



## PREDIKSI PENENTUAN PENGATURAN LAMPU TRAFFIC LIGHT BERDASAR KLASIFIKASI MENGGUNAKAN REGRESI LINIER DAN ALGORITMA GENETIKA

Muhammad Misdram <sup>1)</sup>, Anang Aris Widodo <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Merdeka Pasuruan  
Email : misdramdosen@gmail.com

<sup>2)</sup> Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Merdeka Pasuruan  
Email : anangariswido@gmail.com

---

### ABSTRAK

Pada Penelitian ini permasalahan yang dibahas adalah tentang bagaimana mengatur lampu sinya traffic light untuk menghindari kemacetan lalu lintas, pada penelitian ini obyek penelitian adalah jalan raya jemberan gempol tepatnya di pertigaan kec. Gempol Kabupaten Pasuruan. Di pilih daerah ini karena daerah ini merupakan daerah yang setiap harinya terdapat ratusan bahkan ribuan kendaraan yang melewati di jalur ini. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode klasifikasi sedangkan model perhitungan menggunakan regresi linier dan Algoritma genetika, karena Algoritma genetika dapat menghasilkan solusi yang berkualitas tinggi untuk mengatasi permasalahan yang berkenaan traffic Light. Pada algoritma genetika terdapat pertemuan gen-gen menghasilkan individu dan akan membentuk nilai Fitness atau nilai tujuan. Pada kasus ini nilai fitnessnya adalah volume jumlah kendaraan yang paling tinggi yang mengakibatkan waktu pembagian sinyal lampu tidak seimbang dan akan mengakibatkan kemacetan total artinya kendaraan berhenti total dalam waktu beberapa menit atau jam. Untuk mengoptimalkan fungsi lampu traffic light Algoritma Genetika menekankan pada nilai fungsi-Obyektif masing-masing Chromosom dengan memanfaatkan persamaan linier pada matematik  $a + 2b + \dots = 30$ , dimana a, b, ..., merupakan data kendaraan yang melintas : 1,2,3,4,... adalah koefisien dan 30 adalah waktu lampu menyala.

**Kata kunci** : *Algoritma Genetika, Nilai fitness, kemacetan total, fungsi-obyektif dan optimalisasi.*

---

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di suatu kota pada umumnya harus disertai dengan perkembangan infrastruktur jalan. Pesatnya pertumbuhan penduduk ini pada akhirnya akan menyebabkan peningkatan aktivitas penduduk yang kemudian akan menimbulkan mobilitas yang semakin tinggi. Mobilitas penduduk tersebut membutuhkan sarana dan prasarana berupa kendaraan. Sehingga dibutuhkan infrastruktur berupa penyediaan jalan, untuk memenuhi kebutuhan akan kendaraan..

Perkembangan system transportasi di kota-kota besar di Indonesia semakin meningkat dan modern, dimulai dengan perkembangan ruas-ruas jalan seperti pembangunan jalan tol yang bebas hambatan,

kemudian pendirian jembatan-jembatan dan yang paling utama adalah adanya alat angkutan yang dapat menampung dan membawa seseorang ke berbagai tujuan dari satu tempat ke tempat lainnya.

Di Indonesia permasalahan transportasi sudah sedemikian parahnya khususnya di berbagai kota besar seperti Jakarta, Bandung, Semarang, Surabaya dan bahkan kota kecilpun juga terjadi kepadatan.

Tingginya volume kendaraan merupakan factor terbesar yang mengakibatkan kemacetan jalan raya ini, terlebih jika jalan utama atau protokol terdapat beberapa penyeberangan, yang merupakan pertemuan dari jalan-jalan yang lainnya, sehingga terdapat perlintasan atau traffic light, pada traffic light biasanya terpasang sebuah Traffic Control sinyal yaitu sebuah system

untuk sinkronisasi waktu sejumlah sinyal lalu lintas di suatu daerah, dengan tujuan mengurangi berhenti dan penundaan kendaraan secara keseluruhan.

Pada pengaturan arus lalu lintas di Indonesia sudah menerapkan system waktu atau real time untuk sinyal lampunya sehingga pada jalur persimpangan jalan atau traffic light sudah dipasang sinyal lampu lalu lintas. Digunakan media lampu kerana lampu dianggap efektif. Tetapi walaupun demikian tetap banyak juga terjadi kemacetan karena pengaturan sistem lampunya hanya menggunakan prakiraan waktu. Kadang-kadang pengaturan waktu penyetingan sinya lampunya tidak seimbang antara kendaraan yang melintas dibandingkan lama waktu sinyal lampu menyala. Sinyal lampu yang diterapkan di semua traffic light di Indonesia ada tiga macam : lampu kuning pertanda persiapan akan jalan atau akan berhenti, lampu hijau pertanda kendaraan jalan, lampu merah kendaraan berhenti.



Gambar 1. Traffic Light dengan menerapkan system sinyal control (sinyal lampu traffic light).

Pada penelitian ini bagaimana memprediksi dalam mengatur waktu sinyal lampu dari kondisi lalu lintas di persimpangan, untuk menghindari tabrakan, dan sinyal lalu lintas dengan fase urutan tetap, pengawasan kondisi lalu lintas (kendaraan berhenti) pada selang waktu tertentu, lalu lintas sinyal dengan durasi panjang minimum hijau. Untuk mencari penyelesaian tentang kasus penelitian ini adalah dengan mengklasifikasi serta menganalisisnya menggunakan persamaan linier dan Algoritma genetika untuk digunakan mengoptimasi sinyal lampu lalu lintas.

## 1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana memprediksi waktu sinyal lampu supaya yang sesuai dengan jumlah kendaraan yang melintas.
2. Bagaimana mengatasi penumpukan kendaraan di salah satu jalur tertentu.
3. Bagaimana memanfaatkan persamaan linier dan algoritma genetika untuk mengoptimalkan pengaturan sinyal lampu traffic light.

## 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah mencakup tentang :

1. Bagaimana mengatasi kemacetan dan antrian lalu lintas di daerah persimpangan atau traffic light.
2. Bagaimana memberi solusinya dengan bantuan pengetahuan ilmu computer khususnya Algoritma genetika. Dipilihnya Algoritma Genetika karena algoritma genetika cocok untuk menangani masalah yang berkaitan dengan masalah penjadwalan, Masalah lalu lintas identik dengan masalah penjadwalan karena terdapat antrian kendaraan yang setiap saat dapat berubah.

