

“Smart Traffic Controller” Aplikasi Pencarian Rute Optimal Berdasarkan Waktu, Biaya, Kondisi Cuaca, Kejadian Lokal, dan Jumlah Kendaraan dengan Menggunakan Algoritma Fuzzy Mamdani dan Modified Markov Model Berbasis Android Mobile dan Google Map API

Brian Freega Setya, Pratama, Edo Handoko, Diana Puspita

Program Studi Rekayasa Lunak, Institut Fakultas Teknologi Informasi dan Teknik Industri

Institut Teknologi Telkom Surabaya

Abstract--Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia sehingga dijuluki sebagai Kota Metropolitan terbesar kedua di Indonesia. Hal itu mengakibatkan angka penduduk di Kota Surabaya dari tahun ke tahun semakin meningkat. Terkait hal itu, Kota Surabaya tidak terlepas dari kemacetan lalu lintas yang menyebabkan pengendara sulit mencari rute optimal saat terjebak kemacetan. Faktor volume kendaraan juga dapat menyebabkan kemacetan lalu lintas. Namun, di Kota Surabaya ini juga terdapat jalan tol sebagai alternatif untuk menghindari kemacetan dan rute tercepat menuju kota yang lain. Meskipun rute tercepat, akan tetapi biaya juga semakin mahal. Selain itu, kondisi cuaca juga menjadi kendala saat perjalanan karena terkadang tidak ada informasi terkait rute optimal berdasarkan kondisi cuaca. Jadi, pencarian rute optimal saat ini menjadi suatu tantangan tersendiri bagi dunia transportasi. Hingga saat ini belum ada alat navigasi yang mampu memberikan informasi mengenai rute optimal berdasarkan kondisi cuaca saat ini. Pemberian informasi mengenai kondisi cuaca sebelum melakukan perjalanan sangat penting sebagai pertimbangan melakukan perjalanan dan antisipasi saat perjalanan. Akses tepat waktu ke tujuan, efisiensi dalam pembiayaan, dan juga antisipasi adanya kondisi cuaca yang berubah-ubah. Karya Tulis Ilmiah ini membahas tentang sistem navigasi berbasis android *mobile* dan Google Map API dengan menggunakan algoritma *Fuzzy Mamdani* untuk memberikan rute optimal dan algoritma *Hidden Markov Model* untuk mencari prediksi dari kondisi cuaca dan kejadian lokal. Dengan demikian, aplikasi ini mampu memberikan rute optimal untuk menghindari kemacetan dan keadaan jalan yang mengalami gangguan berdasarkan data waktu, biaya, kondisi cuaca, kejadian lokal, dan jumlah kendaraan. Dengan aplikasi ini, diharapkan mampu mengatasi permasalahan tersebut.

Kata Kunci : Google Map API, kemacetan, *mobile*, optimal, rute

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Perkembangan suatu kota diikuti oleh mobilitas penduduk sesuai dengan kepentingan dan aktivitasnya masing-masing. Munculnya areal pemukiman dan juga perdagangan serta jasa membuat aktivitas penduduk menjadi lebih beragam. Perkembangan areal penggunaan lahan di perkotaan tentu diikuti juga oleh perkembangan infrastruktur transportasi utama yakni ruas-ruas jalan. Kota Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia sehingga dijuluki sebagai Kota Metropolitan terbesar kedua di Indonesia. Hal itu mengakibatkan angka penduduk di Kota Surabaya dari tahun ke tahun semakin meningkat. Mobilitas penduduk yang intensitasnya meningkat baik menggunakan kendaraan pribadi ataupun umum memberi dampak pada kondisi lalu lintas. Terkait hal itu, Kota Surabaya tidak terlepas dari kemacetan lalu lintas yang menyebabkan pengemudi sulit mencari rute optimal saat terjebak kemacetan.



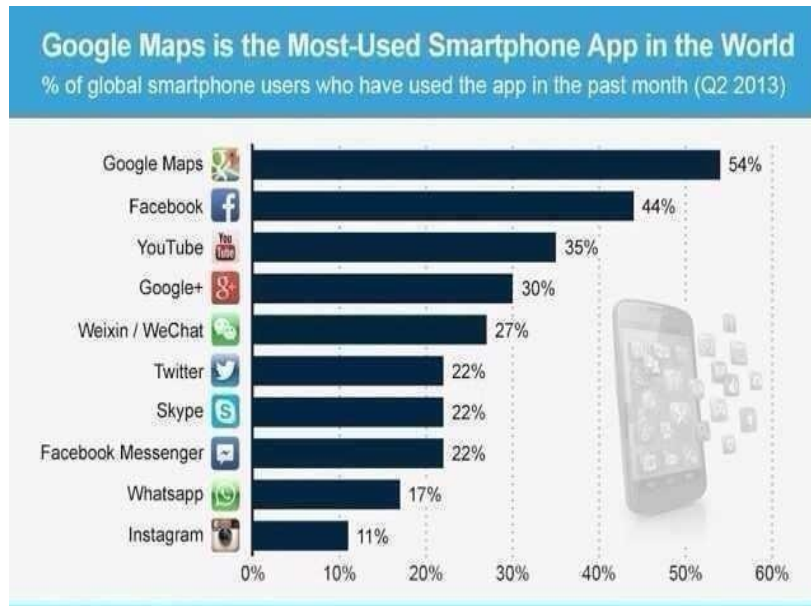
Gambar 1.1. Kemacetan Lalu Lintas

Dari gambar 1.0 dijelaskan bahwa faktor volume kendaraan juga dapat menyebabkan kemacetan lalu lintas. Namun, di Kota Surabaya ini juga terdapat jalan tol sebagai alternatif untuk menghindari kemacetan dan rute tercepat menuju kota yang lain. Meskipun rute tercepat, akan tetapi biaya juga semakin mahal. Selain itu, kondisi cuaca juga menjadi kendala saat perjalanan karena terkadang tidak ada informasi terkait rute optimal berdasarkan kondisi cuaca.

