



PEMODELAN SISTEM KONTROL TRAFIC LIGHT BERDASARKAN KEPADATAN KENDARAAN DENGAN TEKNIK EDGE BASE DETECTION DAN FUZZY LOGIC

Oleh :

Budi Sutomo¹, Ridwan Yusuf²

Dosen STMik Dharma Wacana Metro Lampung^{1,2}

Email: lp3m@stmikdharmawacana.ac.id website: <http://ojs.stmikdharmawacana.ac.id>

ABSTRACT

The main problem is the problem of urban congestion caused by increasingly height number of private vehicles . In general, traffic control has been using traffic lights regulator . Use of Traffic Light has the disadvantage of setting the vehicle is not based on the real-time condition of the number of cars but by time . Utilization of digital image processing technology can be applied to the traffic light system is to detect the number of vehicles on each side of the road . The detection number of vehicles using edge detection is a way to detect the density of vehicles . This method is an object filtering method to retrieve information about the edges of objects in the form of binary data. While to produce a long time to be provided on each side of the traffic light then use fuzzy logic to the Min-Max method, as a parameter which is based on a comparison of solid vehicle of each side of the road. The results obtained, namely the amount of time lights of traffic light at each segment based intensiveness of vehicles, the solid vehicle, the green light lit up time is getting longer.

Keywords : *Digital image processing, edge detection, fuzzy logic, real-time, traffic light.*

ABSTRAK

Permasalahan utama di perkotaan adalah permasalahan kemacetan yang disebabkan oleh semakin tingginya jumlah kendaraan pribadi. Secara umum pengendalian lalu-lintas selama ini menggunakan pengatur lampu lalu-lintas (Trafic Light). Penggunaan Trafic Light memiliki kelemahan yaitu pengaturan kendaraan tidak berdasarkan kondisi real-time dari jumlah kendaraan tetapi berdasarkan waktu.

Pemafaatan teknologi pengolahan citra digital dapat diterapkan pada sistem traffic light yaitu dengan mendeteksi jumlah kendaraan dari setiap sisi jalan. Pendeteksian jumlah kendaraan menggunakan metode deteksi tepi (edge detection) merupakan cara untuk mendeteksi kepadatan kendaraan. Metode ini merupakan metode pemfilteran objek untuk mengambil informasi bagian tepi objek berupa data biner. Sedangkan untuk menghasilkan lama waktu yang akan diberikan pada setiap sisi traffic light maka digunakan logika Fuzzy dengan metode Min-Max, sebagai parameter yaitu berdasarkan perbandingan padat kendaran dari setiap sisi jalan.

Hasil yang didapatkan yaitu jumlah waktu nyala lampu traffic light pada tiap-tiap ruas berdasarkan kepadatan kendaran, semakin padat kendaraan , maka waktu menyala lampu hijau semakin lama.

Kata Kunci: *Pengolahan citra digital, Edge detection, Logika Fuzz, real-time, traffic light.*



1. Pendahuluan

Lampu lalu lintas adalah faktor penting dalam pengaturan transportasi jalan raya. Semakin berkembangnya zaman makin ramai pula jumlah kendaraan yang melintas. Masalah yang akan timbul adalah ketidakteraturan lalu lintas serta kemacetan, terutama pada jalan sibuk dan padat. Bahkan, mungkin pula terjadi di daerah lampu lalu lintas (*traffic light*) sebagai pengatur jalan. Pengaturan *traffic light* yang baik adalah yang mampu mengetahui kondisi pada saat itu.

Menurut Irawanto (2010), Sistem pengaturan yang digunakan saat ini adalah dengan menentukan terlebih dahulu siklus waktunya (*preset cycle time*). Misalnya, nyala lampu merah dan hijau akan berganti setiap 100 detik. Durasi yang didapat dari sistem ini dirasa punya kelemahan, yaitu mengabaikan keadaan jalan yang diaturnya. Dengan begitu, bisa saja selama durasi nyala lampu hijau, jarang kendaraan yang melintas. Sementara lalu-lintas lain yang sedang mendapat lampu merah, kendaraan amat padat, dan harus menunggu giliran lampu hijau yang masih mengatur "jalan kosong". Hal seperti inilah yang membuat tujuan keberadaan *traffic light* sebagai pengatur jalan dirasa menjadi kurang maksimal. Alternatif solusi yang mungkin dilakukan adalah dengan menggunakan penggunaan aturan logika *fuzzy* pada sistem pengaturan *traffic light*. Perencanaan sistem pengaturan *traffic light* baru yang berbasis logika *fuzzy* ini digunakan dengan menerapkan metode Min-max pada sistem inferensinya, sedangkan untuk mendeteksi objek berupa kendaraan, menggunakan kamera dengan mengambil gambar dari setiap ruas jalan yang akan dipantau. Gambar yang akan diambil akan diproses dengan metode deteksi tepi (*edge detection*) dengan operator Sobel.