## 1.4. Tujuan Penelitian

1. Menentukan solusi yang tepat yaitu antara jumlah kendaraan yang melintas dengan waktu sinyal lampu menyala bisa seimbang sehingga tidak terjadi penumpukan di jalur arah tertentu.
2. Untuk mengurangi kemacetan di jalur tertentu maka pengaturan waktu sinyal lampu merupakan solusi yang tepat.
3. Dengan memanfaatkan aljabar linier dan algoritma genetika untuk menganalisa pengaturan sinyal lalu lintas sehingga menemukan optimasi yang tepat.

## 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang di hasilkan dari penelitian adalah :



- a. Memberikan solusi agar kemacetan tidak terjadi dan masyarakat dapat menikmati perjalanan yang nyaman dan lancar.
- b. Mengembangkan teknologi informasi pada ilmu pengetahuan Teknik Sipil khususnya pada bidang transportasi.
- c. Membantu memecahkan persoalan transportasi sehingga pekerjaan dan kebutuhan masyarakat atau dunia usaha tidak terganggu.
- d. Memberikan tambahan pengetahuan Iptek bagi peneliti khususnya pada ilmu informatika.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terkait

#### 2.1.1. Analisis Aplikasi Algoritma Genetika untuk pencarian nilai fungsi maksimum. (Djunaedi Kosasih, Rinaldo).

Algoritma genetika yang pertama kali diperkenalkan secara terpisah oleh Holland dan De Jong pada tahun 1975 merupakan teknik pencarian nilai optimum secara stochastic berdasarkan prinsip dasar dari teori evolusi. Kemudian, berbagai aplikasi algoritma genetika telah dikembangkan, seperti misalnya dalam bidang penyusunan jadwal dan urutan kegiatan, penilaian keandalan desain, penentuan rute dan jadwal kendaraan, pengaturan tata letak peralatan/mesin di dalam pabrik, analisis distribusi pergerakan dalam perencanaan transportasi, optimasi anggaran pemeliharaan jaringan jalan, dsb.

Sementara itu, penelitian ini dimaksudkan untuk mendiskusikan tahapan proses dari algoritma genetika melalui contoh pencarian nilai fungsi sinus maksimum dengan menggunakan program computer Algoritma genetika. (Djunaedi Kosasih, Rinaldo).

#### 2.2.1. Algoritma Genetika untuk menyelesaikan Masalah Vehicle Routing. (Jur Matematika dan Komputer, Sarwadi dan Anjar KSW).

Konsep dasar algoritma genetika sebenarnya ditemukan oleh John Holland pada tahun 1975 yang Dituangkan dalam bukunya yang sangat terkenal yaitu *Adaptation in Natural and Artificial Systems*.

Pada prinsipnya, algoritma genetika meniru proses evolusi dan perubahan genetika dalam struktur kromosom makhluk hidup. Memang beberapa teknologi mutakhir di bidang ilmu komputer dan kecerdasan buatan dewasa ini banyak diilhami oleh struktur dan mekanisme kerja makhluk hidup atau manusia.

Masalah Vehicle Routing (VRP) merupakan suatu permasalahan penting yang terdapat pada system transportasi yang bertujuan meminimalkan total jarak tempuh supaya biaya pengoperasian kendaraan minimal. Untuk mengatasi masalah VRP, Algoritma genetika merupakan salah satu metode heuristic yang analog dengan proses evolusi alam dengan tahap seleksi, crossover dan mutasi. Pada penelitian ini simulasi dilakukan dengan mencari solusi dari beberapa kasus VRP dengan jumlah titik  $N=10$  sampai dengan  $N=100$ . Selanjutnya solusi dari kasus tersebut dibandingkan dengan menggunakan Metode saving. Hasil perbandingan memperlihatkan bahwa solusi yang dihasilkan algoritma genetika mempunyai kualitas lebih baik untuk jumlah titik yang kecil.

#### 2.3.1. Penerapan Algoritma Genetika Pada Pendekatan Masalah Kurva Fitting. (Sinem Senturk, Prof. Nizamettin Aydin : Applied Genetic Algorithms Approach to Curve Fitting Problems, Bahcesehir Universitesi Istanbul, 2009).

Penelitian ini yang adalah Penerapan Algoritma Genetika Pada Pendekatan Masalah kurva fitting. Penerapan Algoritma Genetika tidak memerlukan informasi tambahan dan pekerjaan awal sebagai metode estimasi parameter lainnya. Oleh karena itu, lebih praktis untuk aplikasi yang kompleks.

Dalam lingkup studi ini, program dikembangkan untuk menunjukkan bahwa untuk memperkirakan parameter dari polynome sederhana tanpa memerlukan operasi matematika yang rumit dan panjang untuk solusi. Algoritma Genetika yang tidak memerlukan informasi tambahan dan memiliki peran penting dalam memecahkan masalah optimasi yang diusulkan untuk fitting kurva.



#### **2.4.1. Waktu Optimasi Pengendalian Lalu Lintas Sinyal Menggunakan Algoritma Genetika. ..** ( Leena Singh, Sudhanshu Tripathi, Himakshi Arora. Amity School of Engg. & Tech., Lecturer in Computer Sc. & Engg. deptt., New Delhi, India ).

Pada penelitian ini bagaimana mengembangkan emulator untuk representasi dari kondisi lalu lintas di persimpangan terisolasi dengan fitur silent berikut : Penggunaan antarmuka grafis (GUI) yang dikembangkan di Java, generasi acak kendaraan, arah kendaraan acak, menghindari tabrakan, dan sinyal lalu lintas dengan fase urutan tetap, pengawasan kondisi lalu lintas (kendaraan berhenti) pada selang waktu tertentu, lalu lintas sinyal dengan durasi panjang minimum hijau. Algoritma genetika digunakan untuk optimasi sinyal lalu lintas waktu. Faktor-faktor yang dipertimbangkan untuk optimasi bobot genetic yang dialokasikan untuk masing-masing jalan (tergantung pada penggunaannya kapasitas pada jumlah lalu lintas), tetapi maksimal dan timing hijau minimal, timing siklus tetap dan total berhenti di setiap jalur masuk

## **2.2. Landasan Teori**

Permasalahan transportasi selalu terjadi hamper diseluruh kota-kota besar di dunia, dan bahkan sudah dalam keadaan yang sangat kritis. Penyebabnya antara lain : mulai terbatasnya sarana dan prasarana transportasi urbanisasi yang cepat , tingkat kedisiplinan lalu lintas yang rendah, semakin jauh pergerakan manusia setiap harinya, dan mungkin juga system perencanaan transportasi yang kurang baik. Akibatnya kemacetan tidak terhindarkan lagi.