Jadi, pencarian rute optimal saat ini menjadi suatu tantangan tersendiri bagi dunia transportasi. Namun rute optimal menuju suatu lokasi nyatanya belum terlalu efektif apabila rute yang dilalui adalah jalan-jalan yang berpotensi terjadi kemacetan. Sehingga diperlukan informasi yang cukup untuk mengetahui kondisi lalu lintas di suatu jalan sehingga pemilihan rute perjalanan pun akan semakin efektif. Pemberian informasi mengenai kondisi cuaca sebelum melakukan perjalanan sangat penting sebagai pertimbangan melakukan perjalanan dan antisipasi saat perjalanan. Akses tepat waktu ke tujuan, efisiensi dalam pembiayaan, dan juga antisipasi adanya kondisi cuaca yang berubah-ubah. Akan tetapi, informasi-informasi yang didapat pun terkadang kurang valid mengenai kondisi lalu lintas

di jalan, seperti kejadian lokal, kondisi cuaca, dan jumlah kendaraan. Sebagai pengendara tentunya membutuhkan informasi yang valid mengenai hal itu.

Sebenarnya, sudah ada aplikasi yang berbasis android *mobile* yang tentunya bisa memberikan solusi terhadap pencarian rute optimal agar terhindar dari kemacetan, seperti *Google Maps* dan *Waze*. Saat ini, dua aplikasi tersebut banyak digunakan oleh para pengendara, terutama dalam hal melihat kondisi di jalan apakah macet atau tidak, digunakan sebagai rute perjalanan menuju destinasi pengendara, dan sebagainya.



Gambar 1.2. Data Pengguna Internet

Dari gambar 1.1 dijelaskan bahwa data pengguna internet yang paling banyak digunakan adalah *Google Maps* yaitu dengan tingkat presentase sebesar 54%. Tentu saja aplikasi tersebut mudah digunakan jika hendak bepergian menuju destinasi dan memeriksa kondisi kemacetan di jalan.

COUNTRY	RANK	INDEX RATING	TRAFFIC RATING	ROAD SAFETY RATING	DRIVER SERVICES RATING	QUALITY RATING	SOCIO ECONOMIC RATING	WAZE RATING
URUGUAY	27	4.27	4.78	4.75	1.50	4.80	4.20	3.80
ROMANIA	28	4.10	1.00	9.30	3.40	2.70	3.30	8.20
COSTA RICA	29	3.95	0.74	8.73	3.73	5.33	3.70	4.33
VENEZUELA	30	3.93	2.21	8.79	2.37	4.75	5.63	4.30
COLOMBIA	31	3.81	2.51	5.90	2.31	6.21	2.80	4.90
SINGAPORE	32	3.78	2.29	6.32	NA	4.83	5.80	1.83
PERU	33	3.72	9.83	9.43	NA	8.10	1.33	3.80
INDONESIA	34	3.54	2.58	8.78	8.87	6.47	1.05	8.84
PANAMA	35	3.48	1.11	6.13	2.50	7.22	4.40	3.80
GUATEMALA	36	3.36	0.90	7.90	3.80	6.35	6.45	3.20
PHILIPPINES	37	3.13	1.75	6.80	5.22	5.37	0.80	1.25
EL SALVADOR	38	2.85	1.70	3.43	2.10	4.73	0.33	3.25

Gambar 1.3. Data Pengguna Waze

Dari gambar 1.2 dijelaskan bahwa data pengguna *Waze* dari beberapa negara. Salah satunya di Indonesia. Indonesia menempati peringkat ke – 34 dengan indeks rating sebesar 3.54. Aplikasi ini hampir sama dengan *Google Maps*, hanya saja yang membedakan adalah pencarian rutenya saja. Namun, fitur yang ada di dalam aplikasi ini tidak sebanyak dengan fitur yang ada di dalam aplikasi *Google Maps*. Namun, kedua aplikasi tentunya masih banyak digunakan oleh para pengendara jika hendak bepergian menuju destinasi dan memeriksa kondisi kemacetan di jalan. Meskipun begitu, tanpa disadari bahwa ternyata *Google Maps* dan *Waze* memiliki kelemahan. Beberapa kelemahannya adalah tidak adanya informasi mengenai kondisi cuaca, kejadian lokal, jumlah kendaraan yang terdapat di kedua aplikasi tersebut. Terkadang pun juga di kedua aplikasi tersebut masih belum mampu untuk memberikan rute optimal yang hendak menuju destinasi bagi setiap pengendara agar terhindar dari suatu kemacetan. Sehingga dua aplikasi ini, yaitu *Google Maps* dan *Waze* masih belum menjadi solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan di atas tentu perlu diciptakan sebuah aplikasi yang dapat memudahkan para pengendara untuk mendapatkan informasi yang valid di jalan mengenai kondisi cuaca, kejadian lokal, dan jumlah kendaraan. Maka diciptakanlah sebuah aplikasi, yaitu “Aplikasi Pencarian Rute Optimal Berdasarkan Waktu, Biaya, Kondisi Cuaca, Kejadian Lokal, dan Jumlah Kendaraan Dengan Menggunakan Algoritma *Fuzzy Mamdani* dan *Hidden Markov Model*

Berbasis *Android Mobile* dan *Google Map API*” yang bernama “*Smart Traffic Controller*.” Sistem operasi *android mobile* digunakan sebagai basis dalam pembuatan aplikasi ini dan metode yang digunakan adalah Metode *Fuzzy Mamdani* dan *Hidden Markov Model*. Metode *Fuzzy Mamdani* digunakan untuk klasifikasi rute yang akan dilewati oleh setiap pengguna dimana rute akan dibagi menjadi rute macet dan tidak macet. Sedangkan Metode *Hidden Markov Model* digunakan untuk memprediksi kondisi cuaca dan kejadian lokal yang akan terjadi di masa mendatang dimana datanya diperoleh dari data masa lalu.