Dengan pengaturan *traffic light* berbasis logika *fuzzy* dapat diketahui kondisi dari tiap-tiap jalan yang memungkinkan pemberian layanan lampu yang berubah sesuai dengan keadaan dan kebutuhan dari tiap jalan berdasarkan konsep sistem inferensi Fuzzy

2. Metode Penelitian

2.1 Perancangan Model

Untuk merancang model traffic Light pada penelitian, maka diperlukan beberapa tahap sebagai berikut :

1. Pengambilan citra (Image);
2. Konversi Citra berwarna RGB ke citra keabuan (Gray scale);
3. Pendeteksian tepi pada citra dengan operator Sobel;
4. Menghitung jumlah pixel putih pada citra biner yang dihasilkan;

Proses penentuan jumlah waktu tunda pada traffic light dengan Logika Fuzzy

2.2 Pengambilan citra

Akuisisi citra adalah tahap awal untuk mendapatkan citra digital. Tujuan akuisisi citra adalah untuk menentukan data yang diperlukan dan memilih metode perekaman citra digital. Tahap ini dimulai dari objek yang akan diambil gambarnya, persiapan alat-alat sampai pada pencitraan. Pencitraan adalah kegiatan transformasi dari citra tampak (foto, gambar, lukisan, patung, pemandangan dan lain-lain) menjadi citra digital. Sedangkan alat yang digunakan untuk pengambilan citra adalah sebuah kamera

2.3 Konversi RGB ke Grayscale

Proses konversi Citra RGB ke citra keabuan adalah proses mengkonversi citra berwarna yang memiliki tiga warna dalam satu pixel diubah menjadi satu warna keabuan dengan tingkat



keabuan 8 bit. Hal ini diperlukan karena informasi yang digunakan bukanlah warna, melainkan Objek yang akan diproses

2.4 Pendeteksian Tepi

Tepi adalah perubahan intensitas derajat keabuan yang mendadak (besar) dalam jarak yang singkat. Perbedaan intensitas inilah yang menampakkan rincian pada gambar. Tepi biasanya terdapat pada batas antara dua daerah berbeda pada suatu citra. Tujuan operasi pendeteksian tepi adalah untuk meningkatkan penampakan garis batas suatu daerah atau objek di dalam citra. Operator yang digunakan pada deteksi tepi pada citra adalah Sobel

2.5 Mengambil Informasi Jumlah Pixel Putih

Pengambilan informasi dari citra yang sudah dalam bentuk biner diambil untuk memberikan nilai pada domain pada himpunan fuzzy. Informasi yang diambil yaitu jumlah titik-titik berwarna putih atau yang memiliki nilai biner berlogika "1" (satu)

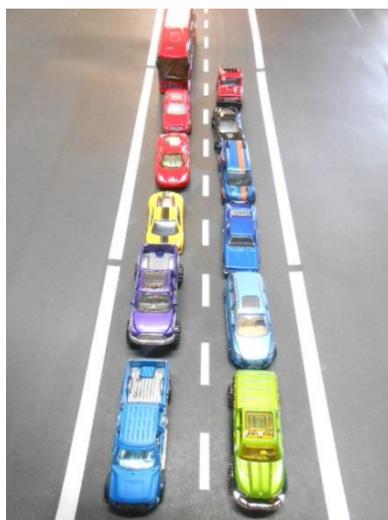
2.6 Penentuan Waktu Tunda Traffic Light dengan Logika Fuzzy

Waktu tunda traffic light dibentuk oleh proses logika Fuzzy. Metode yang digunakan pada Logika Fuzzy yaitu Mamdani. Pada proses ini informasi kendaraan yaitu berupa jumlah pixel yang digunakan sebagai data input pada himpunan Fuzzy, sedangkan data outputnya berupa waktu tunda didefinisikan sendiri karena tidak ada aturan untuk hal ini

3. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan Data Gambar

Untuk mengambil data gambar pada replika jalan dan replika kendaraan, menggunakan kamera digital dan diarahkan dengan sudut 45 derajat ke arah objek. Pada posisi ini memungkinkan gambar yang dihasilkan dapat mencakup keseluruhan objek yang diinginkan sebagai data, yang ditunjukkan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Hasil gambar dengan posisi kamera 45 derajat

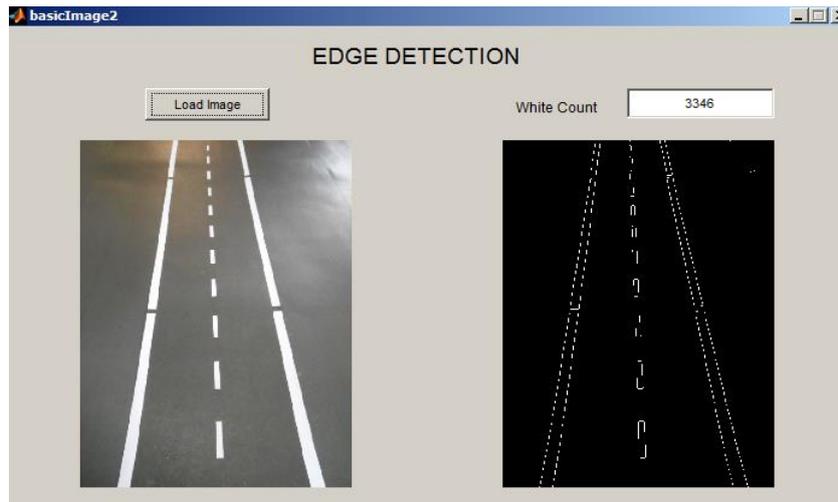
Hasil Pedeteksian Kendaraan



Pada percobaan berikut ini merupakan hasil pendeteksian kendaraan berdasarkan banyaknya kendaraan dengan deteksi tepi metode sobel pada citra yang ditangkap, dan menghitung jumlah titik berwarna putih yang merupakan representasi nilai biner "1" (satu)

