

Sistem Klasifikasi Jenis Kendaraan Melalui Teknik Olah Citra Digital

M. Syahrul Maulana¹⁾, Bangkit Indarmawan Nugroho²⁾, dan Sarif Surerejo³⁾
Jurusan Teknik Informatika STMIK YMI Tegal

Jl.Pendidikan No. 1 Tegal, Tlp. (0283) 342444

e-mail: ¹aroelmaulana144@gmail.com, ²efbeterang@gmail.com, ³sarif_surerejo@yahoo.co.id

Abstrak—Setiap tahunnya Indonesia mengalami kenaikan jumlah kendaraan. Semua jenis kendaraan, dari sepeda motor hingga SUV. Hal ini diimbangi dengan perbaikan infrastruktur jalan Indonesia yang relatif stagnan. Infrastruktur jalan harus seimbang sehingga kemacetan lalu lintas, kecelakaan, dan kendaraan tidak menjadi tantangan yang tidak dapat diatasi, seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan di jalan. Mobil dan sepeda motor disajikan sebagai contoh jenis kendaraan yang berbeda sebab kebutuhan untuk mengembangkan sistem deteksi dan kategorisasi jenis kendaraan. Sistem ini memanfaatkan pengolahan citra untuk kategorisasi. Studi tentang bagaimana gambar digital dibangun, diproses, dan dievaluasi oleh komputer untuk menghasilkan hasil yang dapat digunakan dikenal sebagai "ilmu digital." *Extreme Learning Machine*, subbidang AI dalam jaringan saraf *feedforward*, digunakan dalam penyelidikan ini karena kemampuannya untuk mengatasi masalah kategorisasi. Penelitian mengarah pada pengembangan sistem yang mengidentifikasi dua kategori kendaraan dengan benar, sepeda motor dan mobil, mendapatkan tingkat akurasi sebesar 80%.

Kata Kunci—kendaraan, klasifikasi, *extreme learning machine*, *citra digital*, *feed forward*

I. PENDAHULUAN

SETIAP tahun di Indonesia jumlah kendaraan semakin meningkat, hal ini diimbangi dengan perbaikan infrastruktur jalan yang tidak memadai. Padahal seiring bertambahnya jumlah kendaraan, infrastruktur jalan pun ikut bertambah untuk menghindari kemacetan. Pemerintah telah melaksanakan bermacam cara untuk menghadapi kemacetan lalu lintas di Indonesia, salah satunya dengan membangun suatu jalan tol bahkan sampai sarana pemantau lalu lintas, tetapi tentu saja alat tersebut masih memiliki banyak kekurangan. Saat ini, perkiraan jumlah kendaraan di dunia melebihi 1,2. miliar. Berdasarkan survei, jumlah ini diperkirakan dua kali lipat menjadi 2,5 miliar pada tahun 2050 menurut situs *web GreenCarReports*. [1].

Pertumbuhan teknologi saat ini, bisa diatasi oleh sistem yang tersambung dengan sebagian kamera di berbagai titik. Untuk memantau dan merekam kegiatan pengemudi, petugas menggunakan sebuah kamera untuk menganalisa informasi berbagai jenis kendaraan. Pengambilan video membantu mengetahui berapa banyak kendaraan yang melalui jalan-jalan tertentu. maka dapat dikenali jenis-jenis kendaraan yang akan dilewati [2].

Akibatnya, permintaan muncul untuk teknologi yang dikenal sebagai Sistem Kontrol Lalu Lintas Area yang dapat membantu kami menangani masalah ini (ATCS). Tujuan pemasangan ATCS adalah untuk mengurangi potensi

kesalahan manusia saat mengatur lalu lintas secara manual di setiap jalur yang sudah ada. Kamera yang dipasang di sepanjang jalan merupakan komponen kunci dari *Advanced Traffic Control System* (ATCS) [3].

Pemantauan lalu lintas harus melewati beberapa tahapan diantaranya melalui penamaan dan kategorisasi. Dalam pemrosesan citra digital, "deteksi objek" mengacu pada prosedur pemeriksaan keberadaan sebenarnya dari suatu item dalam gambar. Klasifikasi menggunakan temuan dari prosedur deteksi ini, yang digunakan untuk mengidentifikasi mobil dalam gambar dibandingkan dengan jenis objek lainnya. Dengan menggunakan pengolahan citra digital, penelitian ini bercita-cita untuk mengembangkan sistem yang dapat mengkategorikan mobil berdasarkan jenis [4].