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data set sebagian jalan di Kota Surabaya 2019. Kemudian, data tersebut dianalisa menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* dan *Modified Hidden Markov Model* untuk menentukan rute sangat optimal, optimal, dan tidak optimal. Rute optimal tersebut diukur berdasarkan parameter waktu, biaya, kondisi cuaca, kejadian lokal, dan jumlah kendaraan.

2. Rumusan Masalah

Bagaimana cara mencari rute optimal di kota Surabaya berdasarkan waktu, biaya, kondisi cuaca, kejadian lokal, dan jumlah kendaraan? Apakah dengan menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani* dan *Hidden Markov Model* mampu memberikan rute optimal berdasarkan waktu, biaya, kondisi cuaca, kejadian lokal, dan jumlah kendaraan?

3. Tujuan dan Manfaat

Mencari rute optimal di Kota Surabaya berdasarkan waktu, biaya, kondisi cuaca, kejadian lokal, dan jumlah kendaraan. Menganalisis kinerja dari metode *Fuzzy Mamdani* dan *Hidden Markov Model*. Manfaat dari penelitian adalah: Mempermudah pengguna dalam melihat tingkat kemacetan lalu lintas dan menentukan rute optimal di Kota Surabaya berdasarkan waktu, biaya, kondisi cuaca, kejadian lokal, dan jumlah kendaraan. Menggunakan atau menerapkan Metode *Fuzzy Mamdani* dan *Hidden Markov Model* dalam pencarian rute optimal berdasarkan waktu, biaya, kondisi cuaca, kejadian lokal, dan jumlah kendaraan.

4. Hipotesis

Berdasarkan analisis yang akan diteliti Metode *Fuzzy Mamdani* dan *Hidden Markov Model* ke dalam aplikasi tersebut, dapat memberikan rute optimal di kota Surabaya dengan berdasarkan waktu, biaya, kondisi cuaca, kejadian lokal, dan jumlah kendaraan. Aplikasi yang kami buat berbasis Google Map API berbasis android *mobile* untuk memudahkan pengguna jalan. Aplikasi ini mempersiapkan untuk memudahkan pengguna jalan dengan mengetahui kondisi cuaca dan kejadian lokal yang akan dilewatkan di tujuan jalan tersebut. Dalam Metode *Fuzzy Mamdani* dan *Hidden Markov Model* yang digunakan dalam aplikasi berbasis android *mobile* ini akan memberikan rute optimal dan memprediksi cuaca serta kejadian lokal yang akan terjadi di masa mendatang dimana datanya diperoleh dari data masa lalu di Kota Surabaya agar terhindar dari kemacetan. Aplikasi ini akan membantu memudahkan kita pengguna jalan untuk mencapai tujuannya dengan melihat kondisi prediksi cuaca yang akan kita lewati.

5. Rancangan Penelitian

5.1 Pengumpulan Data

Pada tahap ini, melakukan proses mengumpulkan data-data yang relevan dengan penelitian dan seperti mencari data tentang informasi biaya, waktu, kondisi cuaca, kejadian lokal, dan jumlah kendaraan.

5.2 Analisis Sistem

Pada tahap ini, yang dilakukan berdasarkan hasil dari tahap pengumpulan data. Analisis dilakukan dengan memperhatikan permasalahan yang ada, tujuan dibangunnya aplikasi laporan kriminal berbasis android dengan memanfaatkan teknologi Google Maps API, identifikasi input data, serta identifikasi output yang merupakan kebutuhan laporan atau tampilan informasi yang diinginkan.

5.3 Rancangan Sistem

Pada tahap ini, akan dibuat rancangan aplikasi laporan kriminal pada berbasis android dengan memanfaatkan teknologi Google Maps API yang terinci berdasarkan spesifikasi yang diinginkan pada tahap analisis. Pada tahap ini juga dilakukan penetapan standar perencanaan.

5.4 Pemrograman atau Pembuatan Program

Pada tahap ini, melakukan proses pembuatan aplikasi laporan kriminal berbasis android dengan memanfaatkan teknologi Google Maps API dengan melakukan *coding* sistem.

5.5 Pengujian

Pada tahap ini, dilakukan tahap internal *testing* (*unit testing* and *system testing*).

6. Tinjauan Pustaka

Fuzzy Inference System adalah kerangka kerja perhitungan berdasarkan konsep teori himpunan *fuzzy* dan pemikiran *fuzzy* yang digunakan dalam penarikan kesimpulan atau suatu keputusan[1]. Penarikan kesimpulan ini diperoleh dari sekumpulan kaidah *fuzzy*, di dalam *Fuzzy Inference System* minimal harus terdapat dua buah kaidah *fuzzy*. *Fuzzy Inference System* terbagi menjadi dua metode, yaitu Metode Sugeno dan Metode *Fuzzy Mamdani*[2].

Perbedaan dari kedua metode ini terletak pada *output* yang dihasilkan, proses komposisi aturan dan defuzzifikasinya. Pada Metode Sugeno, *output* yang dihasilkan berupa fungsi linear atau konstanta. *Output* ini berbeda dengan yang dihasilkan oleh Metode *Fuzzy Mamdani*, dimana metode ini menghasilkan *output* berupa suatu nilai pada domain himpunan *fuzzy* yang dikategorikan ke dalam komponen linguistik. Kelemahan dari *output* berupa fungsi linear atau konstanta adalah nilai *output* yang dihasilkan harus sesuai dengan nilai yang telah ditentukan, hal ini timbul masalah apabila nilai *output* tidak sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. *Output* ini dapat dikatakan benar apabila dapat menyajikan *output* yang ditentukan oleh antesenden[3]. Oleh karena itu, Metode *Fuzzy Mamdani* lebih akurat dalam menghasilkan suatu *output* berupa himpunan *fuzzy*[2].

