

SISTEM KONTROL INTENSITAS CAHAYA ADAPTIF PADA LAMPU UTAMA MOBIL DENGAN MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

CONTROL SYSTEM OF ADAPTIVE LIGHT INTENSITY HEADLAMP OF CAR USING FUZZY LOGIC METHOD

Hardita Kurniawan¹, Poman Pangaribuan², Cahyantari Ekaputri³

¹²³Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹hardita.kurniawan@gmail.com, ²porman@telkomuniversity.ac.id, ³cahyantarie@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Keselamatan adalah hal paling utama dalam berkendara khususnya di malam hari. Namun, banyak faktor yang mengganggu keselamatan pada malam hari salah satunya adalah pancaran cahaya lampu mobil yang terlalu terang dapat mengganggu pandangan pengendara lain. Oleh sebab itu, diperlukan sistem kontrol penerangan pada mobil di mana intensitas cahaya pada mobil dapat dikendalikan berdasarkan intensitas cahaya lingkungan di sekitar mobil dan pergerakan mobil yang berlawanan arah.

Pada tugas akhir ini akan dibuat perancangan sistem kendali intensitas cahaya lampu utama mobil di mana cahaya dari lampu utama mobil dapat menyesuaikan dengan kondisi cahaya lingkungan di sekitar mobil serta pergerakan kendaraan yang berlawanan arah secara otomatis. Keluaran dari sistem ini berupa intensitas cahaya lampu utama mobil. Pada sistem ini, kamera digunakan untuk menangkap gambar yang berada di depan mobil kemudian gambar tersebut akan diolah menggunakan metode pengolahan citra untuk mengetahui intensitas cahaya lingkungan di sekitar mobil dan pergerakan mobil yang berlawanan arah. Hasil dari pengolahan citra akan digunakan sebagai masukan dalam kontrol logika *fuzzy*.

Hasil dari sistem ini adalah sistem dapat menyesuaikan intensitas cahaya lampu utama mobil dengan kondisi tertentu. Variabel yang mempengaruhi sistem ini adalah ada tidaknya mobil berlawanan arah yang ditandai dengan adanya nilai luas area objek dari hasil pengolahan citra serta nilai intensitas cahaya lingkungan yang diperoleh dari hasil rata-rata nilai piksel. Sistem ini dapat mendeteksi objek hingga 60 meter di depan kamera dengan tingkat akurasi sebesar 80,56%.

Kata Kunci : Adaptif Lampu Utama Mobil, Pengolahan Citra, Kontrol Logika Fuzzy

Abstract

Safety is the most important thing in driving especially at night. However, many factors that interfere with safety at night, one of which is the glare of car lights that are too bright can disrupt the views of other motorists. Therefore, a lighting control system is needed in cars where the light intensity in the car can be controlled based on the light intensity of the environment around the car and the movement of the car in the opposite direction.

In this final project, the design of the car's main light intensity control system will be made in which the light from the headlights of the car can adjust to the light conditions of the environment around the car and the movement of the vehicle in the opposite direction automatically. The output of this system is the light intensity of the main car lights. In this system, the camera is used to capture images in front of the car then the image will be processed using image processing methods to determine the light intensity of the environment around the car and the movement of the car in the opposite direction. The results of image processing will be used as input in fuzzy logic controls.

The variables that affect this system are mobility in the opposite direction which is indicated by the value of the area of the results of image processing and the value of environmental light intensity obtained from the results of the average value of pixels. This system can convert objects up to 60 meters in front of the camera with an accuracy rate of 80.56%.

Keywords: Adaptive Headlight, Image Processing, Fuzzy Logic Control

1. Pendahuluan

Lampu utama mobil merupakan suatu komponen penting dari sebuah mobil yang berfungsi untuk membantu visibilitas pengendara di malam. Saat ini, perkembangan lampu utama mobil semakin canggih di mana peningkatan pada intensitas cahaya yang dikeluarkan lampu semakin terang dan peningkatan jarak sorot lampu semakin jauh dengan tujuan meningkatkan visibilitas pengendara. Namun, perkembangan teknologi lampu utama mobil tidak berbanding lurus dengan tingkat keselamatan pada lalu lintas. Berdasarkan data dari Korlantas Polri tahun 2013 menunjukkan sebanyak 37% kecelakaan lalu lintas terjadi pada malam hari hingga subuh antara pukul 18.00-06.00 [1]. Salah satu penyebab utama terjadinya kecelakaan adalah faktor kesalahan