a. Kondisi jalan tanpa kendaraan

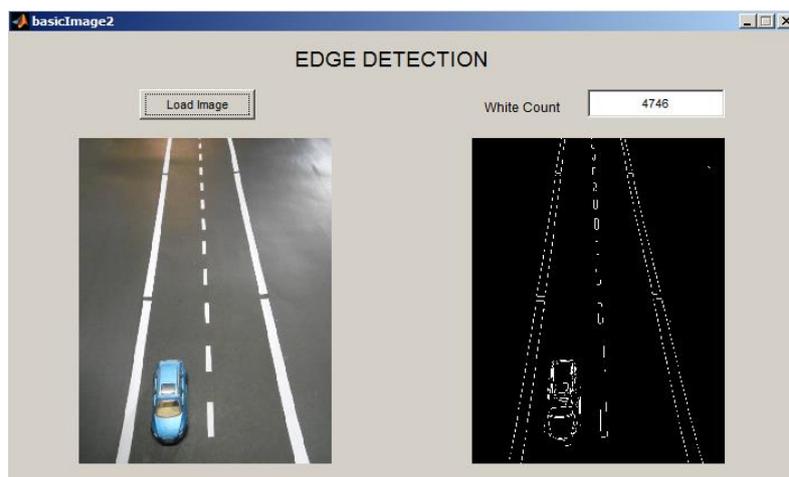
Pada kondisi ini jalan tidak diisi dengan kendaraan ditunjukkan pada gambar 3.2 terlihat bahwa jumlah warna putih yaitu berjumlah 3346



Gambar 4.2 Jalan Tanpa Kendaraan

b. Kondisi dengan 1 (satu) kendaraan

Pada kondisi ini kendaraan dibuat dengan meletakkan 1 (satu) kendaraan di atas jalan, ditunjukkan pada gambar 3.3 terlihat bahwa piksel berwarna putih yaitu berjumlah 4746

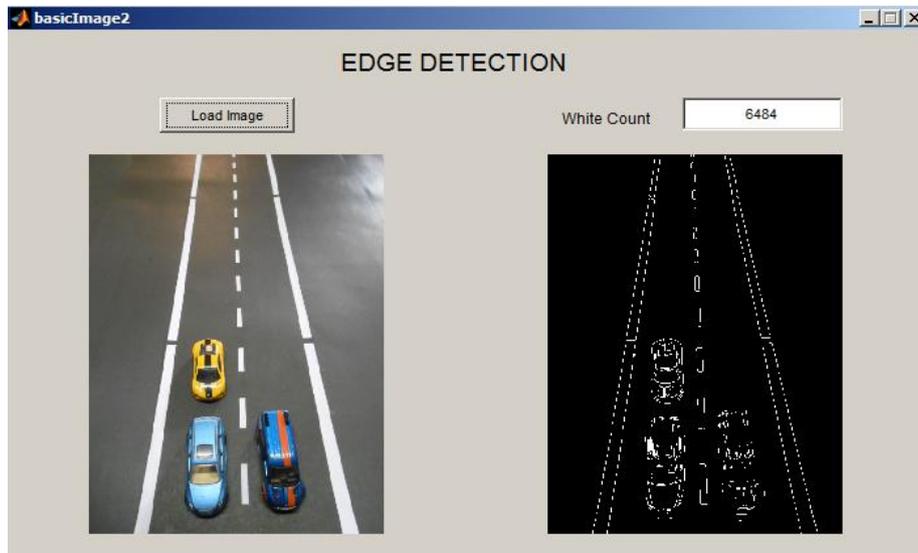


Gambar 3.3 Jalan dengan satu kendaraan

c. Kondisi dengan tiga (3) kendaraan



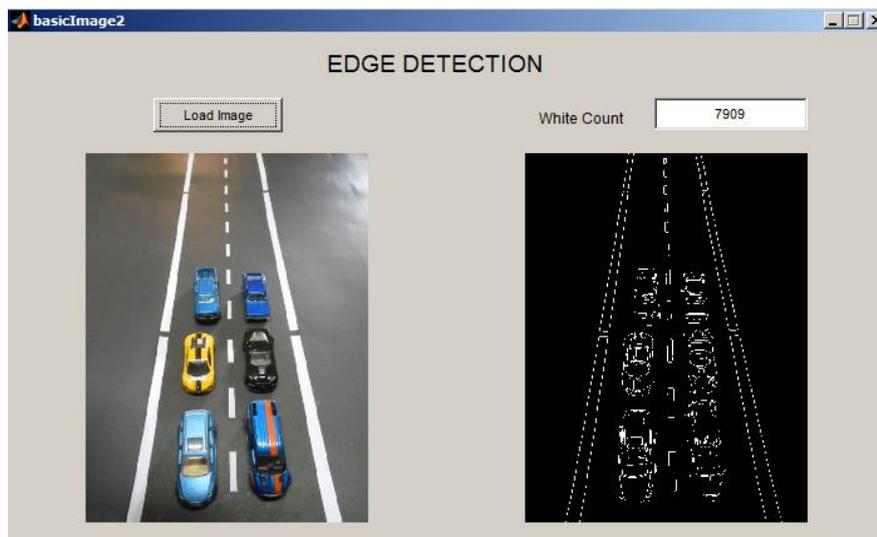
Pada kondisi ini kendaraan dibuat dengan melatakan 3 (tiga) kendaraan di atas jalan, ditunjukkan pada gambar 4.4 terlihat bahwa piksel berwarna putih yaitu berjumlah 6484



Gambar 3.4 Jalan dengan tiga kendaraan

Kondisi dengan 6 (enam) kendaraan

Pada kondisi ini kendaraan dibuat dengan melatakan 6 (enam) kendaraan di atas jalan, ditunjukkan pada gambar 3.5 terlihat bahwa piksel berwarna putih yaitu berjumlah 7909

