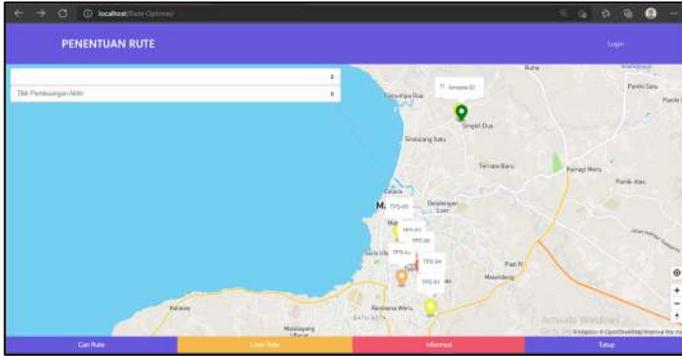
| Nama TPS atau TPA | Alamat | Keterangan |
|-------------------|---|--|
| TPA Sumompo | Buha, Mapanget, Manado | Tempat Pembuangan Akhir |
| TPS-01 | Jl. Mangga 3, Tingkulu, Wanea, Manado (Belakang BPS Kota Manado) | Jl. Mangga 3, Tingkulu, Wanea, Manado (Belakang BPS Kota Manado) |
| TPS-02 | Jl. Gn. Lolumbulan Wanea, Manado (Belakang Manado Post) | Tempat Pembuangan Sementara (dan merupakan TPS buatan sendiri) |
| TPS-03 | Jl 14 Februari Teling Atas, Wanea, Manado (Samping Alfamidi Teling) | Tempat Pembuangan Sementara (dan merupakan TPS buatan sendiri) |
| TPS-04 | Jl Tololiu Supit (Depan SMA N 7 Manado) | Tempat Pembuangan Sementara |
| TPS-05 | Jl. 14 Februari | Tempat Pembuangan Sementara |
| TPS-06 | RS Advent Manado | Tempat Pembuangan Sementara |

TABEL VIII
DAFTAR ARMADA

| Nama Armada | Alamat | Keterangan |
|-------------|------------------------------------|---|
| Armada_01 | TPA Sumompo Buha, Mapanget, Manado | Armada Pengangkut Sampah yaitu truk angkut. |



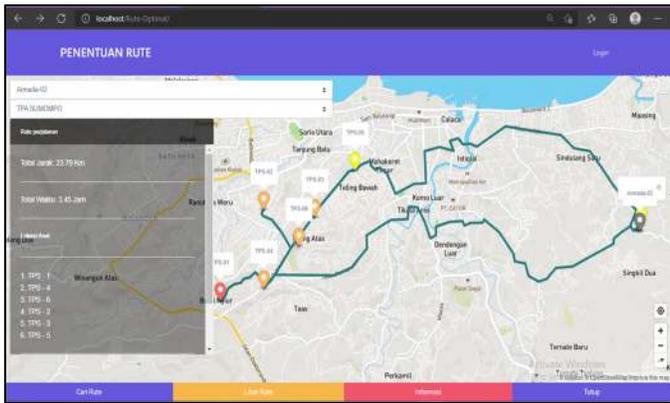
Gambar 11. Jaringan Rute Perjalanan



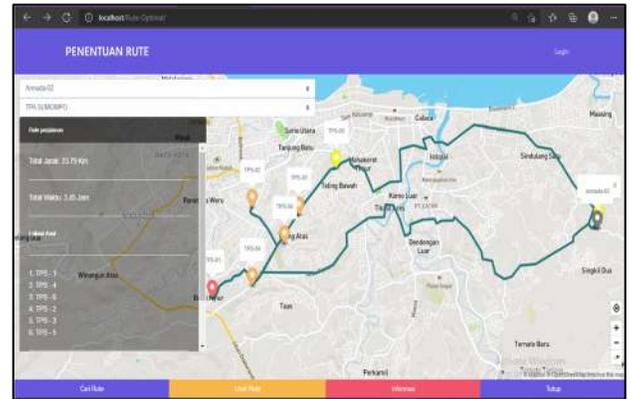
Gambar 12 Hasil Tampilan Antar Muka



Gambar 14 Titik Padat (Pasar Tuminting)