manusia dari pengendara kendaraan bermotor. Berdasarkan riset yang dilakukan oleh IAM (*Institute of Advance Motorist*), kesalahan manusia meliputi berbagai aspek dan situasi yang terjadi dikarenakan kelalaian atau ketidakpahaman pengendara kendaraan bermotor. Salah satu kesalahan manusia yang menjadi penyebab utama kecelakaan adalah gagalnya pengendara melihat dengan sempurna kondisi jalan pada malam hari. Gagalnya pengendara melihat dengan sempurna tersebut dikarenakan oleh pancaran lampu utama dari arah berlawanan yang menyebabkan berkurangnya jarak penglihatan dan mengurangi kontras penglihatan ke jalan sehingga dapat mengganggu keselamatan berkendara[2].

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka pada tugas akhir ini akan dibuat sistem adaptif lampu mobil. Di mana maksud dari adaptif di sini adalah cahaya lampu mobil yang dikeluarkan dapat menyesuaikan sesuai dengan kondisi intensitas cahaya lingkungan di sekitar mobil dan mobil yang berlawanan arah. Metode kontrol yang digunakan untuk sistem pengontrolan adalah kontrol logika *fuzzy*. Di mana, kontrol logika *fuzzy* dapat mengontrol tingkat intensitas lampu sesuai kebutuhan.

2. Dasar Teori

2.1 Pengolahan Citra

Pengolahan citra digital adalah cabang ilmu informatika yang mempelajari tentang bagaimana suatu citra digital dibentuk, diolah, dan dianalisis sehingga menghasilkan suatu informasi yang dapat diinterpretasi oleh manusia maupun komputer. Input dari pengolahan citra digital berupa citra digital begitu juga dengan output dari pengolahan citra berupa citra digital. Berdasarkan sinyal penyusunnya, citra dibagi menjadi 2 jenis yaitu citra analog dan citra digital.

Citra digital direpresentasikan oleh *array* 2 dimensi atau sekumpulan *array* 2 dimensi di mana tiap-tiap *array* tersebut merepresentasikan satu kanal warna. Setiap nilai *array* tersebut disebut dengan piksel.

Ukuran suatu citra biasanya ditulis dengan format $M \times N$ di mana M adalah baris dan N adalah kolom.

Definisi citra secara matematis dapat dilihat pada matriks di bawah ini.

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (\text{II-1})$$

di mana : x = jumlah baris pada *array* citra

y = jumlah kolom pada *array* citra

2.2 Gaussian Blur

Gaussian blur atau dikenal juga sebagai *Gaussian smoothing* adalah hasil pengaburan citra dengan cara mengkonvolusi citra dengan kernel oleh fungsi *Gaussian* dengan ukuran tertentu dari pojok kiri atas hingga pojok kanan bawah.

2.3 Model Citra RGB

Citra berwarna merupakan citra yang memiliki 3 buah kanal warna di dalamnya. Citra ini terbentuk dari komponen merah/*red* (R), hijau/*green* (G), biru/*blue* (B). Citra ini sering disebut 24-bit *color image* karena untuk setiap nilai pikselnya memerlukan penyimpanan sebesar 24-bit.

2.4 Model Citra Grayscale

Citra *grayscale* adalah citra yang hanya memiliki 1 buah kanal yang artinya setiap nilai pikselnya hanya memerlukan penyimpanan sebesar 8-bit. Citra ini sering disebut dengan istilah derajat keabuan karena nilai yang ditampilkan dari citra ini hanyalah nilai intensitas dari suatu piksel saja.

2.5 Model Citra HSV

HSV adalah salah satu model warna yang sering digunakan untuk berbagai penelitian pengolahan citra. Citra ini terbentuk dari komponen *Hue* (H), *Saturation* (S), dan *Value* (V). *Hue* merupakan jenis warna seperti apa yang ditangkap oleh mata manusia. Representasi nilai *hue* berbentuk derajat dengan nilai 0-360°. *Saturation* (S) adalah keberwarnaan suatu warna, semakin berwarna sebuah warna maka nilai *saturation*-nya semakin besar, begitu pula sebaliknya. Representasi nilai *saturaion* berada pada rentang 0-1. *Value* (V) adalah nilai kecerahan suatu warna. Warna cerah memiliki *value* yang tinggi dan sebaliknya warna gelap memiliki *value* yang rendah. Representasi nilai *value* berupa persentasi tingkat kecerahan yaitu dari rentang 0-100%