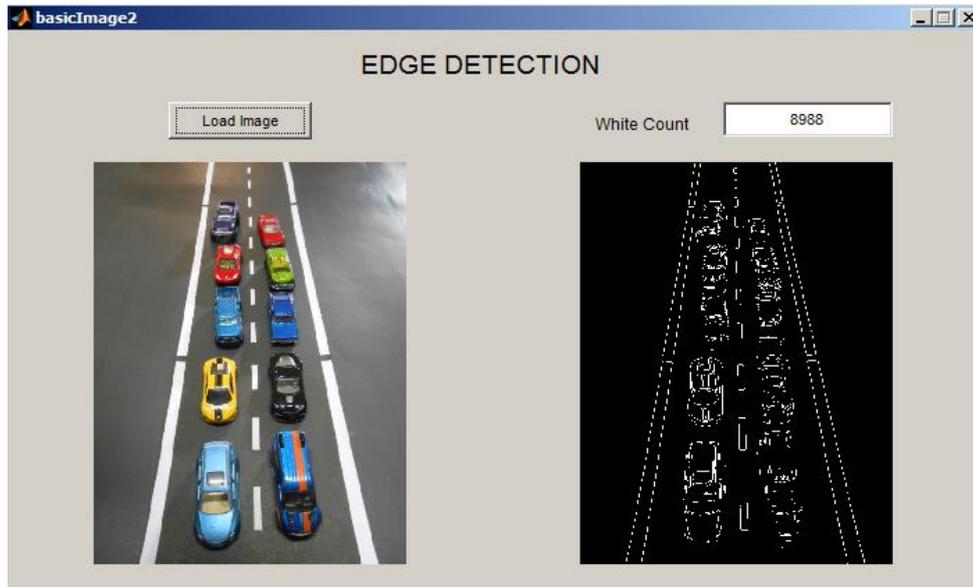


Gambar 4.5 Jalan dengan enam kendaraan

Kondisi dengan 10 (sepuluh) kendaraan



Pada kondisi ini kendaraan dibuat dengan melatakkkan 10 (sepuluh) kendaraan di atas jalan, ditunjukkan pada gambar 4.6 terlihat bahwa piksel berwarna putih yaitu berjumlah 8988



Gambar 3.6 Jalan dengan 10 kendaraan

Berdasarkan hasil percobaan menggunakan deteksi tepi sobel pada gambar 3.2 sampai dengan gambar 3.6, maka didapatkan hasil pada tabel 3.1

Tabel 4.1 Data perbandingan jumlah kendaraan

| <i>Gambar</i> | <i>Jumlah Kendaraan</i> | <i>Jumlah data titik putih</i> |
|---------------|-------------------------|--------------------------------|
| 4.3 | 0 | 3346 |
| 4.4 | 1 | 4746 |
| 4.5 | 3 | 6484 |
| 4.6 | 6 | 7909 |
| 4.7 | 10 | 8988 |

Terlihat pada tabel 4.1 bahwa angka-angka tersebut muncul karena semakin banyak piksel putih yang muncul. Jumlah piksel yang muncul merupakan rata-rata untuk setiap kendaraan yang terdeteksi dan bukan nilai yang tetap dan memiliki toleransi sesuai dengan kondisi pencahayaan



4. Deteksi Tepi Pada Citra dengan Operator Sobel

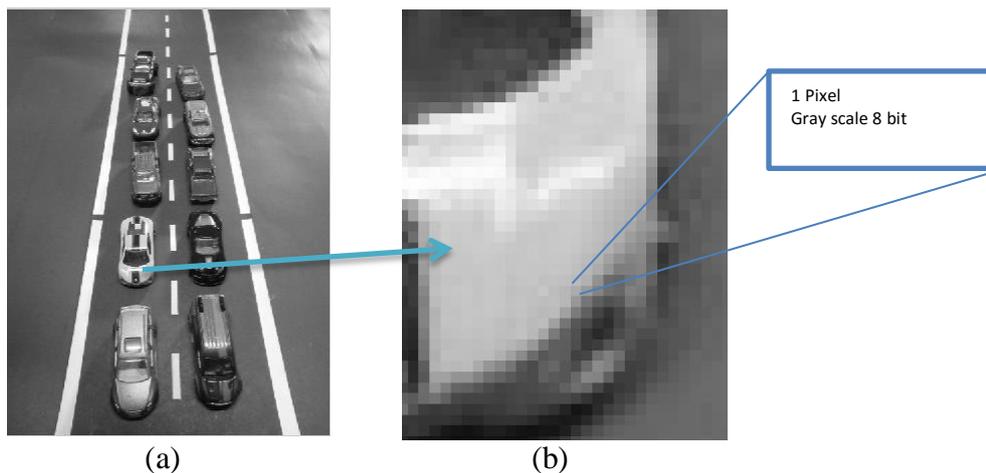
Pengambilan Objek Berwarna

Citra yang diambil dari objek menggunakan kamera digital menghasilkan citra berwarna pada setiap piksel-nya, dimana komposisi data warnanya adalah merah / Red, Hijau / Green, dan biru / Blue atau disingkat RGB. Setiap komponen warna memiliki lebar data 8 bit sehingga keseluruhan data berwarna / RGB pada satu *piksel*-nya adalah $3 \times 8 \text{ bit} = 24 \text{ bit}$