Gambar 13 Pengujian Penentuan Rute 1



Gambar 15 Pengujian Penentuan Rute 2

TABEL IX
TABEL PENGUJIAN 1

| Nama TPS | Volume |
|----------|--------|
| TPS-01 | 10 |
| TPS-02 | 6 |
| TPS-03 | 8 |
| TPS-04 | 8 |
| TPS-05 | 1 |
| TPS-06 | 7 |

TABEL XI
TABEL PENGUJIAN 2

| Nama TPS | Volume |
|----------|--------|
| TPS-01 | 1 |
| TPS-02 | 6 |
| TPS-03 | 8 |
| TPS-04 | 8 |
| TPS-05 | 10 |
| TPS-06 | 7 |

TABEL X
TABEL HASIL PENGUJIAN 1

| Nama TPS | Volume | Titik Akhir | Keterangan Kondisi |
|-----------|--|----------------|--|
| Armada-01 | TPS-01 → TPS-04 → TPS-06 → TPS-02 → TPS-03 → TPS-05 | TPA SUMOMPO | Dibawah Jam 7 pagi, dapat melewati Pasar Tuminting |

TABEL XII
TABEL HASIL PENGUJIAN 2

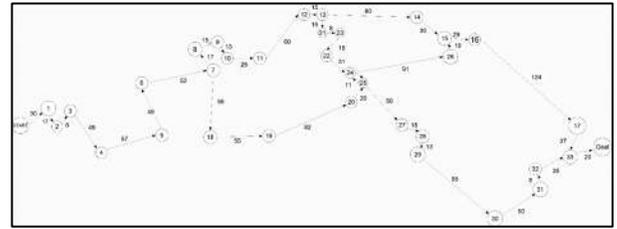
| Nama TPS | Volume | Titik Akhir | Keterangan Kondisi |
|-----------|--|----------------|--|
| Armada-01 | TPS-05 → TPS-03 → TPS-06 → TPS-02 → TPS-04 → TPS-01 | TPA SUMOMPO | Jam 7 pagi dan 1 siang, tidak disarankan melewati Pasar Tuminting |

c) Pengujian Algoritma A-star (A*)

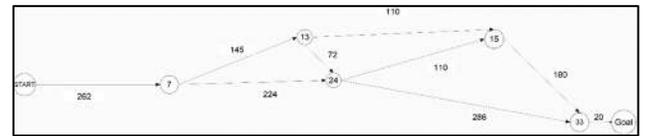
Hasil *tracking* perjalanan pada salah satu armada saat sedang melakukan pengangkutan sampah di kecamatan wana kemudian menuju ke TPA Sumompo (Gambar 16). Hasil *tracking* tersebut akan dibandingkan dengan rute yang bisa saja dilalui oleh armada dari TPS-05 menuju ke TPA (Gambar 17).

Setelah jaringan ditentukan maka dibuat simpul-simpul yang merupakan persimpangan jalan dan titik jalan yang akan di lalui oleh armada (Gambar 18) yang kemudian akan disederhanakan menjadi beberapa simpul saja seperti pada Gambar 19 setiap simpul memiliki nilai heuristik dan nilai jarak dari simpul ke simpul pada (Tabel 13 dan Tabel 14), untuk menghitung jarak dari titik *Start* ke *Goal* dengan menggunakan notasi algoritma *a-star*.

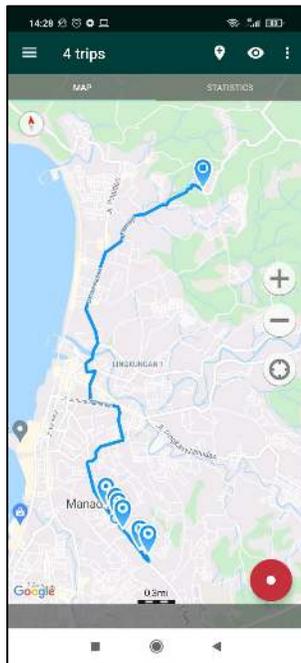
Hasil dari perhitungan terhadap simpul yang sudah disederhanakan adalah pada Gambar 20 yang hasilnya merupakan hasil dari pengujian 1 dan Gambar 21 yang hasilnya merupakan hasil dari pengujian 2.