2.6 Thresholding

Thresholding warna digunakan untuk mengubah citra berwarna ke dalam citra biner. Output dari metode ini akan menjadi citra biner yang mana citra biner hanya memiliki 2 warna saja yaitu putih dan hitam. Warna putih merepresentasikan warna yang diinginkan atau warna yang diloloskan pada proses segmentasi warna, sementara warna yang tidak diinginkan akan direpresentasikan menjadi hitam.

2.7 Erosi

Erosi adalah operasi penipisan objek yang terdapat pada citra biner. Erosi dilakukan dengan cara menghapus piksel pada kontur objek sehingga ukuran objek menjadi lebih kecil.

2.8 Dilasi

Dilasi adalah operasi penebalan objek yang terdapat pada citra biner. Dilasi dilakukan dengan cara menambah piksel di sekeliling objek agar menjadi bagian dari objek.

2.9 Find Contour

Kontur adalah rangkaian piksel terluar yang terhubung satu sama lain dari sebuah objek. *Find contour* berfungsi untuk deteksi kontur dari citra biner dan menandai objek tersebut. Input dari *find contour* sendiri adalah citra biner karena untuk mendapatkan akurasi yang baik.

2.10 Contour Area

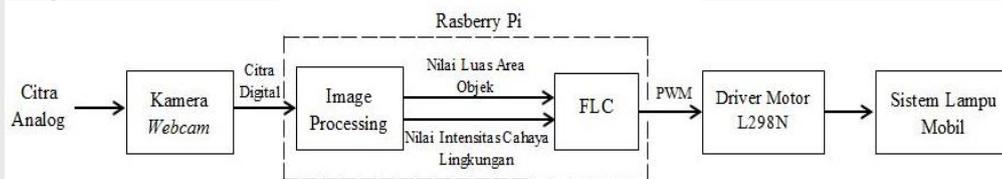
Contour area berfungsi untuk menghitung luas dari kontur yang diperoleh. *Contour area* ini diperoleh dari *image moment* di mana *image moment* ini mempermudah proses pengolahan citra dalam mencari nilai tengah objek, *contour area*, panjang kontur objek, dan lain-lain. *Contour area* ini dihitung menggunakan momen gambar ke-0.

2.11 Kontrol Logika Fuzzy

Teori tentang *fuzzy* pertama kali dikemukakan oleh Lothfi Zadeh sekitar tahun 1965 pada makalah berjudul "*Fuzzy Set*". *Fuzzy set* sendiri merupakan dasar dari *fuzzy logic* dan *fuzzy systems*. *Fuzzy set* sendiri merupakan suatu fungsi keanggotaan $\mu_A(x)$ yang memetakan setiap objek di *universe* menjadi suatu nilai *real* dalam interval 0-1. Nilai $\mu_A(x)$ menyatakan derajat keanggotaan di dalam A. Pengertian dari logika *fuzzy* itu sendiri adalah suatu jenis logika yang bernilai ganda dan berhubungan dengan ketidakpastian [10]. Jadi kontrol logika *fuzzy* adalah suatu sistem kontrol berbasis linguistik dengan meniru logika manusia di mana kebenaran suatu nilai tidak dapat ditentukan secara pasti atau samar-samar.

3. Perancangan Sistem

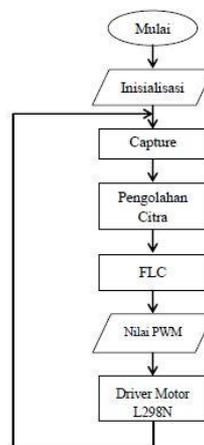
3.1 Perancangan Sistem



Gambar 3.1. Diagram Blok Sistem

.Prinsip kerja dari alat ini adalah sistem akan menangkap gambar yang ada di depan mobil dan mengubahnya menjadi citra digital oleh kamera. Citra digital tersebut akan diolah dengan menggunakan metode pengolahan citra guna mengetahui nilai luas area objek berupa sorot lampu mobil berlawanan arah serta nilai intensitas cahaya lingkungan di sekitar mobil. Nilai luas area objek ini merepresentasikan jarak antara mobil berlawanan arah dengan kamera. Dua buah nilai tersebut akan digunakan sebagai input dalam sistem kontrol logika *fuzzy*. Hasil dari pengolahan *fuzzy* akan menghasilkan nilai PWM. Nilai PWM ini yang akan menentukan seberapa terang intensitas lampu mobil yang dihasilkan. Data nilai PWM tersebut akan dikirim dari raspberry pi menuju *dirver* motor L298N agar dapat menyalakan sistem lampu mobil.