Permasalahan transportasi khususnya kemacetan merupakan sebuah permasalahan yang sangat krusial karena memberikan dampak yang luas bagi kehidupan manusia. Dalam menangani masalah transportasi diperlukan koordinasi dari banyak pihak dan mempertimbangkan banyak kriteria serta perhitungan dan pengambilan keputusan yang tepat.

Untuk memecahkan persoalan transportasi dibutuhkan suatu perangkat bantu

yang tepat agar permasalahan tersebut dapat diselesaikan salah satunya dengan menggunakan system kecerdasan buatan. Terdapat banyak algoritma yang merupakan bagian kecerdasan buatan untuk menghasilkan solusi masalah mengatasi kemacetan seperti Algoritma DFS dan BFS, tetapi pada penelitian ini algoritma yang digunakan adalah algoritma genetika.

Algoritma genetika (genetic algorithms) adalah salah satu cabang ilmu komputer yang berkembang sangat pesat dewasa ini. Algoritma genetika banyak digunakan untuk memecahkan permasalahan optimisasi yang rumit (hard optimization problem), yang tidak bisa dipecahkan dengan teknik optimisasi tradisional. Pada awalnya, algoritma genetika ini digunakan untuk memecahkan masalah optimisasi di bidang teknik sipil, yaitu untuk perancangan sistem distribusi pipa, oleh David Goldberg, seorang kandidat doktor di USA pada tahun 1980-an, Tidak lama setelah itu, algoritma genetika juga digunakan untuk perancangan sistem robot cerdas (Intelligent robot) oleh Yuval Davidor, seorang mahasiswa tingkat doctoral di Inggris, Dipacu oleh sukses kedua ilmuwan itu, dalam beberapa tahun terakhir ini penggunaan algoritma genetika tidak terbatas pada masalah di bidang keteknikan saja, tetapi bahkan sudah banyak digunakan di bidang lain seperti manajemen, industri, pertanian, kedokteran. dan tentu saja di gunakan bidang agribisnis. Perluang aplikasi algoritma genetik di bidang agribisnis sangat luas dan diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perkembangan agribisnis.

Konsep dasar algoritma genetika sebenarnya ditemukan oleh John Holland pada tahun 1975 yang Dituangkan dalam bukunya yang sangat terkenal yaitu *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. Pada prinsipnya, algoritma genetika meniru proses evolusi dan perubahan genetika dalam struktur kromosom makhluk hidup. Memang beberapa teknologi mutakhir di bidang ilmu komputer dan kecerdasan buatan dewasa ini banyak diilhami oleh struktur dan mekanisme kerja makhluk hidup atau manusia. Sebagai contoh, sistem jaringan



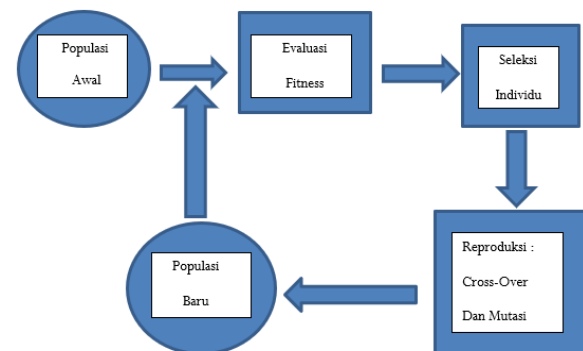
syaraf tiruan (artificial neural networks) meniru mekanisme kerja sel otak manusia. Demikian juga dengan fuzzy logic yang meniru cara manusia menginterpretasikan rangsang dengan pancainderanya. Sistem jaringan syaraf tiruan dan fuzzy logic kini sudah banyak dipakai untuk keperluan komersial dan penelitian penting seperti sistem kontrol transportasi, alat-alat rumah tangga (TV, microwave, mesin cuci, dll), telekomunikasi, pertahanan (pesawat tempur, radar), satelit, pesawat ulang alik dan bahkan untuk pesawat uji coba ke Mars (lengan robot).

Berbeda dengan teknik-teknik tradisional, algoritma genetika menggunakan prinsip evolusi dan genetika dalam memecahkan masalah. Teknik dimulai dengan satu set solusi acak (random solutions) yang disebut populasi. Setiap individu dalam populasi disebut kromosom (chromosome). Yang merupakan calon untuk solusi dari permasalahan yang dihadapi. Kromosom adalah simbol dalam bentuk "string", biasanya (tetapi tidak selalu) berbentuk bilangan biner, yaitu kombinasi 0 dan 1. Kromosom-kromosom ini kemudian berevolusi melalui beberapa iterasi atau biasa disebut generasi. Dalam setiap generasi, kromosom dievaluasi dengan mengukur derajat kebugarannya (fitness). Secara alami kromosom dengan derajat kebugaran yang lebih tinggi akan terus hidup dan dapat melakukan reproduksi (disebut kromosom terpilih), sedangkan kromosom yang kurang atau tidak bugar akan mati (prinsip ini dikenal dengan nama survival of the fittest). Untuk dapat menghasilkan generasi baru, kromosom-kromosom terpilih ini akan menjalani penyilangan (crossover) atau mutasi (mutation). Hasil dari penyilangan dan mutasi adalah kromosom-kromosom atau individu-individu baru yang membawa sifat orang-tuanya. Secara alami kromosom yang baik disilangkan dengan kromosom yang baik pula akan menghasilkan kromosom yang lebih baik. Setelah beberapa generasi algoritma ini akan menghasilkan kromosom terbaik (the best chromosome) yang merupakan solusi optimal dari masalah dalam penelitian.

Konsep dasar algoritma genetika sebenarnya ditemukan oleh John Holland pada tahun 1975 yang dituangkan dalam bukunya yang sangat terkenal yaitu *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. Pada prinsipnya, algoritma genetika meniru proses evolusi dan perubahan genetika dalam struktur kromosom makhluk hidup.

Jaringan lalu lintas akan membentuk suatu graph berarah, dengan titik berupa persimpangan dan busur adalah jalinan  $n$  yang menghubungkan dua persimpangan. Penerapan algoritma genetika pada proses pencarian rute perjalanan dilakukan dengan mengevaluasi sekumpulan solusi melalui fungsi fitness yang menyimpan nilai-nilai parameter penentu.