Konversi Citra RGB ke Grayscale

Gambar berwarna ini diubah menjadi diubah menjadi skala keabuan (grayscale) yang memiliki kedalaman data 8 bit atau 256 skala. Untuk mengubah citra berwarna yang mempunyai nilai matriks masing-masing R, G, dan B menjadi citra grayscale dengan nilai X, maka konversi dapat dilakukan dengan mengambil rata-rata dari nilai R, G, dan B. Persamaan (1) merupakan persamaan untuk merepresentasikan hal tersebut

$$X = \frac{R+G+B}{3} \quad (1)$$



Gambar 4.1 (a) Objek dengan skala keabuan (gray Scale).
(b) Objek dilihat secara detail

Deteksi Tepi dengan Operator Sobel

Operator Sobel sensitif terhadap tepian diagonal daripada tepian vertikal dan horisontal, sehingga operator Sobel harus diterapkan secara terpisah untuk mendapatkan gradien horisontal dan gradien vertikalnya. Operator Sobel diberikan oleh Persamaan (1). Untuk mencari gradien gabungan dari operator Sobel digunakan Persamaan (2)

$$Sv = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} Sh = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$S = \sqrt{(Sv)^2 + (Sh)^2} \quad (2)$$



Dengan

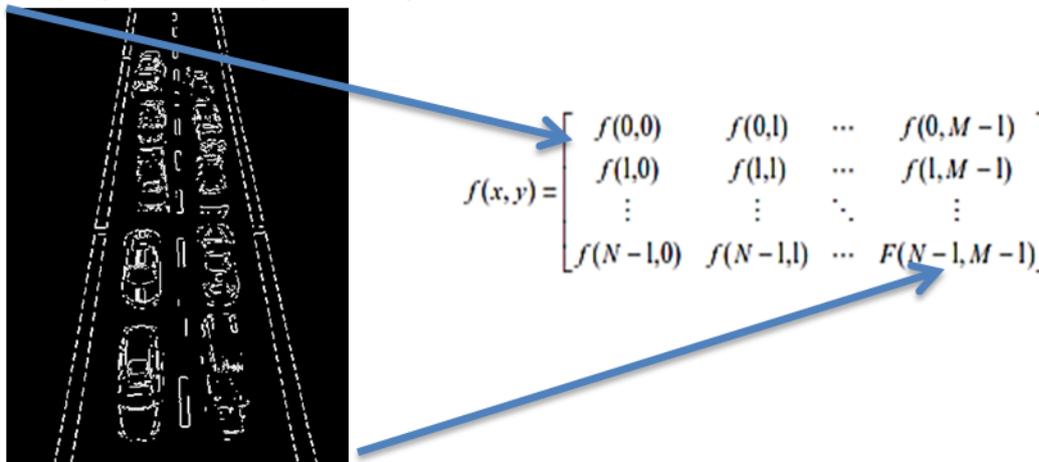
Sv = matriks operator Sobel vertikal

Sh = matriks operator Sobel horisontal

S = gradien gabungan dari operator Sobel vertikal dengan Sobel horisontal

Penghitungan piksel berlogika “1”

Citra yang dihasilkan dari deteksi tepi adalah citra biner, sehingga jumlah data dari citra biner tersebut dapat diambil dari titik $f(0,0)$ sampai titik $f(N-1,M-1)$ dengan menghitung piksel berwarna putih atau citra yang memiliki logika “1” (High)



Gambar 4.2 Hasil dari deteksi tepi dengan Operator Sobel

Fuzzifikasi

Tabel 4.2 Data hasil deteksi Tepi dari objek kendaraan

| Jalan | Jumlah titik dari hasil deteksi tepi |
|-------|--------------------------------------|
| 1 | 4746 |
| 2 | 7435 |
| 3 | 8988 |
| 4 | 10024 |

Dicari himpunan keanggotaan untuk JKD dan JKS adalah sebagai berikut :

- Himpunan jalan 1 adalah JKD :

$$\mu_{TP}[4746] = \frac{(6000 - 4746)}{6000 - 4500} = \frac{1254}{1500} = 0,84$$

$$\mu_N[4746] = \frac{(4746 - 4500)}{6000 - 4500} = \frac{246}{1500} = 0,16$$

$$\mu_P[4746] = 0$$

$$\mu_{SP}[4746] = 0$$

- Himpunan jalan 2 adalah JKS :

$$\mu_{TP}[7435] = 0$$



$$\begin{aligned} \mu_N[7435] &= \frac{(7500 - 7435)}{7500 - 6000} = \frac{65}{1500} = 0,04 \\ \mu_P[7435] &= \frac{(7435 - 6000)}{7500 - 6000} = \frac{1435}{1500} = 0,96 \\ \mu_{SP}[7435] &= 0 \end{aligned}$$

Evaluasi kaidah

Berdasarkan rule yang sudah dibuat sebelumnya maka menentukan nilai min dari keanggotaan JKD dan JKS untuk jalan 1 terhadap jalan 2, jalan 2 terhadap jalan 3, Jalan 3 terhadap jalan 4, dan jalan 4 terhadap jalan 1:

Inferensi

Kaidah yang not fire (α –predikat =0) makat tidak ada daerah hasil implikasi. Maka tidak ada daerah implikasi. Berikut adalah Aplikasi fungsi implikasi pada penentuan durasi lampu pada masing-masing jalan

1. Jalan 1

Kaidah Fire pada jalan 1 yaitu pada rule 2, 3, 6,dan 7 dengan $\alpha = 0,04; 0,84; 0,04;$ dan 0,16.