Metode *Fuzzy Mamdani* merupakan salah satu bagian dari *Fuzzy Inference System* yang berguna untuk penarikan kesimpulan atau suatu keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak pasti[2]. Metode *Fuzzy Mamdani* diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode *Fuzzy Mamdani* dalam prosesnya menggunakan kaedah-kaedah linguistik dan memiliki algoritma *fuzzy* yang dapat dianalisis secara matematika, sehingga lebih mudah dipahami[2].

Metode *Fuzzy Mamdani* telah banyak diterapkan dalam penelitian-penelitian terdahulu sebagai solusi pemecahan masalah dalam pencarian rute optimal. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Rizka Nur Pratiwi pada tahun 2017 tentang optimasi pola distribusi dengan logika *fuzzy* pada PT. Sri Aneka Pangan Nusantara. Dalam penelitian tersebut, terdapat nilai panjang jalan, derajat kejenuhan jalan, dan presentase tingkat kerusakan jalan di Kota Bantul diolah dengan logika *fuzzy mamdani* menjadi suatu nilai waktu tempuh. Selanjutnya nilai waktu tempuh tersebut digunakan untuk mencari rute optimal pendistribusian barang dari PT. Sri Aneka Pangan Nusantara ke semua pelanggannya. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa logika *fuzzy mamdani* dengan algoritma semut dapat digunakan untuk mencari rute optimal[2].

Proses stokastik adalah keluarga peubah acak $\{X_t, t \in T\}$, T disebut himpunan parameter. Himpunan nilai-nilai yang mungkin dari X_t disebut Ruang State. Proses stokastik dengan ruang *state* (keadaan) diskrit, serta mempunyai sifat di mana *state* "saat ini" hanya tergantung pada *state* "sebelumnya" dan bebas dari histori yang lalu disebut dengan rantai markov[4].

Pada rantai Markov setiap *state* dapat diamati secara langsung. Seperti kasus cuaca, keadaan cuaca esok hari dapat kita prediksi melalui keadaan cuaca hari ini. Andaikan cuaca dikelompokkan menjadi tiga (cerah, hujan, berawan), maka dengan diberikan peluang perubahan cuaca, kita dapat menentukan peluang cuaca esok hari dan beberapa hari berikutnya. Akan tetapi bila seseorang berada dalam ruang tertutup dan dia tidak mengetahui cuaca di luar, kemudian dia disuruh menebak keadaan cuaca esok hari. Dalam hal ini *state* cuaca tidak dapat diamati secara langsung, namun pengamatan dapat dilakukannya dengan memperhatikan apakah orang masuk ke ruangan tersebut membawa payung atau tidak. Kasus ini dapat dimodelkan sebagai *Hidden Markov Model (HMM)*[4].

Hidden Markov Model merupakan sub ilmu dari Data Mining dan *Soft Computing*. *Hidden Markov Model* adalah perkembangan dari *Markov Chain* dimana keadaan yang akan datang dari suatu *sequence* tidak hanya ditentukan oleh keadaan saat ini, tetapi juga perpindahan dari suatu *state sequence* ke *state sequence* yang lain. *State sequence* inilah yang merupakan bagian *hidden* dari suatu *Hidden Markov Models*. Salah satu contoh dari *Hidden Markov Model* ini adalah *coin tossing*. Dari *sequence* yang ada untuk pelaksanaan *coin tossing*, kita hanya tahu hasilnya adalah *head and tail*. Tetapi mengenai berapa *coin* yang digunakan dan bagaimana jenis *coin* yang digunakan tersebut kita tidak mengetahuinya[4].

Analisis menggunakan metode *Hidden Markov Model* dengan estimasi *Baum-Welch* dilakukan oleh Sri Mulyana, Afiahayati, dan Wijaya Adhi Surya (2008) dengan menggunakan data *sequence* protein globin. Penelitian oleh Hendra Gustra (2014) memiliki kesamaan pada metode yang digunakan, yaitu *PHMM* dan Algoritma *EM*. Namun, pada penelitian tersebut menggunakan *Software Mathematica* dan objek yang digunakan juga berbeda[5].

Analisis menggunakan metode *Hidden Markov Model* juga dilakukan oleh Aprilia Fitriatul Aisyah (2015) dengan objek yang digunakan menggunakan data rekam dalam bentuk *wav*. Penelitian

sebelumnya oleh Agung Setiyoadji, Lailil Muflikhah, dan M. Ali Fauzi (2017) memiliki perbedaan pada metode estimasi. Penelitiannya menggunakan estimasi Algoritma *Viterbi*, sedangkan penelitian yang dilakukan saat ini menggunakan estimasi Algoritma *EM*[5].

Rosyid Suryandaru (2015) memiliki perbedaan yang terletak pada variabel penelitian. Pada penelitian tersebut mencari model estimasi banyaknya gempa bumi. Analisis menggunakan *Hidden Markov Model* dengan estimasi Algoritma *Viterbi* pada data harga saham menunjukkan peluang kenaikan harga saham yang paling tinggi untuk satu minggu dan satu bulan[5].

API adalah kependekan dari *Application programming interface*. Dengan bahasa yang lebih sederhana, API adalah fungsi fungsi pemrograman yang disediakan oleh aplikasi atau layanan agar layanan tersebut bisa diintegrasikan dengan aplikasi yang kita buat.[6] Jadi Google maps API adalah fungsi fungsi pemrograman yang disediakan oleh Google maps agar Google maps bisa diintegrasikan kedalam Web atau aplikasi yang sedang buat. Contoh sederhanya misalkan anda ingin membuat Sistem informasi Geografis kampus di jogja, dengan memanfaatkan Google Maps API anda bisa membuat GIS tanpa perlu memikirkan Peta Jogja, anda tinggal pake Google maps dan memanggil fungsi fungsi yang dibutuhkan seperti menampilkan peta, menempatkan marker dan sebagainya.[6]