Pengolahan citra digital merupakan metode mencerna citra yang bertujuan membetulkan mutu citra supaya gampang diinterpretasi oleh manusia ataupun mesin yang bisa berbentuk gambar ataupun foto bergerak. Gambar digital adalah fokus bidang kecerdasan buatan yang dikenal sebagai "pemrosesan gambar". Perhitungan matematis dan geometris berbasis piksel keduanya dimungkinkan menggunakan teknik yang disajikan dalam ilustrasi. Setiap piksel dalam gambar menunjukkan kualitas yang berbeda dari hal-hal yang dibandingkan. Warna, tekstur, dan bentuk adalah semua indikator kualitas relatif suatu objek. Pengelompokan atau pengelompokan item dapat dilakukan dengan menggunakan data numerik ini [5]. Citra adalah representasi dua dimensi dari bentuk fisik tiga dimensi yang sebenarnya. Gambar yang diproduksi bisa bermacam-macam, dari gambar yang sedang diproses juga bisa gambar yang diproses dapat berupa apa saja, mulai dari foto hitam-putih statis hingga siaran televisi penuh warna yang dinamis. Peningkatan citra, restorasi citra, dan bentuk modifikasi khusus lainnya dapat digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan dampak *negatif* dari kerusakan citra. Pengkodean gambar, segmentasi gambar, representasi gambar, dan deskripsi adalah bidang *studi* lebih lanjut dalam pemrosesan gambar digital [6].

Pembelajaran mesin ekstrim digunakan. Karena kenyataan bahwa hanya ada satu lapisan tersembunyi dalam ELM, pendekatannya adalah jaringan saraf umpan maju berdasarkan prinsip JSUMLT (Jaringan Saraf Umpan Maju Lapisan Tersembunyi Tunggal). Mesin pembelajaran ekstrim adalah pendekatan baru untuk mengajar komputer menggunakan jaringan saraf. Huang adalah orang yang awalnya mengusulkan menggunakan teknik ini. Teknik ini lebih cepat dan lebih dapat digeneralisasikan daripada pendekatan *backpropagation* dan *Support Vector Machine*

(SVM). Model matematika yang mendasari metode ini kurang kompleks dan lebih produktif. Akibatnya, strategi ini bekerja sangat baik untuk mengatasi masalah kategorisasi. Kekuatan algoritme mesin pembelajaran ekstrem (ELM) terletak pada kecepatan pelatihannya yang cepat, pengurangan kebutuhan untuk parameter penyetelan, dan hasil akhir terbaik [7].

Algoritma *canny* ditemukan oleh Mar dan Hildres yang sedang meneliti permodelan persepsi visual manusia, *canny* sendiri dianggap sebagai algoritma pendeteksi tepi terbaik, sehingga algoritma pendeteksian tepi ini banyak digunakan dalam berbagai penelitian. Langkah pertama pada algoritma *canny* adalah mengimplementasikan *filter Gaussian* pada citra untuk menghilangkan *noise*. Kemudian lanjutkan deteksi tepi gambar menggunakan salah satu algoritma deteksi tepi yang ada [8].

Segmentasi citra yakni dimana memerlukan serangkaian operasi yang dimaksudkan untuk mengisolasi dan mempertahankan fitur tertentu dari gambar atau untuk mempartisi gambar ke dalam area dengan karakteristik serupa. Gambar satu objek memiliki latar depan dan latar belakang yang jelas karena hanya ada satu item dalam gambar. Mau tidak mau, proses pengkategorian semua hal dalam sebuah gambar menjadi lebih terlibat jika gambar tersebut berisi sejumlah besar objek. Tujuan menggunakan segmentasi adalah untuk membuat gambar skala abu-abu di mana latar depan dan latar belakang dibedakan dengan jelas [9].

Penelitian ini dapat digunakan untuk melakukan pencarian lain seperti pemantauan dalam memodifikasi keamanan sistem otomatis, menilai pola kendaraan, mengotomatiskan arus lalu lintas, dan menambahkan data kendaraan ke sistem tiket *elektronik*. Dalam penelitian ini, kami menggunakan foto kendaraan sebagai data pelatihan untuk secara otomatis menentukan jenis dan warnanya dan kemudian merekam informasi tersebut. Informasi tentang merek, model, dan warna kendaraan yang ditemukan oleh polisi dapat digunakan untuk melakukan pencarian yang lebih terarah [10].