Algoritma Genetika merupakan prosedur iteratif, bekerja dengan suatu set untaian yang disebut populasi sebagai kandidat solusi dengan dengan jumlah konstan dan berkembang dari generasi melalui aplikasi operator genetik. Struktur dalam populasi generasi saat itu akan dievaluasi, dan selanjutnya diseleksi untuk menentukan populasi pada generasi selanjutnya. (Dr. Ir. Yandra, M.Eng dan Ir. Aji Hermawan, MM).



Gambar 2. Diagram Algoritma Genetika

### 2.2.1. Ada beberapa pengertian dasar yang perlu diketahui dalam metode algoritma genetika :

1. Gen (Genotype) adalah variable besar yang membentuk suatu kromosom.
2. Allele adalah nilai dari suatu gen, bisa berupa biner, float, integer maupun karakter.
3. Kromosom adalah gabungan dari gen-gen yang membentuk arti tertentu.



- a. Kromosom biner adalah kromosom yang disusun dari gen-gen yang bernilai biner.
  - b. Kromosom Float adalah kromosom yang disusun dari gen-gen yang bernilai pecahan.
  - c. Kromosom string adalah kromosom yang disusun dari gen-gen yang bernilai string.
  - d. Kromosom kombinatorial adalah kromosom yang disusun dari gen-gen yang bernilai berdasarkan urutannya.
4. Individu adalah kumpulan gen, bisa dikatakan sama dengan kromosom. Individu menyatakan salah satu kemungkinan solusi dari suatu permasalahan.
  5. Populasi adalah sekumpulan individu yang akan diproses secara bersama-sama dalam satu siklus proses evolusi.
  6. Generasi menyatakan satu satuan siklus proses evolusi.
  7. Nilai fitness menyatakan seberapa baik nilai dari individu atau solusi yang didapatkan.

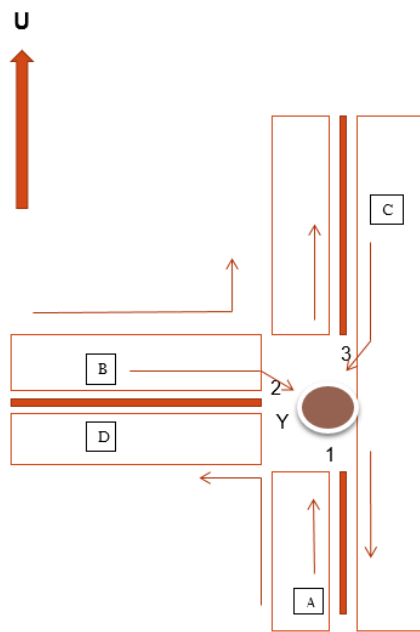
### 2.2.2. Komponen-komponen utama algoritma genetika.

1. Teknik Encoding / Decoding Gen dan Individu  
Encoding (pengkodean) berguna untuk mengodekan nilai gen-gen pembentuk individu.
2. Membangkitkan Populasi Awal  
Sebelum membangkitkan populasi awal, terlebih dahulu kita harus menentukan jumlah individu dalam populasi tersebut.
3. Nilai fitness  
Nilai fitness menyatakan nilai dari fungsi tujuan. Tujuan dari algoritma genetika adalah memaksimalkan nilai fitness.
4. Elitisme  
Elitisme adalah prosedur untuk meng-copy individu yang mempunyai nilai fitness tertinggi sebanyak satu (bila jumlah individu dalam suatu populasi adalah ganjil)

atau dua (bila jumlah individu dalam suatu populasi adalah genap).

5. Seleksi  
Kadang kala suatu fungsi tertentu dapat menyebabkan setiap , individu mempunyai nilai fitness hamper sama. Hal ini bisa berakibat buruk pada saat dilakukan proses seleksi untuk memilih orang tua karena dapat menyebabkan optimum lokal.
6. Cross-Over (Pindah Silang).  
Sebuah individu yang mengarah pada solusi optimal bisa diperoleh melalui proses pindah silang, dengan catatan bahwa pindah silang hanya bisa dilakukan jika sebuah bilangan random dalam interval [ 0 1 ] yang dibangkitkan nilainya lebih kecil dari probabilitas tertentu, dengan kata lain :  $r < \text{prob}$ . Biasanya nilai prob di set mendekati 1. Cara paling sederhana untuk melakukan pindah silang adalah pindah silang satu titik potong.
7. Mutasi  
Mutasi dilakukan untuk semua gen yang terdapat pada individu, jika bilangan random yang dibangkitkan lebih kecil dari probabilitas mutasi  $p$  yang ditentukan. Biasanya  $p$  diset =  $1/N$ , di mana  $N$  adalah jumlah gen dalam individu. Untuk kode biner, mutasi dilakukan dengan cara membalik nilai bit 0 menjadi 1, sebaliknya bit 1 diubah menjadi bit 0.
8. Penggantian Populasi  
Penggantian populasi (generational replacement) dimaksudkan bahwa semua individu awal dari satu generasi diganti oleh temporer\_individu hasil proses pindah silang dan mutasi.

### 2.3. Kerangka Pemikiran



Gambar 3. Skema jalan pertigaan Kejapanan, Kec. Gempol

Keterangan :

- Jalan A merupakan jalan utama kendaraan dari Malang, menuju Surabaya dan Mojokerto.
- Jalan B merupakan jalan dari arah Mojokerto menuju Malang dan Sidoarjo atau Surabaya..
- Jalan C merupakan jalan dari Sidoarjo atau Surabaya menuju Malang.
- Jalan A, B dan C merupakan jalan melalui pertigaan yang bertitik Y menuju ke Surabaya atau Sidoarjo, ke Mojokerto dan ke Malang.
- Arus lalu lintas dari arah Malang atau jalan A, jika menuju Mojokerto belok kiri maka bisa langsung tanpa pengaruh dari sinyal lampu lalu lintas tetapi jika ke arah Surabaya maka harus melalui sinyal lampu lalu lintas. Jika lalu lintas dari arah Surabaya maka jika menuju Malang maka bisa langsung terus jalan tanpa pengaruh sinyal lampu lalu lintas, tetapi jika menuju arah Mojokerto maka harus melalui sinyal lampu lalu lintas. Jika lalu lintas dari arah Mojokerto maka jika menuju Surabaya atau Sidoarjo maka bisa langsung terus jalan tanpa pengaruh sinyal lampu lalu lintas, tetapi jika menuju arah Malang

maka harus melalui sinyal lampu lalu lintas.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode deskriptif. Menurut Ali (1983 : 120) yang dimaksud dengan metode deskriptif adalah metode penelitian yang tidak hanya menyajikan data, mengumpulkan, dan menyusunnya, tetapi dengan pembahasan lebih lanjut, yaitu analisis interpretasi tentang arti data yang ada dengan maksud untuk menjelaskan permasalahannya. Langkah ini pada dasarnya meliputi pengumpulan data, pengklasifikasian data dan analisis data kemudian membuat kesimpulan dan terakhir menyusun laporan dari seluruh rangkaian penelitian, yang tentunya bertujuan untuk menggambarkan tentang suatu kejadian atau keadaan objek dalam suatu deskriptif.