3.2 Diagram Alir Sistem

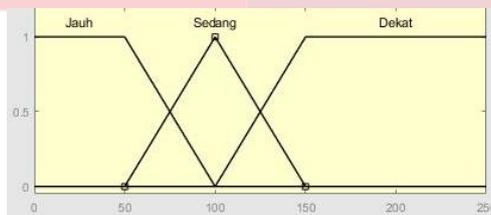


Gambar 3.2. Diagram Alir Sistem

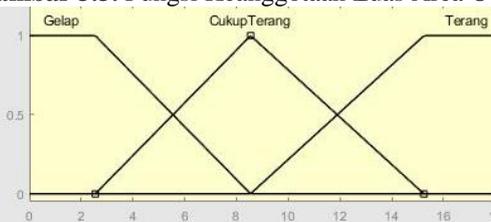
Pada saat program mulai dijalankan maka sistem akan menjalankan inialisasi terlebih dahulu. Kemudian kamera akan mulai menangkap dan mengubah citra analog menjadi digital agar dapat diolah oleh Raspberry Pi dengan metode pengolahan citra. Dalam sebuah citra tersebut akan diolah menjadi dua bagian yaitu menghitung luas area objek berupa cahaya lampu mobil yang berlawanan arah serta menghitung nilai rata-rata tiap piksel. Pada bagian pertama yaitu mendeteksi objek, apabila kamera mendeteksi atau tidak mendeteksi objek maka proses perhitungan luas area akan tetap dilakukan. Hasil dari proses perhitungan luas area objek menghasilkan nilai luas area objek. Jika kamera tidak mendeteksi objek maka nilai luas area objek yang dihasilkan adalah 0 dan sebaliknya jika kamera mendeteksi adanya objek maka nilai luas area tidak sama dengan 0. Sementara itu pada bagian kedua yaitu perhitungan nilai rata-rata tiap piksel, akan didapatkan informasi berupa nilai intensitas cahaya lingkungan di sekitar mobil. Dua nilai tersebut, nilai luas area objek dan nilai intensitas cahaya lingkungan di sekitar mobil, akan diolah menggunakan sistem kontrol logika *fuzzy* yang menghasilkan nilai PWM untuk mengatur tingkat kecerahan dari lampu utama mobil.

3.3 Perancangan Sistem Kontrol Logika Fuzzy

1. Fuzzifikasi



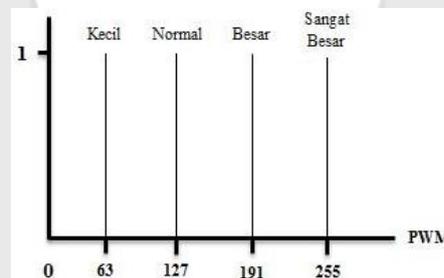
Gambar 3.3. Fungsi Keanggotaan Luas Area Objek



Gambar 3.4. Fungsi Keanggotaan Luas Area Objek

Gambar 3.3 merupakan fungsi keanggotaan luas area objek yang terdiri dari tiga buah variabel linguistik yaitu jauh dengan rentang nilai 0-100 piksel, sedang dengan rentang nilai 50-150 piksel, dan dekat dengan nilai lebih dari 100 piksel. Sementara gambar 3.4 merupakan fungsi keanggotaan intensitas cahaya lingkungan yang terdiri dari tiga buah variabel linguistik yaitu gelap dengan rentang nilai 0-2,543 piksel, cukup terang dengan rentang nilai 2,534-15,243 piksel, dan terang dengan nilai lebih dari 15,243 piksel.

Pada perancangan output sistem ini menggunakan model berbentuk *singleton* di mana fungsi keanggotaannya memiliki derajat keanggotaan 1 pada suatu nilai *crisp* tunggal dan 0 pada nilai *crisp* lain. Output yang didesain dalam sistem ini memiliki 4 buah variabel linguistik yaitu kecil, normal, besar, dan sangat besar.