II. METODE PENELITIAN

A. Analisis Jenis

Penelitian ini mengklasifikasi kendaraan berdasarkan jenisnya, ada 2 macam kendaraan yang akan diklasifikasi dalam penelitian ini, berikut adalah contoh jenis kendaraan.



Gambar 1. Jenis kendaraan mobil



Gambar 2. Jenis kendaraan motor

B. Pengumpulan Data

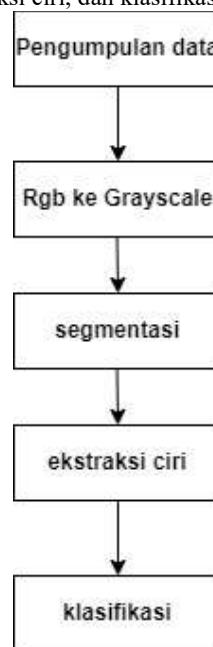
Data yang dipakai yakni citra kendaraan yang berjumlah 20 gambar yang terdiri dari 2 kelas (Mobil dan Motor) masing-masing kelas terdiri dari 10 gambar yang berbeda.

Tabel 1.

Dataset citra kendaraan		
No	Jenis	Jumlah
1	Mobil	10
2	Sepeda motor	10
Total		20

C. Proses Klasifikasi

Metode penelitian yang mana dilaksanakan mencakup pengumpulan data citra kendaraan, *RGB* ke *grayscale*, segmentasi, ekstraksi ciri, dan klasifikasi.



Gambar 3. Proses Klasifikasi

D. Proses Uji Coba

Ada dua komponen untuk menjalankan ujian. Di sini kita mulai dengan data pelatihan. Bagian kedua adalah data validasi, yang terdiri dari 14 foto berbagai kendaraan seperti mobil dan sepeda motor. Enam foto kendaraan—tiga mobil beserta tiga sepeda motor—digunakan sebagai data uji.

Berikut adalah beberapa contoh data latihan yang digunakan untuk proses pelatihan ELM.

Tabel 2.
Data latihan kendaraan

No	Nama data latihan	Hasil
1	Mobil 1	Mobil 1
2	Mobil 2	Mobil 2
3	Mobil 3	Mobil 3
4	Mobil 4	Mobil 4
5	Mobil 5	Mobil 5
6	Mobil 6	Mobil 6
7	Mobil 7	Mobil 7
8	Sepeda motor 1	Sepeda motor 1
9	Sepeda motor 2	Sepeda motor 2
10	Sepeda motor 3	Sepeda motor 3
11	Sepeda motor 4	Sepeda motor 4
12	Sepeda motor 5	Sepeda motor 5
13	Sepeda motor 6	Sepeda motor 6
14	Sepeda motor 6	Sepeda motor 7

Tabel 2 dimana banyak contoh visual pelatihan yang ditampilkan. Data dimuat dengan informasi dari setiap gambar pelatihan selain dari foto itu sendiri. Ada variasi besar dalam data pelatihan yang digunakan sebagai *input*, yang merupakan hal lain yang perlu diingat. Untuk menyiasatnya, Anda hanya perlu menggunakan set pelatihan dan tes. Silakan lihat laporan dengan sisa data pelatihan yang dihilangkan di bawah ini. Berikut adalah beberapa contoh data uji untuk algoritma ELM.

Tabel 3.
Data uji kendaraan

No	Nama data uji	Hasil
1	Mobil 8	Mobil 8
2	Mobil 9	Mobil 9
3	Mobil 10	Mobil 10
4	Sepeda motor 8	Sepeda motor 8
5	Sepeda motor 9	Sepeda motor 9
6	Sepeda motor 10	Sepeda motor 10

E. *Pemodelan Extreme Learning Machine*

Berbeda dengan jaringan saraf *feedforward*, teknik elm bergantung pada model matematika yang berbeda. Untuk N pasang *input* dan banyak *output* (x_1, t_1 , di mana $x_1 = [x_{12}, x_{12}, \dots, x_{in}]$), model matematika Elm lebih sederhana dan lebih efisien daripada model SLFN tradisional, yang menggunakan N *node* tersembunyi dan satu keluaran. Untuk menggambarkan fungsi Aktivasi $g(x)$ secara formal, kita memiliki [11].

$$\sum_{i=1}^N \beta_i g_i(x_j) = \sum_{i=1}^N \beta_i g(w_i \cdot x_j + b_i) = o_j, \quad (1)$$

dimana $j = 1, 2, \dots, N$

1. $w_i = [w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}]^T$ merupakan *vector* bobot yang menghubungkan *hidden node* ke- i dan *input node*
2. $\beta_i = [\beta_{i1}, \beta_{i2}, \dots, \beta_{im}]^T$ merupakan *vector* bobot yang menghubungkan *hidden node* ke- i dan *input node*
3. b_i merupakan *threshold* dari *hidden node* ke- i
4. $w_i \cdot x_j$ merupakan *inner product* dari $w_i \cdot x_j$.