Adapun beberapa penelitian yang terkait adalah Sistem Informasi Geografis Daerah Rawan Kriminalitas di Kota Pontianak berbasis Web, pada penelitian ini dibuat sistem untuk memetakan wilayah rawan kriminal yang berada pada kota Pontianak. Kemudian Penelitian yang berjudul Aplikasi Sistem Informasi Pengolahan Data pada Direktorat Reserse Kriminal Khusus Polda Sumbar, pada penelitian ini menjelaskan mengenai penyajian sebuah format laporan tentang penyidikan perkara tindak pidana kepolisian Republik Indonesia. Selanjutnya penelitian yang berjudul “Metode *User Centered Design* (UCD)”. Dalam Perancangan Sistem Informasi Geografis Pemetaan Tindak Kriminalitas (Studi Kasus : Kota Manado). Pada penelitian ini membahas mengenai perancangan geografis pemetaan tindak kriminal di kota manado dengan menggunakan UCD (*User Centered Design*) untuk menangkap kebutuhan pengguna (Akay et al., 2016). Selanjutnya penelitian yang berjudul “*The Application Of Network Analysis To Criminal Intelligence : An Assessment Of The Prospects*” membahas mengenai peluang bagi penerapan teknik jaringan analitik terhadap masalah-masalah analisis intelijen kriminal, membayar perhatian khusus pada identifikasi kerentanan dalam berbagai jenis organisasi kriminal dari kelompok teroris untuk jaringan narkoba pasokan[7].

II. METODE

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data set sebagian jalan di Kota Surabaya yaitu Jalan Achmad Yani, Jalan Ketintang, dan Jalan Gayungan. Kemudian, data tersebut dianalisa menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* dan *Modified Hidden Markov Model* untuk menentukan rute sangat optimal, optimal, dan tidak optimal. Rute optimal tersebut diukur berdasarkan parameter

waktu, biaya, kondisi cuaca, kejadian lokal, dan jumlah kendaraan.

2.1. Pengumpulan Data

Dari penelitian yang akan dilakukan, peneliti dapat menunjukkan suatu algoritma yang berfungsi untuk menghasilkan rute optimal dengan menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* dan *Modified Hidden Markov Model*. Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur : Dalam proses ini peneliti sebelumnya harus mempelajari dan memahami tentang metode *Fuzzy Mamdani* dan *Modified Hidden Markov Model* yang dimana kedua metode tersebut dapat menganalisa dan mencari solusi secara cepat dalam menentukan rute optimal pada saat tingkat kemacetan meningkat.
2. Wawancara : Dalam proses ini peneliti melakukan wawancara terhadap masyarakat untuk mencari tahu seringnya terjadi tingkat kemacetan dalam rute yang telah ditentukan dan wawancara mengenai rute optimal.
3. Observasi : Observasi ini suatu kegiatan sebagai pengaplikasian suatu data yang bertujuan untuk memastikan data dari hasil wawancara benar dan akurat.

Dalam tahap ini, kami telah mengumpulkan beberapa data set sebagian jalan di Kota Surabaya yaitu di Jalan Achmad Yani, Jalan Ketintang, dan Jalan Gayungan.

2.1.1. Jalan Achmad Yani



Gambar 2.1. Jalan Achmad Yani 1

Dari gambar 2.1. dijelaskan bahwa sebagian Jalan Achmad Yani dan menunjukkan bahwa kondisi ruas di jalan tersebut tidak terlalu macet sehingga ruas jalan lancar. Kami mengambil gambar tersebut pada pukul 16.30 WIB.

2.1.2. Jalan Ketintang



Gambar 2.2. Jalan Ketintang

Dari gambar 2.2. dijelaskan bahwa sebagian Jalan Ketintang dan menunjukkan bahwa kondisi ruas di jalan tersebut tidak terlalu macet sehingga ruas jalan lancar. Kami mengambil gambar tersebut pada pukul 16.40 WIB.

2.1.3. Jalan Gayungan



Gambar 2.3. Jalan Gayungan

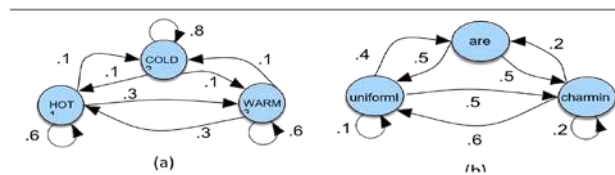
Dari gambar 2.3. dijelaskan bahwa sebagian Jalan Gayungan dan menunjukkan bahwa kondisi ruas di jalan tersebut tidak macet sehingga ruas jalan sangat lancar. Kami mengambil gambar tersebut pada pukul 15.30 WIB.

2.2. Analisa Data dengan metode *Fuzzy Mamdani* dan *Modified Hidden Markov Model*

Untuk menyimpulkan hasil penelitian tersebut maka dilakukan analisa data. Dimana data yang telah dipastikan valid dan akurat, selanjutnya akan dikumpulkan dan dikelompokkan untuk dianalisa menggunakan tahap analisa data dengan metode *Fuzzy Mamdani* dan *Modified Hidden Markov Model*. Berikut beberapa tahapannya:

1. Pengelompokan data : Dalam tahapan ini data yang telah terkumpul akan dikelompokkan untuk dilakukan tahapan terhadap langkah-langkah perhitungan metode *Fuzzy Mamdani* dan *Modified Hidden Markov Model* untuk menghasilkan rute optimal.
2. Penerapan data : Dalam proses ini data yang siap akan diaplikasikan untuk diperhitungkan dalam metode *Fuzzy Mamdani* dan *Modified Hidden Markov Model*.