Gambar 18 Gambaran Jaringan Titik TPS-05 ke TPA



Gambar 19. Penyederhanaan Graf



Gambar 16 Hasil *Tracking* Rute Armada



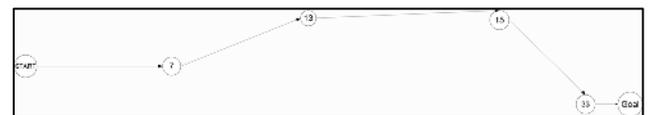
Gambar 17 Jarimgan Titik TPS 05 ke TPA

TABEL XIII
TABEL PENGUJIAN 2

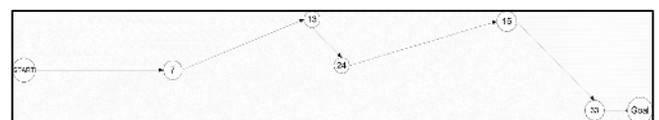
| Nama TPS | Volume |
|------------------|--------|
| <i>Start</i> → 7 | 262 |
| 7 → 13 | 145 |
| 7 → 24 | 224 |
| 13 → 15 | 110 |
| 13 → 24 | 72 |
| 24 → 15 | 110 |
| 15 → 33 | 180 |
| 24 → 33 | 286 |
| 33 → <i>Goal</i> | 20 |

TABEL XIV
TABEL PENGUJIAN 2

| Nama TPS | Volume |
|--------------|--------|
| <i>Start</i> | 34 |
| 7 | 24 |
| 13 | 18 |
| 15 | 4 |
| 24 | 13 |
| 33 | 1 |
| <i>Goal</i> | 0 |



Gambar 20 Graf Hasil Perhitungan 1



Gambar 21 Graf Hasil Perhitungan 2

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian mengenai penentuan rute optimal pengangkutan sampah telah berhasil dibuat pada *platform* berbasis *web* dengan mengimplementasikan algoritma *a-star*. Peneliti telah mengimplementasikan algoritma *a-star* dalam merancang simulasi untuk menentukan rute optimal pengangkutan sampah pada kecamatan Wanea dengan total 6 TPS di kecamatan Wanea yang menjadi bahan penelitian. Dari 6 TPS tersebut 3 diantaranya adalah TPS yang dibuat oleh peneliti dan teman-teman.

Penentuan Rute optimal dengan algoritma *a-star* di dasarkan dengan variabel volume pada titik TPS, dengan memprioritaskan titik TPS tertinggi yang akan ditujuh terlebih dahulu kemudian TPS selanjutnya adalah TPS dengan jarak yang saling berdekatan. Dengan menggunakan algoritma *a-star*, aplikasi dapat menghasilkan rute yang ditujuh dengan kondisi yang diberikan pada kode program dengan mempertimbangkan titik simpul yang harus dilewati dari titik awal menuju titik tujuan dan kondisi titik yang harus diabaikan. Algoritma *a-star* dapat menghasilkan keputusan khususnya dalam penentuan jarak saat dibandingkan dengan sistem yang berjalan saat ini, algoritma dapat menentukan rute yang sama dengan kondisi nyata dengan mengeksekusi setiap simpul yang ada pada *database*.

Namun jika ditambahkan terlalu banyak kondisi maka akan kesulitan dalam mengimplementasikan algoritma tersebut dan membutuhkan komputer dengan spesifikasi tinggi, karena algoritma *a-star* memakan banyak sumber daya.

Dengan mengimplementasikan algoritma *a-star* pada studi kasus ini diharapkan dapat membantu pengambilan keputusan dalam menentukan rute yang bisa dilalui dengan hasil simulasi pemetaan dan kondisi yang diberikan.