SLFNs standar dengan N *node* tersembunyi dan fungsi aktivasi $g(x)$ diharapkan dapat memperkirakan N sampel ini dengan tingkat kesalahan 0 rata-rata.

$$\sum_{i=1}^N \beta_i g(w_i \cdot x_j + b_i) = t_j, \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

Persamaan diatas dapat dituliskan secara sederhana, dimana

$$H\beta = T \quad (3)$$

$$H = \begin{bmatrix} g(w_1 \cdot x_1 + b_1) & \dots & g(w_n \cdot x_1 + b_n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g(w_1 \cdot x_n + b_1) & \dots & g(w_n \cdot x_n + b_n) \end{bmatrix}$$

H di persamaan di atas adalah matriks keluaran dari lapisan tersembunyi jaringan saraf. $g(w_i \cdot x_i + b_i)$ memperlihatkan *output* dari *neuron* tersembunyi yang terkait dengan *input* x_j . β yakni matriks bobot keluaran T dan matriks target. Elm memungkinkan anda untuk secara acak menentukan bobot dan menyembunyikan *input*, sehingga anda dapat menentukan bobot *output* yang terkait dengan lapisan tersembunyi dari persamaan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem, kategorisasi sistem kendaraan, dan perbandingan pengamatan disajikan di bagian ini dengan tujuan untuk menetapkan keandalan pendekatan selanjutnya.

A. *Analisis Kebutuhan Sistem*

Analisis kebutuhan sistem dilaksanakan dalam hal penentuan kriteria apa yang harus Anda terapkan untuk aplikasi tersebut. Pada langkah ini, kami menguraikan komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk mengembangkan sistem kategorisasi kendaraan berbasis pemrosesan citra digital:

1. Perangkat keras
Laptop dengan spesifikasi: sistem operasi *windows/linux*, *processor core i5*, dan *ram4gb*.
2. Perangkat lunak
Matlab

B. *Pendeteksian dan Mengklasifikasi*

1. *Perubahan Warna Citra RGB*

Proses pendeteksian warna dimulai dengan mengubah ruang warna dari citra *RGB (Red, Green, blue)* menjadi *grayscale*.



Gambar 4. Menunjukkan citra RGB



Gambar 5. Menunjukkan citra *grayscale*

Menunjukkan gambar asli dari data yang direkam dalam bentuk motor, termasuk gambar *RGB*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Sedangkan untuk gambar 5 menampilkan gambar sepeda motor, yang pada proses sebelumnya merupakan gambar *RGB* berubah menjadi *grayscale*..

2. Hasil Segmentasi

Ini adalah fase di mana segmentasi terjadi. Untuk pemrosesan lebih lanjut, gambar harus disegmentasi untuk menghapus latar belakang dan mengisolasi item latar depan. memperoleh semua konstituen gambar melalui metode yang disebut segmentasi secara *individual* sehingga dapat digunakan sebagai *input* untuk proses lainnya [12]. Hal pertama yang harus dilakukan dalam proses ini adalah mempertimbangkan gambar pertama sebagai gambar latar belakang dan kemudian menghitung ambang batas. Setelah *threshold* diperoleh, diperiksa pada *frame* berikutnya dan proses ini berulang sampai Foto terakhir. Pada Gambar 5 terlihat bahwa citra motor yang sebelumnya merupakan citra *grayscale* dilakukan segmentasi ke biner.



Gambar 6. Menunjukkan perubahan dari *grayscale* ke biner

3. Hasil Ekstraksi Ciri

Ekstraksi fitur morfologi menggunakan nilai *RGB* digunakan untuk meningkatkan hasil sebelumnya.

Ekstraksi fitur sendiri merupakan fase mengekstraksi fitur/informasi dari objek pada suatu citra yang ingin dikenali/dibedakan dari objek lain. Pada Gambar 7, Anda dapat melihat hasil akhir ekstraksi fitur pada gambar motor yang ditransformasi secara spasial dan tersegmentasi..