2.2.1. *Modified Hidden Markov Model*



Gambar 2.4. Skema Prediksi Cuaca

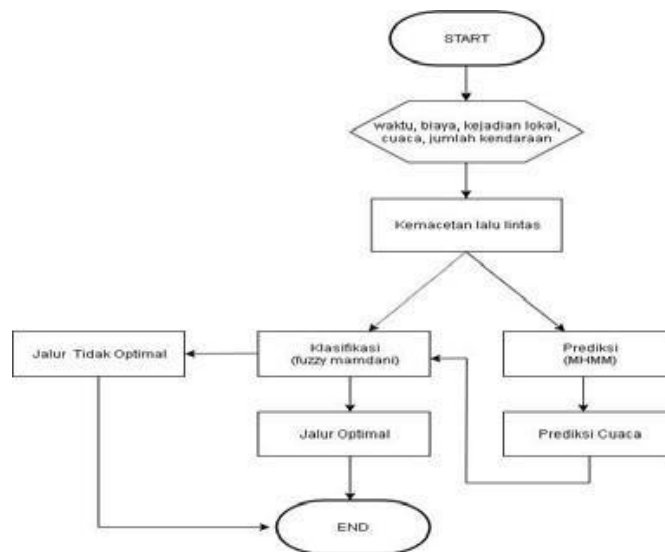
Dalam metode ini digunakan untuk memprediksi kondisi cuaca. Dari gambar 2.4. menunjukkan rantai Markov untuk menetapkan probabilitas ke urutan peristiwa cuaca, yang kosa katanya terdiri dari *hot*, *cold*, dan *warm*. Status dinyatakan sebagai simpul dalam grafik dan transisi dengan probabilitasnya sebagai tepi. Transisi adalah probabilitas: nilai-nilai busur yang meninggalkan keadaan tertentu harus berjumlah satu.

2.3. Perancangan Sistem

Dalam membangun sebuah sistem dengan menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* dan *Modified Hidden Markov Model*, tahapan ini bertujuan untuk membantu kebutuhan pengguna dalam penggunaannya. Dalam penerapan ini peneliti membangun terlebih dahulu diagram *flowchart*, dimana dalam membangun program ini terdiri dari beberapa perintah yaitu input data, hasil pengolahan, dan riwayat pengolahan. Untuk perancangan data yang didalamnya terdapat tahapan sebuah perintah inputan atau masukan dan outputan atau keluaran. Berikut tahapan-tahapannya:

1. Asal lokasi : Asal lokasi ini bertujuan sebagai inputan dimana pengguna akan memilih suatu titik lokasi yang telah ditentukan sistem yang keberadaan terdekat dengan asal lokasi pengguna.
2. Pemilihan rute alternatif tercepat : Pemilihan alternatif optimal ini merupakan perhitungan dalam metode *Fuzzy Mamdani* dan *Modified Hidden Markov Model*, dimana akan menunjukkan sebuah alternatif optimal yang akan ditempuh oleh pengguna.
3. Tingkat kemacetan : Tingkat kemacetan ini merupakan perhitungan sistem dari metode *Fuzzy Mamdani* dan *Modified Hidden Markov Model*, dimana sistem akan secara otomatis mencari rute optimal yang tingkat kemacetan lebih sedikit dan rute optimal dari jalur utama.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini digambarkan pada gambar *flowchart* sebagai berikut:

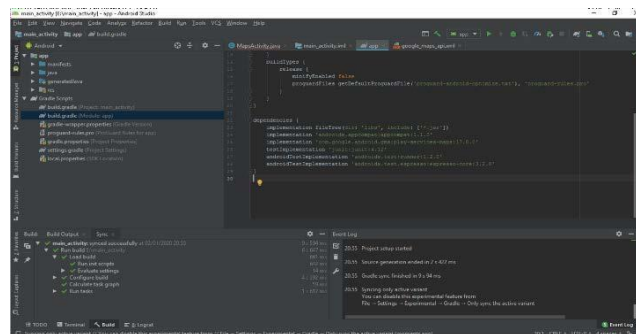


Gambar 2.5. Flowchart Pencarian Rute Optimal

2.4. Pemrograman

Bagian editing sebuah koding dilakukan pada pemilihan software.

Android Studio adalah Lingkungan Pengembangan Terpadu (Integrated Development Environment/IDE) resmi untuk pengembangan aplikasi android yang didasarkan pada *IntelliJ IDEA*. Selain sebagai editor kode dan fitur *developer IntelliJ* yang andal, *Android Studio* menawarkan banyak fitur yang meningkatkan produktivitas dalam membuat aplikasi Android.



Gambar 2.6. Tampilan Software Android Studio

2.5. Pengujian

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi hasil pencarian yang diperoleh. Titik yang diuji adalah di Jalan Achmad Yani, Jalan Ketintang, dan Jalan Gayungan berdasarkan parameter. Adapun hasil perhitungan manual dan hasil adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3. Klasifikasi Waktu Berdasarkan Value

Waktu	Klasifikasi	Value
Tidak Sibuk	10.00PM - 05.00AM	0 – 30
Sibuk	04.00PM - 10.00PM	30 – 70
Sangat Sibuk	05.00AM - 04.00PM	70 – 100

Tabel 2.4. Klasifikasi Biaya Berdasarkan Value

Biaya	Klasifikasi	Value
Murah	5000	0 – 30
Biasa	7000	30 – 70
Sangat Mahal	10.000	70 – 100

Tabel 2.5 Klasifikasi Kejadian Lokal Berdasarkan Value

Kejadian Lokal	Klasifikasi	Value
Situasi Aman	Tidak ada insiden	0 – 30
Situasi Tidak Aman	Ada insiden kecil	30 – 70
Situasi Darurat	Ada insiden	70 – 100

Tabel 2.6. Klasifikasi Kondisi Cuaca Berdasarkan Value

Cuaca	Klasifikasi	Value
Hujan	25 - 26 °C	0 – 30
Cerah	31 - 33 °C	30 – 70
Mendung	27 – 30 °C	70 – 100

Tabel 2.7. Klasifikasi Jumlah Kendaraan Berdasarkan Value

Jumlah Kendaraan	Klasifikasi	Value
Lancar	2 – 4 kendaraan	0 – 30
Padat	5 – 7 kendaraan	30 – 70
Sangat Padat	>7 kendaraan	70 – 100

III. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Perhitungan

3.1.1. Fuzzy Mamdani

Dari hasil perhitungan, menunjukkan rute yang sangat optimal sampai rute yang tidak optimal berdasarkan presentase tabel sebagai berikut:

Tabel 3.1. Hasil Rata-Rata Setiap Parameter Berdasarkan Value

	Ketintang	Gayungan	Achmad Yani
Waktu	20	50	80
Biaya	30	65	70
Kejadian Lokal	25	45	85
Cuaca	65	30	50
Jumlah Kendaraan	70	90	35
Rate of Value	42%	56%	64%
Class Label	Rute Sangat Optimal	Rute Optimal	Rute Tidak Optimal

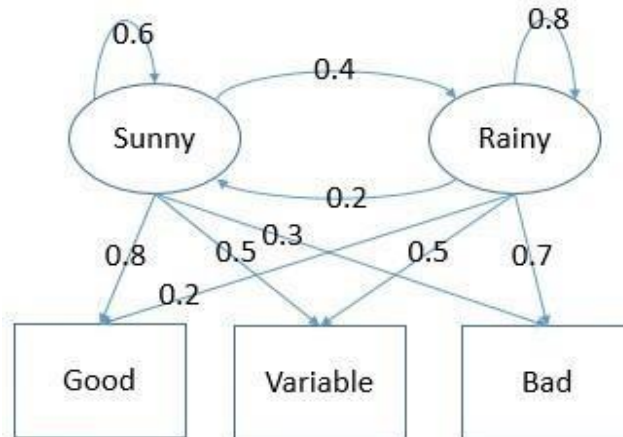
Berdasarkan tabel 3.1. menunjukkan bahwa hasil perhitungan manual menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* dan sistem yang diperoleh sama sehingga tingkat akurasi sistem 100%. Dari *Class Label* rute sangat optimal hingga rute tidak optimal berturut-turut yaitu Jalan Ketintang, Jalan Gayungan, dan Jalan Achmad Yani dengan presentase 42%, 56%, dan 64%. Dari table 3.2. dijelaskan bahwa pengklasifikasian *class label* berdasarkan presentase.

Tabel 3.2. Klasifikasi Rute Berdasarkan Presentase

Class Label	Presentase
Rute Tidak Optimal	80 – 100%
Rute Optimal	60 – 80%
Rute Sangat Optimal	0 – 60%

3.1.2. Modified Hidden Markov Model

Perkiraan cerah atau hujan berdasarkan keadaan meteorologi digambarkan sebagai berikut:



X = [Good, Variable, Bad, Bad]

Day	1st day	2sd day	3rd day	4th day
Sunny	Normalized (0.5*0.8)= 0.8	Normalized (0.8*0.6*0.5) =0.6	Normalized (0.6*0.6*0.3) =0.4	Normalized (0.6*0.2*0.3) =0.1
Rainy	Normalized (0.5*0.2)= 0.2	Normalized (0.8*0.4*0.5) =0.4	Normalized (0.6*0.4*0.7) =0.6	Normalized (0.6*0.8*0.7) =0.9
	Sunny	Sunny	Rainy	Rainy

3.2. Hasil Pemrograman

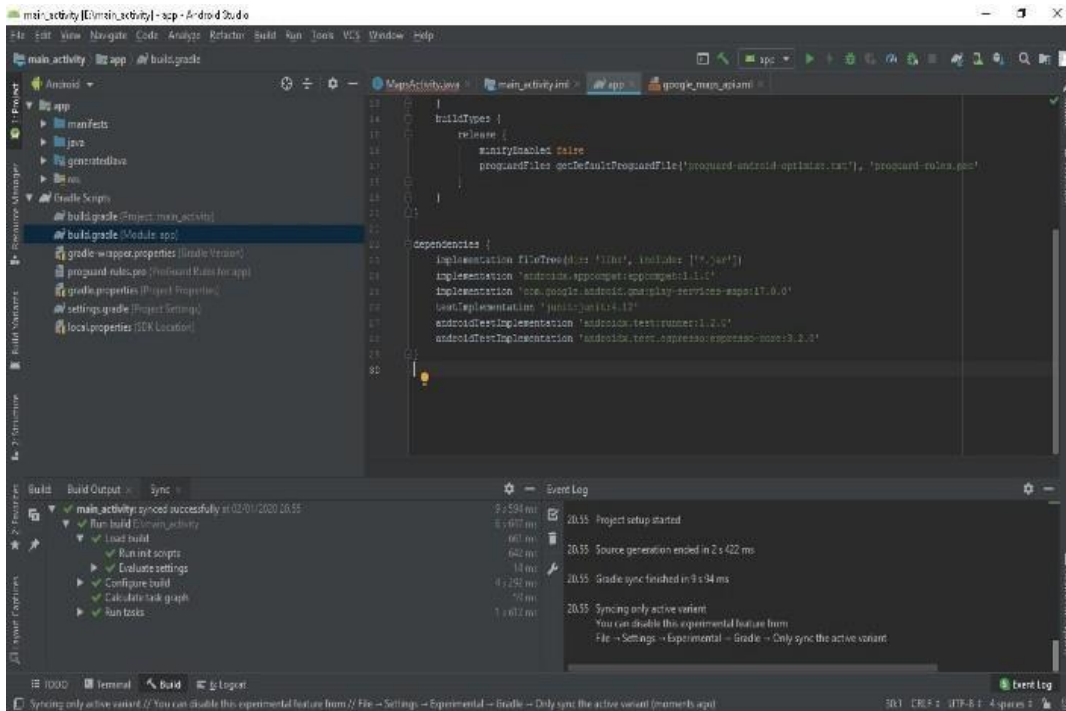
```

while iter < MAX_ITER and
num_better_sols < MAX_NO_MORE_SOLS
do
  for k = 1, ..., kmax
    Antk->find_route()
  end for
  for k = 1, ..., kmax
    Antk->join()
    if Antk->route_val > Best_val then
      Best_val = Antk->route_val
      Best_route = Antk->route
      num_better_sols = 0
    end if
  end for
  pheromoneUpdate(Best_route)
  num_better_sols = num_better_sols + 1
end while