B. Saran

Saran dari Peneliti untuk penelitian lebih lanjut untuk menggunakan komputer atau laptop dengan spesifikasi lebih tinggi dari yang digunakan peneliti, kemudian dapat menambah algoritma yang berkaitan dengan algoritma *a-star* pada pemelitan serupa.

- [7] K. Saputra, M. Furqan, T. F. Abidin, And D. H. Yunadi, "Google Maps And Mapbox Api Performance Analysis On Android-Based Lecture Attendance Application," *J. Nat.*, 2019, Doi: 10.24815/Jn.V19i3.14459.
- [8] R. Susanto And A. D. Andriana, "Perbandingan Model Waterfall Dan Prototyping," *Maj. Ilm. Unikom*, 2016.
- [9] A. G. Rumondor, S. R. Sentinuwo, A. M. Sambul, T. Elektro, U. Sam, And J. K. B. Manado, "Perancangan Jalur Terpendek Evakuasi Bencana Di Kawasan Boulevard Manado Menggunakan Algoritma Dijkstra," *J. Tek. Inform.*, Vol. 14, No. 2, Pp. 261–268, 2019, Doi: 10.35793/Jti.14.2.2019.24002.
- [10] J. T. Elektro, F. Teknik, And U. N. Semarang, "Optimalisasi Pengangkutan Sampah Di Kota Semarang Dengan Menerapkan Algoritma Floyd-Warshall," 2015.

TENTANG PENULIS



Yosua Mananoma adalah nama dari penulis. Lahir di Wolaang pada tanggal 30 November 1999. Penulis adalah anak kedua dari dua orang bersaudara dari pasangan Procorus Mananoma dan Vanda Polii. Penulis menempun jenjang pendidikan Sekolah Dasar (SD) Negeri 1 Palamba (2006-2011), kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah menengah Pertama (SMP) Negeri 4 Langowan (2011 – 2014), dan melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Langoan (2014 – 2017), kemudian setelah menyelesaikan penddidikan di SMA melanjutkan studi S1 di Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado. Penulis bergabung dalam beberapa Organisasi Mahasiswa dan Unit Kegiatan Mahasiswa di Fakultas Teknik Seperti Himpunan Mahasiswa Elektro dan Unit Kegiatan Mahasiswa Blue Choir. Kemudian penulis mengambil Tugas Akhir untuk meraih gelar sarjana komputer (S.Kom).

KUTIPAN

- [1] M. Yamin And M. B. Talai, "Aplikasi Pencarian Jalur Terpendek Pada Rumah Sakit Umum Bahteramas Menggunakan Algoritma A* (A-Star)," *J. Inform.*, Vol. 9, No. 2, 2015, Doi: 10.26555/Jifo.V9i2.A2961.
- [2] U. S. Utara, U. S. Utara, And U. S. Utara, "Optimasi Jarak Pengangkutan Truk Sampah Dengan Menggunakan Metode A *," 2019.
- [3] Badan Standarisasi Nasional, "Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan," *Acm Siggraph 2010 Pap. - Siggraph '10*, No. Ics 27.180, P. 1, 2002, [Online]. Available: <http://Portal.Acm.Org/Citation.Cfm?Doid=1833349.1778770>.
- [4] A. Kahfi, "Tinjauan Terhadap Pengelolaan Sampah," *Jurisprud. Jur. Ilmu Huk. Fak. Syariah Dan Huk.*, Vol. 4, No. 1, P. 12, 2017, Doi: 10.24252/Jurisprudentie.V4i1.3661.
- [5] I. B. Gede Wahyu Antara Dalem, "Penerapan Algoritma A* (Star) Menggunakan Graph Untuk Menghitung Jarak Terpendek," *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, Vol. 1, No. 1, Pp. 41–47, 2018, Doi: 10.31598/Jurnalresistor.V1i1.253.
- [6] H. Reddy, "Path Finding - Dijkstra's And A* Algorithm's," *Int. J. It Eng.*, Pp. 1–15, 2013.