Metode penelitian deskriptif ini diharapkan dapat menjelaskan dan mengkaji masalah yang berhubungan dengan kemacetan lalu lintas yang terjadi di Kabupaten Pasuruan.

### 3.2. Variabel Penelitian

Menurut Riduwan (2002 : 96) variable adalah ukuran, sifat atau ciri yang dimiliki oleh anggota suatu kelompok atau suatu set yang dimiliki oleh kelompok. Berdasarkan pengertian di atas, maka dalam penelitian ini terdapat dua variable yaitu :

- Variabel bebas yaitu merupakan variable yang mempengaruhi atau sebab perubahannya atau timbulnya variable terikat, dalam penelitian ini yaitu faktor-faktor kemacetan lalu lintas.
- Variabel terikat yaitu merupakan yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variable bebas, dalam penelitian ini variabelnya yaitu kemacetan lalu lintas di kabupaten Pasuruan.

Berdasarkan penjelasan variable diatas, maka untuk memudahkan penelitian disajikan hubungan antara dua variable sebagai berikut :

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel Bebas	Variabel Terikat
Factor –factor terjadinya kemacetan Lalu lintas di Jepang, Gempol	Kemacetan lalu lintas di Jepang, Gempol.
- Jumlah kendaraan	- Arus lalu lintas/Volume lalu lintas
- Jumlah jaringan jalan	- Kapasitas dan tingkat pelayanan
- Pedagang kaki lima	
- Area parker	

### 3.3. Teknik Pengumpulan data

Pengumpulan data adalah suatu proses pengadaan data untuk keperluan penelitian (Arikunto, 1998 ; 21). Teknik atau metode pengumpulan data adalah cara-cara yang dapat digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data, adapun teknik dan metode yang digunakan adalah :

1. Observasi, teknik ini dilakukan untuk mengumpulkan data dengan cara mengamati objek penelitian secara langsung di lapangan atau lokasi yang diteliti untuk memperoleh data yang actual.
2. Studi literature, teknik ini digunakan untuk memperoleh dasar-dasar teoritis mengenai masalah yang diteliti dengan cara mengkaji dan mengumpulkan data dari berbagai literature yang ada kaitannya dengan masalah yang diteliti.
3. Dokumentasi dan pencatatan data secara langsung dilapangan atau angket, teknik pada jalur kendaraan yang dijadikan obyek penelitian.
4. Kuesioner ini merupakan teknik pengumpulan data untuk menggali informasi dari responden yang banyak tersebar di berbagai tempat.

5. Wawancara, teknik pengumpulan dengan Tanya jawab langsung kepada aparat pemerintahan dan masyarakat sebagai sumber data primer.

Untuk mendapatkan data tentang jumlah kendaraan pada daerah yang sering terdapat kemacetan maka peneliti harus terjun langsung ke lapangan dengan menghitung jumlah kendaraan di setiap jalan yang di lalui kendaraan. Obyek yang dihitung adalah motor dan mobil, dihitung rata-rata permenit sesuai dengan kebijakan yang sudah berjalan. Adapun rumus yang dipakai dalam menghitung nilai rata-rata permenit adalah

$$\text{Nilai Rata-rata} = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Lama pengamatan}}$$

Jumlah kendaraan selama pengamatan = menentukan banyaknya kendaraan selama pengamatan berlangsung.

Lama Pengamatan = menentukan waktu pengamatan selama yang ditentukan.

Nilai rata-rata = menentukan hasil nilai rata-rata.

Berdasarkan survey dilapangan maka didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 2. Data Jumlah Kendaraan Hasil survey Selama satu Minggu Dengan Kecepatan kendaraan Rata-rata 10 Km/Jam

HARI	JENIS KENDARAAN		WAKTU
	SEPADA MOTOR	MOBIL	
	Rata-rata/Menit	Rata-rata/Menit	
Sabtu	15	30	16.00 – 17.30
Minggu	12	25	07.00 – 8.30
Senin	21	26	07.00 – 8.30
Selasa	17	22	07.00 – 8.30
Rabu	18	25	07.00 – 8.30
Kamis	17	24	07.00 – 8.30
Jumat	16	27	07.00 – 8.30

Data jumlah kendaraan selama satu minggu ini pengukuran penghitungan jumlah kendaraan yang lewat diamati dari depan lampu Traffic Light yaitu saat kendaraan melewati jalan yang terdapat tengah pertigaan atau pada variable Y



pada gambar 3. Diambil perhitungan jumlah kendaraan pada jalan A, kendaraan melewati lajur tengah sisi kanan lurus ke variable Y tanpa belok dengan mengikuti sinyal lampu traffic light 1.

**Tabel 3. Data Jumlah Kendaraan Hasil survey Selama satu Minggu Dengan Kecepatan kendaraan Rata-rata 10 Km/Jam**

HARI	JENIS KENDARAAN		WAKTU
	SEPADA MOTOR	MOBIL	
	Rata-rata/Menit	Rata-rata/Menit	
Sabtu	16	28	16.00 – 17.30
Minggu	13	27	07.00 – 8.30
Senin	14	30	07.00 – 8.30
Selasa	12	27	07.00 – 8.30
Rabu	13	24	07.00 – 8.30
Kamis	14	25	07.00 – 8.30
Jumat	16	23	07.00 – 8.30

Pada data jumlah kendaraan selama satu minggu ini pengukuran penghitungan jumlah kendaraan yang lewat diamati dari depan lampu Traffic Light yaitu saat kendaraan melewati jalan yang terdapat pertigaan atau pada variable Y pada gambar 3. Perhitungan jumlah kendaraan pada jalan B, lajur kanan dan kendaraan akan belok kanan dengan mengikuti insyarat lampu traffic light 2 menuju Variabel Y dan terus melewati jalan C

**Tabel 3. Data Jumlah Kendaraan Hasil survey Selama satu Minggu Dengan Kecepatan kendaraan Rata-rata 10 Km/Jam**

HARI	JENIS KENDARAAN		WAKTU
	SEPADA MOTOR	MOBIL	
	Rata-rata/Menit	Rata-rata/Menit	
Sabtu	15	28	16.00 – 17.30
Minggu	16	30	07.00 – 8.30
Senin	17	26	07.00 – 8.30
Selasa	13	27	07.00 – 8.30
Rabu	14	28	07.00 – 8.30
Kamis	15	25	07.00 – 8.30
Jumat	18	24	07.00 – 8.30

Data jumlah kendaraan selama satu minggu ini pengukuran penghitungan jumlah kendaraan yang lewat diamati dari depan lampu Traffic Light yaitu saat kendaraan melewati jalan yang terdapat pertigaan atau pada variable Y pada gambar 3. Perhitungan jumlah kendaraan pada jalan C sisi kanan yang belok ke arah kanan menuju variable Y atau dengan dengan mengikuti isyarat lampu traffic light 3, menuju jalan D.