```

Gambar 3.1. Pseudocode

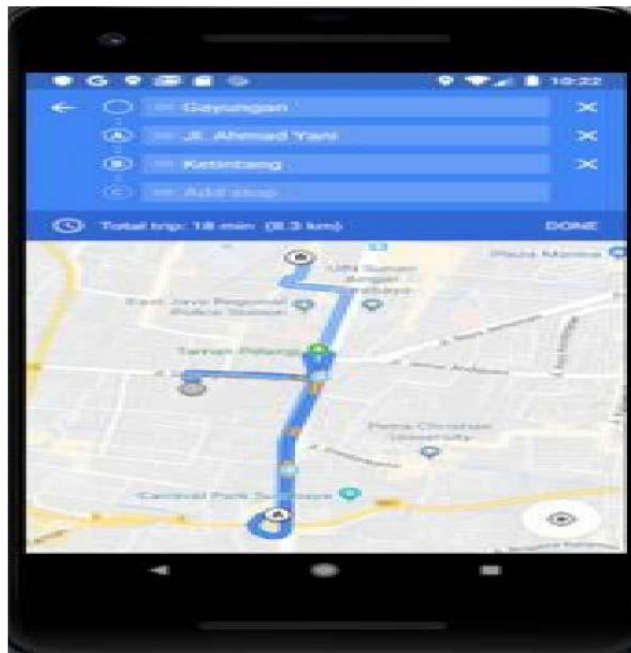
Pemrograman menggunakan aplikasi yang bernama *Android Studio* untuk memrogram penentuan rute optimal. Hasil pemrograman tersebut terdapat di gambar sebagai berikut:



Gambar 3.2. Tampilan Software Android Studio



Gambar 3.3. Tampilan Saat Program Dijalankan



Gambar 3.4. Tampilan Rute Tujuan Setelah Program Dijalankan

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan perhitungan-perhitungan untuk menentukan rute optimal berdasarkan waktu, biaya, kondisi cuaca, kejadian lokal, dan jumlah kendaraan dengan menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* dan *Modified Hidden Markov Model*. Dari perhitungan tersebut telah disimpulkan bahwa di Jalan Ketintang merupakan rute yang sangat optimal, Jalan Gayungan merupakan rute optimal, dan Jalan Achmad Yani merupakan rute yang tidak optimal. Dari setiap parameter, yaitu waktu, biaya, kondisi cuaca, kejadian lokal, dan jumlah kendaraan yang sangat berpengaruh untuk menentukan rute optimal yaitu waktu, kejadian lokal, kondisi cuaca, biaya, dan jumlah kendaraan dengan klasifikasi waktu tidak sibuk (10.00PM – 05.00AM), kejadian lokal situasi aman (tidak ada insiden), kondisi cuaca hujan (25 - 26 °C), biaya murah (Rp.5000), dan jumlah kendaraan lancar (2- 4 kendaraan).

Penelitian ini telah menghasilkan sebuah aplikasi android yang berbasis *mobile* dan Google Map API yang dapat menampilkan solusi rute optimal sehingga pengguna jalan dapat menghindari titik-titik kemacetan tersebut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem aplikasi dapat berfungsi dengan baik dan memberikan nilai yang sesuai dengan yang diharapkan. Implementasi aplikasi ini harapannya dapat mengurai kemacetan yang terjadi di Kota Surabaya. Kedepannya, aplikasi ini diharapkan dapat diimplementasikan secara menyeluruh dan dimanfaatkan oleh pihak terkait untuk memberikan informasi kemacetan dan rute optimal untuk menghindarinya kepada masyarakat. Aplikasi ini masih memiliki kekurangan dan masih sangat memungkinkan untuk dikembangkan dan disempurnakan sebelum diimplementasikan. Penelitian-penelitian selanjutnya diharapkan mampu menyempurnakan aplikasi ini dan dapat diintegrasikan dengan sistem ini diantaranya monitoring jalan raya dengan CCTV,

penentuan laju kendaraan di set sebagian Kota Surabaya yaitu di Jalan Achmad Yani, Jalan Ketintang, dan Jalan Gayungan, perancangan rute optimal kemacetan berbasis android dan Google Map API serta integrasi monitoring posisi BRT Surabaya. Efektifitas pengimplementasian sistem memungkinkan penambahan media distribusi informasi dengan bekerjasama dengan armada taksi dan angkutan darat yang ada, kerjasama dengan lembaga penyiaran radio dan televisi lokal serta pihak-pihak lain yang ingin berkontribusi dalam hal mengatasi kemacetan di Kota Surabaya.

V. DAFTAR PUSTAKA

1. "Sri Kusumadewi - Pengutipan Google Scholar." N. Febriany, "Bab iii metode fuzzy mamdani," pp. 29–49, 2016.
2. S. Hameed, B. Das, and V. Pant, "Reduced rule base self-tuning fuzzy PI controller for TCSC," *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, vol. 32, no. 9. pp. 1005–1013, 2010.
3. 直彦鈴木, 宏祐平澤, 健一田中, 貴訓小林, 洋一佐藤, and 陽三藤野, "Hidden Markov Model を用いた逸脱行動人物検出," *電子情報通信学会技術 研究報告 . Prmu, パターン認識・メディア理解*, vol. 106, no. 99, pp. 43–48, 2006.
4. P. Studi, I. Komputer, U. G. Mada, G. Selatan, F. Ugm, and S. U. Iii, "Penerapan Hidden Markov Model Dalam Clustering Sequence Protein Globin," *Seminar*, no. 2004, pp. 117–122, 2008.
5. C. Adi Putra, "Pengantar Google Maps API," [Http://www.candra.web.id](http://www.candra.web.id). 2012.
6. L. Kriminal, "Pemanfaatan Teknologi Goole Maps Api Untuk Aplikasi Laporan Kriminal Berbasis Android Pada Polrestabes Makassar The Utilization Google Maps Api Technology For Application Criminal Reports Android," *J. Penelit. Pos dan Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 185–200, 2016.