Gambar 3.5. Fungsi Keanggotaan Output

2. Inferensi

Inferensi merupakan proses pengolahan data input fuzzifikasi terhadap output yang diinginkan sesuai dengan aturan tertentu. Aturan ini akan menentukan respon output dari sistem. Berikut adalah tabel aturan *fuzzy*:

Tabel 3.1. Tabel Aturan *Fuzzy*

Luas Area \ Intensitas Cahaya	Intensitas Cahaya		
	Gelap	Cukup Terang	Terang
Jauh	Sangat Besar	Besar	Normal
Sedang	Besar	Normal	Normal
Dekat	Normal	Kecil	Kecil

4. Hasil dan Analisa

4.1 Pengujian Kamera Logitech C525

4.1.1 Luas Area Lampu Mobil Berlawanan Arah

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai luas area objek yang ditangkap oleh kamera. Sebelum melakukan pengujian, mula-mula kamera dipasang pada kaca spion tengah mobil dan dihubungkan ke USB slot pada laptop. Kemudian jalankan program yang telah dibuat. Dalam program tersebut, program tidak memproses seluruh citra untuk mendeteksi ada tidaknya objek yang berupa sorot lampu mobil melainkan hanya memproses dari piksel (0,300) hingga piksel (639,479). Penentuan daerah kerja ini bertujuan agar menghindari pendeteksian objek yang tidak diinginkan yang memiliki nilai piksel melebihi nilai *threshold* yang telah ditentukan. Setelah dijalankan program tersebut, lampu mobil yang menghadap kamera dinyalakan. Dalam pengujian ini, posisi mobil yang berlawanan arah berada di sebelah kanan pengemudi. Pengujian ini dilakukan dengan kondisi objek diam guna mengetahui luas area pada jarak 5 meter, 10 meter, 15 meter hingga 70 meter.

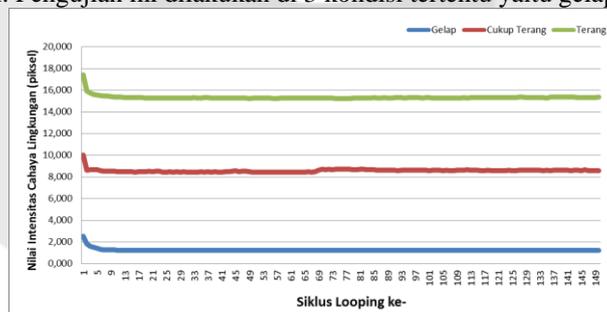


Gambar 4.1. Grafik Hubungan Nilai Luas Area Objek Terhadap Jarak

Dari gambar grafik di atas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai luas area objek di tiap jaraknya. Nilai terbesar berada pada jarak 5 meter di depan kamera yang artinya sorot lampu mobil paling terang di jarak ini. Sementara nilai paling kecil ada di jarak 65 dan 70 meter di depan kamera yang artinya kamera tidak dapat mendeteksi adanya objek pada jarak tersebut. Jadi dapat disimpulkan, bahwa semakin jauh objek dari kamera maka nilai luas area yang terdeteksi akan semakin kecil serta kamera hanya dapat mendeteksi adanya objek pada jarak 5 meter hingga 60 meter di depan kamera.

4.1.2 Intensitas Cahaya Lingkungan di Sekitar Mobil

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai intensitas cahaya lingkungan di sekitar mobil yang ditangkap oleh kamera. Seperti halnya pengujian pada luas area lampu mobil, mula-mula kamera dipasang pada kaca spion tengah mobil dan dihubungkan ke USB slot pada laptop. Kemudian, jalankan program. Dalam program yang telah dibuat, piksel (0,0) hingga piksel (639,199) akan diolah untuk menentukan nilai intensitas cahaya lingkungan di sekitar mobil. Pengujian ini dilakukan di 3 kondisi tertentu yaitu gelap, cukup terang dan terang.