### 3.3. Teknik Analisa Data.

Dalam penelitian ini, metode analisis data yang digunakan untuk mengetahui bagaimana untuk memecahkan persoalan kemacetan lalu lintas dan memberikan solusi dalam penanganannya.

Ada beberapa yang perlu disiapkan :

- a. Mengumpulkan data-data langsung dilapangan menghitung jumlah kendaraan dengan memperhatikan waktu yang sudah ditentukan sebelumnya, data tersebut selanjutnya disebut sebagai Gen.
- b. Memperhatikan kecepatan kendaraan saat bergerak pada waktu lampu



- hijau, berdasarkan pengamatan waktu bergerak rata-rata 10 km/jam.
- Memperhatikan kegiatan-kegiatan yang lain seperti orang menyeberang, parkir kendaraan dipinggir jalan hasil pengamatan waktu orang menyeberang 5 det dan parkir mobil 6 det.
  - Memperhatikan kapasitas jalan antara kedua traffic light, dimana jarak antara kedua traffic light 250 m jika dirata-rata dapat menampung sekitar 32 kendaraan mobil untuk satu jalur.
  - Menganalisa dengan menggunakan Algoritma genetic untuk mendapatkan Obyektifitas chromosome yang optimal, jumlah individu dan fitness.

#### IV. PEMBAHASAN

Berdasarkan permasalahan yang diperoleh dari penelitian maka pembahasan dapat dititik beratkan pada dua permasalahan optimalisasi yaitu optimalisasi yang terdapat variable  $Y_A$  yang merupakan traffic light pertama, optimalisasi pada variable  $Y_B$  yang merupakan traffic light kedua dan optimalisasi pada variabel  $Y_C$  yang merupakan traffict light, sebagai berikut :

##### 4.1. Optimalisasi pada variable $Y_A$

Misalkan ada persamaan :

$$a + 2b = 30$$

kita mencari nilai a dan b yang memenuhi persamaan tersebut.

Dimana variable a, b mengimplementasikan jumlah kendaraan.

- Pembentukan chromosome  
Karena yang dicari adalah a, b maka variable a, b dijadikan sebagai gen-gen pembentuk chromosome. Batasan nilai variable a, b adalah bilangan integer 0 sampai 30.
- Inisialisasi  
Proses inisialisasi dilakukan dengan cara memberikan nilai awal gen-gen dengan nilai acak sesuai batasan yang telah ditentukan.

Jumlah populasi adalah 7 antara lain :

- Chromosome [1] = [a;b] = [15;30]  
Chromosome [2] = [a;b] = [12;25]  
Chromosome [3] = [a;b] = [21;26]  
Chromosome [4] = [a;b] = [17;22]  
Chromosome [5] = [a;b] = [18;25]  
Chromosome [6] = [a;b] = [17;24]  
Chromosome [7] = [a;b] = [16;27]

- Evaluasi Chromosome  
Permasalahan yang ingin diselesaikan adalah nilai variable a, b yang memenuhi persamaan  $a + 2b = 30$   
Fungsi\_obyektif yang dapat digunakan untuk mendapatkan solusi adalah  
Fungsi\_obyektif(chromosome) =  $|(a + 2b) - 30|$   
Jadi nilai fungsi\_obyektif dari masing-masing chromosome dari sejumlah gen adalah

$$\begin{aligned} \text{Fungsi\_obyektif(chromosome[1])} &= \text{Abs}((15+2 \times 30) - 30) \\ &= \text{Abs}(15+60) - 30 \\ &= \text{Abs}(75 - 30) \\ &= 45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi\_obyektif(chromosome[2])} &= \text{Abs}((12+2 \times 25) - 30) \\ &= \text{Abs}(20+50) - 30 \\ &= \text{Abs}(70 - 30) \\ &= 40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi\_obyektif(chromosome[3])} &= \text{Abs}((21+2 \times 26) - 30) \\ &= \text{Abs}(21+52) - 30 \\ &= \text{Abs}(73 - 30) \\ &= 43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi\_obyektif(chromosome[4])} &= \text{Abs}((17+2 \times 22) - 30) \\ &= \text{Abs}(17+44) - 30 \\ &= \text{Abs}(61 - 30) \\ &= 31 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi\_obyektif(chromosome[5])} &= \text{Abs}((18+2 \times 25) - 30) \\ &= \text{Abs}(18+50) - 30 \\ &= \text{Abs}(68 - 30) \\ &= 38 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi\_obyektif(chromosome[6])} &= \text{Abs}((17+2 \times 24) - 30) \\ &= \text{Abs}(17+48) - 30 \\ &= \text{Abs}(65 - 30) \\ &= 35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi\_obyektif(chromosome[7])} &= \text{Abs}((16+2 \times 27) - 30) \\ &= \text{Abs}(16+54) - 30 \\ &= \text{Abs}(70 - 30) \end{aligned}$$



$$= 40$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi rata-rata} &= (45 + 40 + 43 + 31 + 38 + 35 + 40) / 7 \\ &= 272 / 7 \\ &= 38,9 \text{ det} \end{aligned}$$

## 4.2. Optimalisasi pada variable $Y_B$

Misalkan ada persamaan :

$$a + 2b = 30$$

kita mencari nilai a dan b yang memenuhi persamaan tersebut.

Dimana variable a, b mengimplementasikan jumlah kendaraan.

### a. Pembentukan chromosome

Karena yang dicari adalah a, b maka variable a, b dijadikan sebagai gen-gen pembentuk chromosome. Batasan nilai variable a, b adalah bilangan integer 0 sampai 30.