Rule 2 : saat $\mu_C[DL] = 0,04$. Sesuai keanggotaanya, maka dapat ditentukan nilai DL adalah :

$$0,04 = \frac{20 - DL}{20 - 10}$$

$$DL = 20 - (10 * 0,04) = 19,6$$

Sehingga $\mu_C R2$

$$DL = \begin{cases} 0,04 & DL \leq 19,6 \\ \frac{(20 - DL)}{20 - 10} & \rightarrow 19,6 \leq DL \leq 20 \\ 0 & DL \geq 20 \end{cases}$$

Rule 3 : saat $\mu_C [DL] = 0,84$. Sesuai keanggotaanya, maka dapat ditentukan nilai DL adalah :

$$0,84 = \frac{20 - DL}{20 - 10}$$

$$DL = 20 - (10 * 0,84) = 11,6$$



Sehingga $\mu C R3$

$$DL = \begin{cases} 0,84 DL \leq 11,6 \\ \frac{(20 - DL)}{20 - 10} \rightarrow 11,6 \leq DL \leq 20 \\ 0 DL \geq 20 \end{cases}$$

Rule 6 : saat $\mu SD [DL] = 0,04$. Sesuai keanggotaanya, maka dapat ditentukan nilai DL adalah :

$$0,04 = \frac{DL - 14}{32 - 14}$$

$$DL = (18 * 0,04) + 14 = 14,72$$

$$0,04 = \frac{50 - DL}{50 - 32}$$

$$DL = 50 - (18 * 0,04) = 49,28$$

Sehingga $\mu SD R6$

$$DL = \begin{cases} 0 & DL \leq 14 \text{ OR } DL \geq 50 \\ \frac{(DL - 14)}{32 - 14} \rightarrow 14,72 \leq DL \leq 32 \\ \frac{(50 - DL)}{50 - 32} \rightarrow 49,28 \leq DL \leq 50 \end{cases}$$

Rule 7 : saat $\mu SD [DL] = 0,16$. Sesuai keanggotaanya, maka dapat ditentukan nilai DL adalah :

$$0,16 = \frac{DL - 14}{32 - 14}$$

$$DL = (18 * 0,16) + 14 = 16,88$$

$$0,16 = \frac{50 - DL}{50 - 32}$$

$$DL = 50 - (18 * 0,16) = 47,12$$

Sehingga $\mu SD R7$



$$DL = \begin{cases} 0 & DL \leq 14 \text{ OR } DL \geq 50 \\ \frac{(DL - 14)}{32 - 14} \rightarrow 16,88 \leq DL \leq 32 \\ \frac{(50 - DL)}{50 - 32} \rightarrow 47,12 \leq DL \leq 50 \end{cases}$$

2. Jalan 3

Kaidah Fire pada jalan 3 yaitu pada rule 12, dan 16 dengan $\alpha = 0,02$; dan $0,99$.

Rule 12 : saat $\mu SD[DL] = 0,02$. Sesuai keanggotaanya, maka dapat ditentukan nilai DL adalah :

nilai DL adalah :

$$0,02 = \frac{DL - 14}{32 - 14}$$

$$DL = (18 * 0,02) + 14 = 14,36$$

$$0,02 = \frac{50 - DL}{50 - 32}$$

$$DL = 50 - (18 * 0,02) = 49,64$$

Sehingga $\mu SD R12$

$$DL = \begin{cases} 0 & DL \leq 14 \text{ OR } DL \geq 50 \\ \frac{(DL - 14)}{32 - 14} \rightarrow 14,36 \leq DL \leq 32 \\ \frac{(50 - DL)}{50 - 32} \rightarrow 49,64 \leq DL \leq 50 \end{cases}$$

Rule 16 : saat $\mu SD[DL] = 0,99$. Sesuai keanggotaanya, maka dapat ditentukan nilai DL adalah :

nilai DL adalah :

$$0,99 = \frac{DL - 14}{32 - 14}$$

$$DL = (18 * 0,99) + 14 = 31,82$$



$$0,99 = \frac{50 - DL}{50 - 32}$$

$$DL = 50 - (18 * 0,99) = 32,18$$

Sehingga $\mu_{SD} R16$

$$DL = \begin{cases} 0 & DL \leq 14 \text{ OR } DL \geq 50 \\ \frac{(DL - 14)}{32 - 14} & \rightarrow 31,82 \leq DL \leq 32 \\ \frac{(50 - DL)}{50 - 32} & \rightarrow 32,18 \leq DL \leq 50 \end{cases}$$

3. Jalan 4

Kaidah Fire pada jalan 4 yaitu pada rule 13, dan 14 dengan $\alpha = 0,84$; dan $0,16$.

Rule 13 : saat $\mu_L[DL] = 0,84$. Sesuai keanggotaanya, maka dapat ditentukan nilai DL adalah :

$$0,84 = \frac{DL - 74}{87 - 74}$$

$$DL = (13 * 0,84) + 74 = 84,92$$

Sehingga $\mu_L R13$

$$DL = \begin{cases} 1 & \begin{cases} 0,84 DL \leq 84,92 \\ \frac{(DL - 87)}{87 - 74} & \rightarrow 84,92 \leq DL \leq 87 \end{cases} \\ 0 & \begin{cases} DL \geq 100 \end{cases} \end{cases}$$