Gambar 4.2. Grafik Hubungan Nilai Intensitas Cahaya Lingkungan di Sekitar Mobil

Dari gambar IV-2, akan dibuat tiga buah variabel linguistik dalam menentukan fungsi keanggotaan intensitas cahaya lingkungan. Variabel tersebut yaitu gelap, cukup terang, dan terang dengan batas 2,543 untuk variabel gelap, 8,578 untuk variabel cukup terang, dan 15,243 untuk variabel terang. Berdasarkan data yang

diperoleh, batas 2,543 dipilih karena nilai tersebut merupakan nilai paling besar pada kondisi gelap. Batas 8,578 dipilih karena nilai tersebut merupakan nilai rata-rata dari hasil siklus *looping* pertama hingga terakhir. Sementara batas 15,243 dipilih karena nilai tersebut merupakan nilai paling kecil pada kondisi terang dan cukup terang. Jadi dapat disimpulkan bahwa, kondisi gelap adalah kondisi di mana nilai intensitas cahaya yang diperoleh dari hasil pengolahan citra kurang dari sama dengan 2,543 piksel.

4.2 Pengujian Tegangan Lampu Mobil

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan yang dihasilkan oleh PWM. Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan prob positif multimeter dengan *out 1* dan menghubungkan prob negatif multimeter dengan *out 2* pada *driver* motor L298N. Setelah terhubung, program *change duty cycle* dijalankan agar dapat melakukan pengujian. Pengujian akan dilakukan dengan cara mengubah nilai *duty cycle* dari 100% hingga 0% dengan kelipatan 5.



Gambar 4.3. Hubungan *Duty Cycle* Terhadap Tegangan Output

Dari hasil tabel di atas dapat dilihat bahwa dalam setiap penurunan *duty cycle* maka tegangan yang dihasilkan juga ikut berkurang. Berkurangnya tegangan ini yang menyebabkan lampu menjadi redup.

4.3 Pengujian Sistem Keseluruhan

Tujuan pengujian ini adalah untuk melihat kinerja keseluruhan sistem berdasarkan logika *fuzzy* yang telah dibuat sebelumnya. Sistem ini akan mengatur intensitas lampu mobil seberapa terang atau redupnya lampu berdasarkan kondisi yang telah ditentukan. Pengujian ini dilakukan dengan cara menjalankan sistem secara keseluruhan. Pengujian ini dilakukan di 3 kondisi cahaya sekitar yang berbeda, kondisi tersebut adalah gelap, cukup terang, dan terang. Sama seperti pengujian pada *object tracking*, tahap pertama objek dalam keadaan diam pada rentang jarak 5 meter hingga 60 meter pada kondisi cahaya lingkungan yang gelap, kemudian dilanjutkan pada kondisi cahaya lingkungan yang cukup terang, dan yang terakhir adalah kondisi cahaya lingkungan yang terang. Tahap kedua adalah objek akan bergerak dari jarak 100 meter hingga melewati kamera pada kondisi cahaya lingkungan yang gelap hingga pada kondisi cahaya lingkungan yang terang.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

Nilai Luas Area Objek (piksel)	Nilai Intensitas Cahaya (piksel)	PWM	Duty Cycle (%)	Nilai Lux Meter (lux)	Tegangan (V)
937	8,592	63	25	208-209	3,3
1165	17,818	63	25	208-209	3,3
788	3,864	112,92	44	400-402	5,3
385	9,739	63	25	208-209	3,3
511	19,615	63	25	208-209	3,3
246	9,408	63	25	208-209	3,3
314	18,812	63	25	208-209	3,3
359	2,811	124,44	49	462-463	5,8
174	8,118	67,48	26	222-223	3,4
222	22,956	63	25	208-209	3,3
248	2,112	127	50	471-473	6
168	8,050	68,12	27	230-231	3,5
174	22,398	63	25	208-209	3,3

Nilai Luas Area Objek (piksel)	Nilai Intensitas Cahaya (piksel)	PWM	Duty Cycle (%)	Nilai Lux Meter (lux)	Tegangan (V)
140	1,766	139,8	55	471-473	6,5
144	8,068	82,86	32	274-275	4
125	22,385	95	37	337-338	4,6
116	1,608	170,52	67	780	7,8
94	7,518	154,35	61	601-603	7,1
96	22,397	127	50	471-473	6
85	1,383	210,2	82	798	9,4
62	7,163	190,56	75	735-736	8,7
72	22,298	127	50	471-473	6
72	1,480	226,84	89	735-736	10,1
61	6,925	193,22	76	748-751	8,7
72	22,368	127	50	471-473	6
49	1,322	255	100	1001-1002	12
49	6,842	208,92	82	812-814	9,4
66	22,049	127	50	471-473	6
35	1,175	255	100	1001-1002	12
39	6,865	208,92	82	812-814	9,4
53	21,600	127	50	471-473	6
36	1,172	255	100	1001-1002	12
35	6,779	209,56	82	812-814	9,4
41	20,583	127	50	471-473	6
0	1,134	255	100	1001-1002	12
0	1,123	255	100	1001-1002	12