### b. Inisialisasi

Proses inisialisasi dilakukan dengan cara memberikan nilai awal gen-gen dengan nilai acak sesuai batasan yang telah ditentukan.

Jumlah populasi adalah 7 antara lain :

$$\text{Chromosome [1]} = [a;b] = [16;28]$$

$$\text{Chromosome [2]} = [a;b] = [13;27]$$

$$\text{Chromosome [3]} = [a;b] = [14;30]$$

$$\text{Chromosome [4]} = [a;b] = [12;27]$$

$$\text{Chromosome [5]} = [a;b] = [13;24]$$

$$\text{Chromosome [6]} = [a;b] = [14;25]$$

$$\text{Chromosome [7]} = [a;b] = [16;23]$$

### c. Evaluasi Chromosome

Permasalahan yang ingin diselesaikan adalah nilai variable a, b yang memenuhi persamaan  $a + 2b = 30$

Fungsi\_obyektif yang dapat digunakan untuk mendapatkan solusi adalah

$$\text{Fungsi_obyektif(chromosome)} = |(a + 2b) - 30|$$

Jadi nilai fungsi\_obyektif dari masing-masing chromosome dari sejumlah gen adalah

$$\begin{aligned} \text{Fungsi_obyektif(chromosome[1])} &= \text{Abs}((16+2 \times 28) - 30) \\ &= \text{Abs}(16+56) - 30 \\ &= \text{Abs}(72 - 30) \\ &= 42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi_obyektif(chromosome[2])} &= \text{Abs}((13+2 \times 27) - 30) \\ &= \text{Abs}(13+54) - 30 \\ &= \text{Abs}(67 - 30) \\ &= 37 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi_obyektif(chromosome[3])} &= \text{Abs}((14+2 \times 30)-30) \\ &= \text{Abs}(14+60) - 30 \\ &= \text{Abs}(74 - 30) \\ &= 44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi_obyektif(chromosome[4])} &= \text{Abs}((12+2 \times 27)-30) \\ &= \text{Abs}(12+54) - 30 \\ &= \text{Abs}(66 - 30) \\ &= 36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi_obyektif(chromosome[5])} &= \text{Abs}((13+2 \times 24)-30) \\ &= \text{Abs}(13+48) - 30 \\ &= \text{Abs}(61 - 30) \\ &= 31 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi_obyektif(chromosome[6])} &= \text{Abs}((14+2 \times 25)-30) \\ &= \text{Abs}(14+50) - 30 \\ &= \text{Abs}(64 - 30) \\ &= 34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi_obyektif(chromosome[7])} &= \text{Abs}((16+2 \times 23)-30) \\ &= \text{Abs}(16+46) - 30 \\ &= \text{Abs}(62 - 30) \\ &= 32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi rata-rata} &= (42 + 37 + 44 + 36 + 31 + 34 + 32) / 7 \\ &= 256 / 7 \\ &= 36,6 \text{ det} \end{aligned}$$



## 4.2. Optimalisasi pada variable $Y_C$

Misalkan ada persamaan :

$$a + 2b = 30$$

kita mencari nilai a dan b yang memenuhi persamaan tersebut.

Dimana variable a, b mengimplementasikan jumlah kendaraan.

d. Pembentukan chromosome

Karena yang dicari adalah a, b maka variable a, b dijadikan sebagai gen-gen pembentuk chromosome. Batasan nilai variable a, b adalah bilangan integer 0 sampai 30.

e. Inisialisasi

Proses inisialisasi dilakukan dengan cara memberikan nilai awal gen-gen dengan nilai acak sesuai batasan yang telah ditentukan.

Jumlah populasi adalah 7 antara lain :

$$\text{Chromosome [1]} = [a;b] = [15;28]$$

$$\text{Chromosome [2]} = [a;b] = [16;30]$$

$$\text{Chromosome [3]} = [a;b] = [17;26]$$

$$\text{Chromosome [4]} = [a;b] = [13;27]$$

$$\text{Chromosome [5]} = [a;b] = [14;28]$$

$$\text{Chromosome [6]} = [a;b] = [15;25]$$

$$\text{Chromosome [7]} = [a;b] = [18;24]$$

f. Evaluasi Chromosome

Permasalahan yang ingin diselesaikan adalah nilai variable a, b yang memenuhi persamaan  $a + 2b = 30$

Fungsi\_obyektif yang dapat digunakan untuk mendapatkan solusi adalah

$$\text{Fungsi\_obyektif(chromosome)} = |(a + 2b) - 30|$$

Jadi nilai fungsi\_obyektif dari masing-masing chromosome dari sejumlah gen adalah

$$\begin{aligned} \text{Fungsi\_obyektif(chromosome[1])} &= \text{Abs}((15+2 \times 28) - 30) \\ &= \text{Abs}(15+56) - 30 \\ &= \text{Abs}(71 - 30) \\ &= 41 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi\_obyektif(chromosome[2])} &= \text{Abs}((16+2 \times 30) - 30) \\ &= \text{Abs}(16+60) - 30 \\ &= \text{Abs}(76 - 30) \\ &= 46 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi\_obyektif(chromosome[3])} &= \text{Abs}((17+2 \times 26)-30) \\ &= \text{Abs}(17+52) - 30 \\ &= \text{Abs}(69 - 30) \\ &= 39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi\_obyektif(chromosome[4])} &= \text{Abs}((13+2 \times 27)-30) \\ &= \text{Abs}(13+54) - 30 \\ &= \text{Abs}(77 - 30) \\ &= 47 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi\_obyektif(chromosome[5])} &= \text{Abs}((14+2 \times 28)-30) \\ &= \text{Abs}(14+56) - 30 \\ &= \text{Abs}(70 - 30) \\ &= 40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi\_obyektif(chromosome[6])} &= \text{Abs}((15+2 \times 25)-30) \\ &= \text{Abs}(15+50) - 30 \\ &= \text{Abs}(65 - 30) \\ &= 45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fungsi\_obyektif(chromosome[7])} &= \text{Abs}((18+2 \times 24)-30) \\ &= \text{Abs}(18+48) - 30 \\ &= \text{Abs}(68 - 30) \\ &= 48 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi rata-rata} &= (41 + 46 + 39 + 47 + 40 + 45 + 48) / 7 \\ &= 306 / 7 \\ &= 43,7 \text{ det} \end{aligned}$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan ketiga fungsi\_obyektif diatas bahwa setelah satu generasi, nilai hasil rata-rata fungsi\_obyektif dapat ditentukan nilainya dari masing-masing arah jalan lalu lintas yaitu A, B dan C sesuai dengan lamanya waktu menyala lampu traffic light.