Gambar 7. Menunjukkan hasil dari ekstraksi ciri

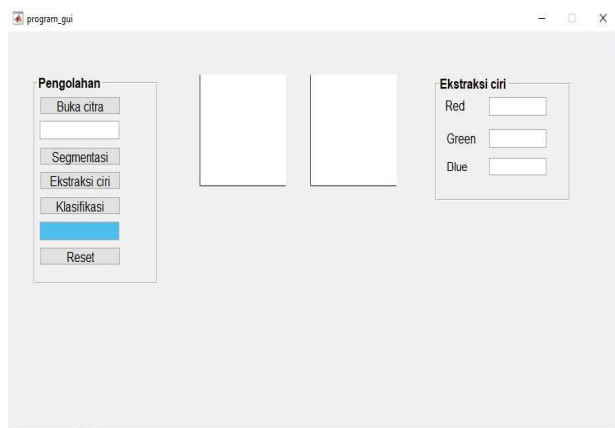
Pada Tabel 4 menjelaskan hasil nilai *RGB* pada masing-masing kendaraan dari proses ekstraksi fitur.

Tabel 4
Nilai *RGB* pada kendaraan

No	Jenis kendaraan	Red	Green	Blue
1	Sepeda motor 1	0.24847	0.24922	0.26064
2	Sepeda motor 2	0.36607	0.32573	0.32543
3	Sepeda motor 3	0.26664	0.30372	0.33671
4	Sepeda motor 4	0.40413	0.32534	0.37256
5	Sepeda motor 5	0.39223	0.29678	0.31478
6	Sepeda motor 6	0.25003	0.25159	0.25647
7	Sepeda motor 7	0.28803	0.3171	0.34436
8	Sepeda motor 8	0.36327	0.35876	0.35424
9	Sepeda motor 9	0.46806	0.46764	0.47358
10	Sepeda motor 10	0.42455	0.36727	0.36874
11	Mobil 1	0.49386	0.28362	0.25102
12	Mobil 2	0.48606	0.26886	0.22988
13	Mobil 3	0.52081	0.52968	0.52434
14	Mobil 4	0.52552	0.53009	0.53825
15	Mobil 5	0.35107	0.3485	0.36713
16	Mobil 6	0.67038	0.60833	0.38401
17	Mobil 7	0.52055	0.53851	0.60177
18	Mobil 8	0.43075	0.26293	0.27746
19	Mobil 9	0.41278	0.41959	0.30568
20	Mobil 10	0.37206	0.37733	0.3852

4. Hasil Klasifikasi

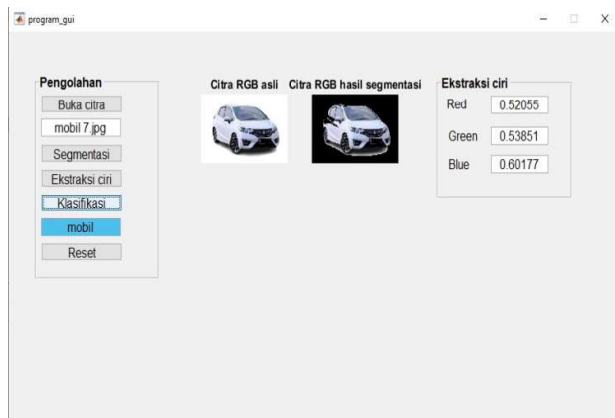
Program sistem klasifikasi mobil ini ditulis dalam Matlab dan menampilkan GUI (*Graphical User Interface*) langsung yang memanfaatkan metode mesin pembelajaran ekstrem. Lanjutkan dengan segmentasi pada gambar biner. Selain itu, pengguna dapat mengakses nilai *RGB* yang diperoleh sebelumnya dengan menekan tombol ekstraksi fitur. Setelah gambar diperoleh melalui ekstraksi fitur, Anda dapat mengklik tombol Klasifikasi untuk mendapatkan hasil kategorisasi kendaraan. Karena kategorisasi ini, kami sekarang memiliki dua kategori kendaraan yang berbeda: mobil dan sepeda motor.