Rule 14 : saat $\mu_{AL}[DL] = 0,16$. Sesuai keanggotaanya, maka dapat ditentukan nilai DL adalah :

nilai DL adalah :

$$0,16 = \frac{DL - 40}{60 - 40}$$

$$DL = (20 * 0,16) + 40 = 43,2$$



$$0,16 = \frac{80 - DL}{80 - 60}$$

$$DL = 80 - (20 * 0,16) = 76,8$$

Sehingga $\mu_{AL R14}$

$$DL = \begin{cases} 0 & DL \leq 40 \text{ OR } DL \geq 80 \\ \frac{(DL - 40)}{60 - 40} & \rightarrow 43,2 \leq DL \leq 60 \\ \frac{(80 - DL)}{80 - 60} & \rightarrow 76,8 \leq DL \leq 80 \end{cases}$$

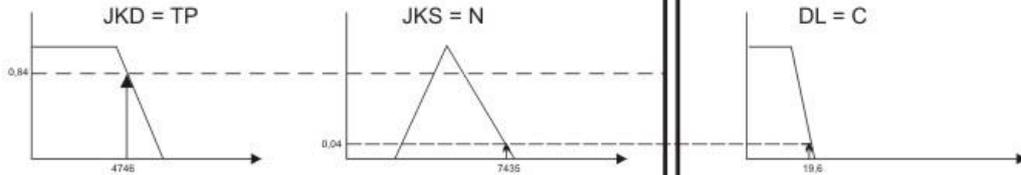
Komposisi output Fuzzy

Sesuai sistem inferensi Min-max, dilakukan komposisi dengan metode Max untuk mendapatkan sebuah himpunan fuzzy tunggal dari tiap output variabel. Solusi diperoleh dengan mengambil nilai maksimum kaidah, kemudian digunakan untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasikan pada output dengan operator OR. Sesuai dengan rule yang telah dievaluasi maka daerah solusi fuzzy

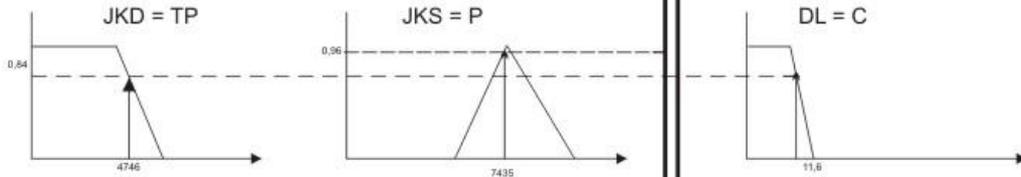


Inferensi
Aplikasi fs implikasi min

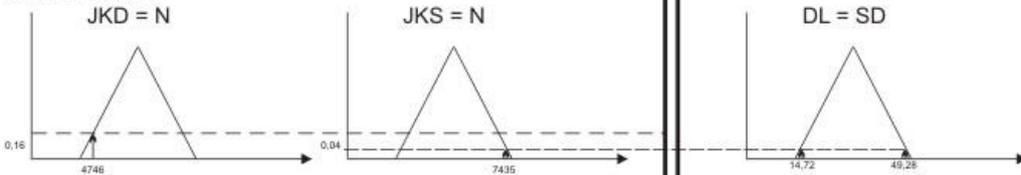
RULE 2 JALAN 1



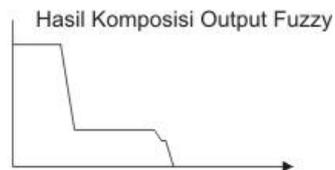
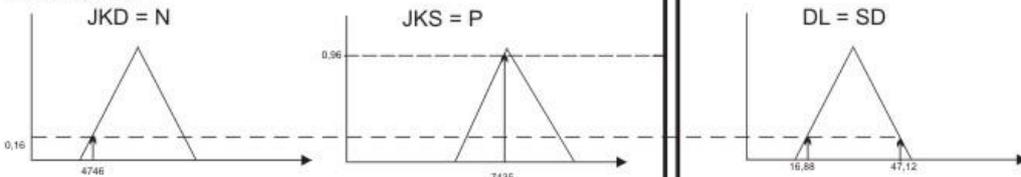
RULE 3 JALAN 1



RULE 6 JALAN 1



RULE 7 JALAN 1



Gambar 4.4 Digram proses inferensi dan komposisi fuzzy pada jalan 1
Pada gambar 4.4 dapat diperoleh hasil daerah solusi untuk jalan 1, terjadi perpotongan antara rule 2, 3, dan 6

Defuzzyfikasi

Proses defuzzyfikasi bertujuan untuk mengubah solusi himpunan fuzzy tunggal menjadi suatu output crisp yang menyatakan durasi nyala lampu hijau. Metode yang digunakan untuk menghasilkan suatu bilangan dalam domain himpunan fuzzy adalah dengan Center of Gravity (COG) atau lebih dikenal Centroid. Persamaan yang digunakan dirumuskan sebagai berikut

$$\mu[z] = \frac{\int_b^a \mu(z)zdz}{\int_b^a \mu(z)dz}$$

Sehingga daerah solusi fuzzy untuk durasi lampu hijau sebagai berikut

- a. pada simpangan jalan 1(satu) adalah :



$$[DL] = \frac{\int_0^{11,6} 0,84 \, dz + \int_{11,6}^{17,86} \frac{(20 - DL)}{10} \, dz + \int_{17,86}^{19,6} \frac{(DL - 14)}{18} \, dz + \int_{19,6}^{49,28} 0,04 \, dz}{\int_0^{11,6} 0,84 \, dz + \int_{11,6}^{17,86} \frac{(20 - DL)}{10} \, dz + \int_{17,86}^{19,6} \frac{(DL - 14)}{18} \, dz + \int_{19,6}^{49,28} 0,04 \, dz}$$