Untuk mendapatkan generasi yang lebih baik maka harus membandingkan nilai fungsi\_obyektif dari generasi sebelumnya atau sebelum mengalami



seleksi ke satu generasi sesudah mengalami seleksi berikutnya. Untuk membandingkan hal ini maka terdapat proses evolusi, seleksi, crossover dan mutasi. Tetapi dalam penelitian ini tidak sampai membahas tentang perbandingan antar generasi.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

1. Dari hasil perhitungan yang melibatkan AG dan Aljabar Linier, dilakukan untuk mengetahui perubahan perhitungan waktu hijau dimasing-masing kedua traffic light yaitu yang ada pada variable  $Y_A$ ,  $Y_B$ , dan  $Y_C$ , untuk menghindari kemacetan yang lebih parah.
2. Untuk mengurangi kemacetan di jalur tertentu maka pengaturan waktu sinyal lampu merupakan solusi yang tepat yaitu dengan memanfaatkan GA dan aljabar linier untuk mempermudah dalam menentukan pengaturan lampu traffic light.
3. Untuk menganalisa pengaturan sinyal lalu lintas sehingga menemukan optimasi yang tepat, dapat memanfaatkan aljabar linier dan algoritma genatika atau GA.

### 5.2. Saran

1. Bagi Dinas Perhubungan upaya mengatasi kemacetan lalu lintas khususnya pada Traffic light perlu diperhatikan konsep pengaturan jalan dan memfungsikan lampu traffic light pada titik perempatan atau pertigaan dengan perhitungan yang tepat dalam menentukan waktu sinyal lampu. Untuk menentukan pengaturan sinyal lampu ada beberapa yang perlu diperhatikan : jumlah kendaraan yang akan melewati traffic light.
2. Bagi masyarakat, perlu adanya pemahaman dan kesadaran berlalu lintas dalam mengurangi kemacetan lalu lintas khususnya pada daerah traffic light.
3. Bagi peneliti sendiri perlu dikembangkan dan diteruskan pada

masalah yang ada di daerah lain yang mempunyai problem yang sama.

## REFERENSI

- Aluntuk menentukan jumlah kendaraan yang paling optimal si Azadeh, PhD., Amin Sadeghnia, MS. Desain Optimasi system pengendalian lalu Lintas menurut Integrasi Komputer Simulasi dan Algoritma Genetik. Jurnal Departemen Teknik Industri dan Pusat Excellence untuk Eksperimental Berbasis Cerdas Mekanika, Collage Teknik, Universitas Teheran. PO Box 11365 – 4563, Iran.
- Arikunto, Suharsimi. 1998. Procedure Penelitian Suatu Pendekatan Praktek. Jakarta : PT. Rineka Cipta.
- Chiara colombaroni, Gaitano Fusco, Andrea Gemma. Optimalisa Sinyal Lalu Lintas di arteri Perkotaan Melalui Peleton Berbasis Simulasi Model. Departemen Hydraulics, transportasi dan jalan Sapienza university of Roma.
- Durand , N., J.B. Gotteland, 2006. Genetic Algorithms Applied to Air tranfic Managenent. Part III Springer Berlin Heildelberg.
- Gen and Cheng, 1996, *Genetic Algorithms & Engineering Desingn*, John Wiley & Son, Inc.
- Goldberg, David E., 1989, Genetic Algorithms in search, optimization and machine learning, Addison Wesley.
- Gustaf Janssan, Traffic Control with Standard Genetic Algorithm A Simulated Optimization Control of a Traffic Intersection. Jurnal. Departement of Applied Information Technology, Chalmers University Of Technology, Gothenburg, Sweeden, 2010.
- Heydar Toossian Shandiz, Mohsen Khosravi and Mahsa Doaee :Intelligent Transport System Based on Genetic Algorithm Electrical Engineering Faculty, Shahrood University of Technology, Th Tir Square, P.O. Box: 36155-316, Shahrood, Iran.
- Jannis Rohde, Bernhard Friedrich : TRAFFIC FLOW MODELING AND OFFSET OPTIMIZATION IN URBAN ROAD NETWORKS WITH AN ENHANCED





- CELL TRANSMISSION MODEL AND GA. Institute of Transportation and Urban Engineering, Technische Universität Carolo-Wilhelmina Braunschweig, Germany
- Leena Singh, Sudhanshu Tripathi, Himakshi Arora. Time Optimization for Traffic Signal Control Using Genetic Algorithm. Amity School of Engg. & Tech., Lecturer in Computer Sc. & Engg. deptt., New Delhi, India.
- Miro, Fidel (1997) , Sistem transportasi Kota. Bandung, Tarsito
- Muzhir Shaban Al-Ani1 and Khattab Alheeti . INTELLIGENT TRAFFIC LIGHT CONTROL SYSTEM BASED IMAGE INTENSITY MEASUREMENT AL-Anbar University- College of Computer Science – Iraq
- Prof. S.P. Karmore. A Design Approach for Traffic Volume Monitoring and Intelligent Signal Control system Department of computer science and engineering G. H. Raisoni College of Engineering Nagpur, India E-mail: [swapravin@gmail.com](mailto:swapravin@gmail.com)
- Sungkawa, Dadang (2003), Kemacetan lalu Lintas di Kota Bandung. Jurnal Geografi GEA.
- Sinem Senturk, Prof. Nizamettin Aydin. 2009. Applied Genetic Algorithms Approach to Curve Fitting Problems, Bahcesehir Universitesi Istanbul.
- Tamin, Ofyar. Z. (2000). Perencanaan dan pemodelan Transportasi. Bandung. ITB.
- T. Sutojo, Edy Mulyanto, Dr. Vincent Suhartono. Kecerdasan Buatan. Andi Offset Yogyakarta, 2011.
- Zheng, Yingsong., Kiyooka, Sumio. (1999),” Genetic Algorithm Applications : Assigment #2 for Dr. Z. Dong”.
- Zakir H. Ahmed, Genetic Algorithm for the Traveling Salesmen Problem using Squential Constructive Crossover Operator. Jurnal. Department of Computer Science, Al-Iman Muhammad Ibn Saud Islamic university P.O. Box No. 5701, Riyadh-11432, King dom of Saudi Arabia.
- Yin Shengchao. Multi-Objective Reinforcement Learning For Traffic Signal Coordinate Control. Department of Automation, Tsinghua University