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Tingkat Akurasi Sistem

		Sistem membaca kondisi saat ini	
		Sesuai	Tidak Sesuai
Aksi dari lampu utama mobil	Sesuai	<i>TP (29)</i>	<i>FP (0)</i>
	Tidak Sesuai	<i>TN (7)</i>	<i>FN (0)</i>

Dari gambar di atas dapat dilihat hasil dari pengujian sistem keseluruhan yaitu sistem dapat mengurai efek silau pada malam hari dengan cara sistem akan meredupkan intensitas cahaya lampu mobil seiring dengan dekatnya mobil yang berlawanan arah dikarenakan nilai luas area yang dideteksi semakin besar. Tingkat kecerahan lampu mobil yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh kondisi intensitas cahaya lingkungan di sekitar mobil. Kondisi satu dengan yang lain akan berbeda hasil tingkat kecerahan lampu mobilnya. Tingkat kecerahan lampu mobil paling kecil ditunjukkan saat mobil berlawanan arah mulai berada pada jarak 25 meter di depan kamera dengan kondisi lingkungan yang terang serta pada jarak 30 meter dengan kondisi lingkungan yang cukup terang. Sedangkan tingkat kecerahan lampu mobil paling besar ditunjukkan pada saat mobil berlawanan arah berada pada jarak di atas 65 meter dengan kondisi lingkungan yang gelap karena kamera tidak dapat mendeteksi adanya objek pada jarak tersebut. Sementara itu, tingkat akurasi dari sistem ini sebesar 80,56%.

5. Kesimpulan

Berdasarkan uji coba pembuatan sistem kontrol intensitas cahaya adaptif lampu utama mobil dengan kontrol logika *fuzzy* dapat disimpulkan bahwa :

1. Variabel yang mempengaruhi sistem yaitu ;
 1. Ada tidaknya mobil berlawanan arah yang ditandai dengan adanya nilai luas area objek yang terdeteksi.
 2. Intensitas cahaya lingkungan yang diperoleh dari hasil rata-rata nilai piksel pada ukuran 640x240.
2. Sistem dapat mendeteksi objek hingga 60 meter di depan kamera dengan tingkat akurasi sebesar 80,56%.

6. Daftar Pustaka

- [1] Artanto, L. A. (2009). Cara Kerja dan Jumlah Lampu Kepala yang Mengalir Pada Kelistrikan Mesin. *yang Mengalir Pada Kelistrikan Mesin*, 6.
- [2] Balasubramanian, C., & Rodericks, L. E. (2016). I-GLARE HEADLIGHT SYSTEM. *Electronics and Communications*, 4.
- [3] Cheyne, A. (2011, April 12). Licensed to Skill Contributory Factor. *IAM*, 43.
- [4] Dubal, P., & J.D, N. (2015). Design of Adaptive Headlights for Automobiles. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 5.
- [5] Golata, P. (2011, 6 11). *Automotive Applications*. Dipetik 7 20, 2019, dari Mouser Electronics : <https://www.mouser.com/applications/automotive-lighting/>
- [6] Hidayatullah, P. (2017). *Pengolahan Citra Digital*. Bandung: Informatika.
- [7] Ikhsan, W. (2011, Desember 1). *detikoto*. Dipetik September 19, 2018, dari detikoto website: <https://oto.detik.com/catatan-pengendara-mobil/d-1779805/90-kecelakaan-lalu-lintas-karena-human-error>
- [8] J.C, R. (1998). *The Image Processing Handbook*. Boca Raton: CRC Press.
- [9] Prasetyo, F. D. (2017). Redesain Pembelajaran Sistem Penerangan Mobil. *Sistem Penerangan Mobil*, 5.
- [10] Suyanto. (2014). *Artificial Intelligence*. Bandung: Infoformatika.
- [11] W, B., & M.J, B. (2009). *Principles of Digital Image Processing*. London: Springer London.