$$[DL] = \frac{2854,15}{195,18} = 14,62 \text{ detik}$$

a. Pada jalan 2 (dua) adalah sebagai berikut

$$[DL] = \frac{\int_0^{19,6} 0,01 \, dz + \int_{19,6}^{49,82} 0,04 \, dz}{\int_0^{19,6} 0,01 \, dz + \int_{19,6}^{49,82} 0,04 \, dz}$$

$$[DL] = \frac{43,8}{1,4}$$

$$[DL] = 31,1 \text{ detik}$$

b. Pada jalan 3 (tiga) adalah sebagai berikut:

$$[DL] = \frac{\int_{14,36}^{49,64} 0,01 \, dz}{\int_{14,36}^{49,64} 0,01 \, dz}$$

$$[DL] = \frac{11,28}{0,35}$$

$$[DL] = 32 \text{ detik}$$

c. Pada simpangan jalan 4(empat) adalah :

$$[DL] = \frac{\int_0^{43,2} 0,84 \, dz + \int_{43,2}^{79,8} \frac{(80 - DL)}{20} \, dz + \int_{79,8}^{84,24} \frac{(DL - 87)}{13} \, dz + \int_{84,24}^{100} 0,16 \, dz}{\int_0^{43,2} 0,84 \, dz + \int_{43,2}^{79,8} \frac{(80 - DL)}{20} \, dz + \int_{79,8}^{84,24} \frac{(DL - 14)}{13} \, dz + \int_{84,24}^{100} 0,16 \, dz}$$

$$[DL] = \frac{583911,002}{9038,87} = 64,6 \text{ detik}$$

Dari hasil perhitungan matematis metode minmax didapatkan hasil *output* sebagai berikut:

- Jalan 1 adalah 14,62 detik
- Jalan 2 adalah 31,1 detik
- Jalan 3 adalah 32 detik
- Jalan 4 adalah 64,6 detik



Hasil *output centroid* tersebut merupakan titik pusat yang menjadi dasar pengambilan keputusan pengaturan sistem *Traffic light*

5. Kesimpulan

1. Metode deteksi tepi yang diterapkan pada suatu citra adalah suatu proses yang menghasilkan tepi-tepi dari obyek-obyek citra.
2. Citra yang dihasilkan metode deteksi tepi ini juga menghasilkan sebuah citra biner, sehingga titik-titik berwarna putih dapat dihitung untuk menentukan banyaknya kendaraan yang berada di atas jalan.
3. Sistem inferensi fuzzy metode Min-max dapat memberikan hasil efektif dan efisien sebagai solusi sistem pengaturan yang baru pada *Traffic Light* dan sistem mampu bekerja sesuai dengan keadaan jalan pada jalur yang sedang diaturnya saat itu.

Saran

ini penulis menyarankan pendeteksian kendaraan ditingkatkan lagi dengan menggunakan metode peenghitung jumlah kendaraan berdasarkan bentuk kendaraan sehingga didapatkan keakuratan jumlah kendaraan pada suatu jalan

DAFTAR PUSTAKA

Alasdair McAndrew. “*An Introduction to Digital Image Processing with Matlab*”. Victoria University of Technology. School of Computer Science and Mathematics.

T Sutejo, Edi Mulyanto, Vincent Suhartono. “*Kecerdasan Buatan*”. Penerbit Andi Yogyakarta 2011.

Darma Putra. “*Pengolahan Citra Digital*”. Penerbit Andi Yogyakarta 2010.

Eko Prasetyo. “*Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya dengan Matlab*”. Penerbit Andi Yogyakarta 2011.

T.Sutojo, Edy Mulyanto, Vincent Suhartono, “*Kecerdasan Buatan*”. Penerbit Andi Yogyakarta 2011.

Adhitya Yoga Yudanto, Marvin Apriyadi, Kevin Sanjaya. “*Optimalisasi Lampu Lalu Lintas dengan Fuzzy Logic* “.Universitas Multimedia Nusantara, Tangerang, Indonesia 2013, Jurnal ISSN 2085-4552.

Bambang Irawanto, Desfri Kurniawan. “*Penerapan Sistem Inferensi Metode Min-Max dalam Logika Fuzzy untuk Pengaturan Traffic Light*”. 2010, Jurnal ISSN 0854-0675



Rakhmat Wahyu W, Liza Afriyanti. *“Aplikasi Fuzzy Inference System (Fis) Metode Tsukamoto Pada Simulasi Traffic Light Menggunakan Java”*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta 2009, Jurnal ISSN: 1907-5022.

Novan Parmonangan Simanjuntak. *“Aplikasi Fuzzy Logic Controller pada Pengontrolan Lampu Lalu Lintas”*. Institut Teknologi Bandung 2012.

G. Lloyd Singh, M. Melbern Parthido , R. Sudha. *“Embedded based Implementation: Controlling of Real Time Traffic Light using Image Processing”*. Proceedings published in International Journal of Computer Applications® (IJCA).

Sabya sanchi kanojia. *“Real –time Traffic light control and Congestion avoidance system”*. Electronics and Communication, Dev Bhoomi Institute of Technology, Utrakhand Technical University 2012, IJERA ISSN:2248-9622.

Ms Promila Sinhmar. *“Intelligent Traffic Light And Density Control Using Ir Sensors And Microcontroller”*. Rawal Institute of Engineering And Technology Zakopur 2012, IJATER ISSN NO: 2250-3536.