Gambar 8. Tampilan antarmuka aplikasi



Gambar 9. Menampilkan klasifikasi pada kendaraan sepeda motor



Gambar 10. Menampilkan klasifikasi pada kendaraan mobil

Pada Gambar 9, kita melihat eksperimen klasifikasi kendaraan di mana foto sepeda motor yang telah mengalami konversi ruang warna telah digunakan sebagai data uji. Hasil klasifikasi berupa mobil dapat diperoleh dengan menggunakan segmentasi citra dan ekstraksi ciri. Eksperimen dengan foto mobil dan sepeda sebagai data uji menghasilkan temuan yang akurat dalam bentuk kategorisasi mobil, seperti yang diilustrasikan pada gambar 12.

5. Tabel Hasil Pengujian

Hasil pengujian kategorisasi kendaraan disajikan pada Tabel 5 beserta data gambar kendaraan uji. Dua puluh foto tersedia untuk analisis, sepuluh masing-masing mobil penumpang dan sepeda motor, dengan maksimal 16

mencapai kategorisasi yang berhasil. Ada tiga foto yang salah label. Sedangkan pada no 19 mendapatkan hasil klasifikasi mobil saat melakukan pengujian dengan data gambar sepeda motor, ketiganya (1,2 dan 5) mendapatkan hasil klasifikasi berupa sepeda motor saat pengujian dengan data gambar mobil.

Tabel 5
Tabel hasil pengujian

No	Jenis kendaraan	Hasil klasifikasi
1	Mobil 1	Sepeda motor
2	Mobil 2	Sepeda motor
3	Mobil 3	Mobil
4	Mobil 4	Mobil
5	Mobil 5	Sepeda motor
6	Mobil 6	Mobil
7	Mobil 7	Mobil
8	Mobil 8	Mobil
9	Mobil 9	Mobil
10	Mobil 10	Mobil
11	Sepeda motor 1	Sepeda motor
12	Sepeda motor 2	Sepeda motor
13	Sepeda motor 3	Sepeda motor
14	Sepeda motor 4	Sepeda motor
15	Sepeda motor 5	Sepeda motor
16	Sepeda motor 6	Sepeda motor
17	Sepeda motor 7	Sepeda motor
18	Sepeda motor 8	Sepeda motor
19	Sepeda motor 9	Mobil
20	Sepeda motor 10	Sepeda motor

Dalam hal melakukan suatu penghitungan atas nilai akurasi dari percobaan dimana sudah dilakukan memakai rumus yakni:

$$\frac{\text{Hasil Klasifikasi Benar}}{\text{Total Percobaan Pengujian}} \times 100\% = \% \text{Akurasi} \tag{4}$$

sehingga didapatkan akurasi sebesar: $\frac{16}{20} \times 100\% = 80\%$

Hasil dari berbagai uji coba mengungkapkan bahwa pendekatan *Extreme Learning Machine* digunakan dalam sistem klasifikasi mobil dengan akurasi 80%. Angka presisi yang tinggi ini menunjukkan metode ini dapat diterapkan secara efektif untuk banyak skenario yang memerlukan klasifikasi.

IV. KESIMPULAN

Dari pengujian dimana sudah dilaksanakan sehingga bisa diberikan simpulan bahwa:

1. Keakuratan kategorisasi model dua kelas sepeda motor dan kendaraan menggunakan algoritma mesin pembelajaran ekstrim mencapai hingga 80% dalam satu set pengujian.
2. Sistem mampu mengklasifikasi jenis kendaraan dengan tingkat akurasi yang tinggi, menunjukan bahwa metode *extreme learning machine* bekerja sangat baik ketika diterapkan untuk mengklasifikasikan jenis kendaraan.
3. Pada penelitian selanjutnya bisa menggunakan metode *Haar Cascade* untuk memperoleh hasil yang lebih baik. Bisa juga ditambahkan dengan mengklasifikasi dari segi warna dan nomor plat kendaraan supaya lebih akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada dosen pembimbing atas arahan dan masukan dalam proses pembuatan jurnal ini

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Himilda and R. A. Johan, "Klasifikasi Jenis Kendaraan Menggunakan Metode Extreme Learning Machine," *Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 2, no. 4, pp. 237–243, 2021.
- [2] B. Pribadi and M. Naseer, "Sistem Klasifikasi Jenis Kendaraan Melalui Teknik Olah Citra Digital," *SETRUM*, vol. 3, no. 2, pp. 35–39, 2014, doi: 10.36055/setrum.v3i2.505.
- [3] E. Susanto, S C; Setiawan B; Widyarto, "Perancangan Pengaturan Sistem Traffic Light Dengan Cctv Dinamis : Deteksi Kepadatan Jalan Dengan Citra Digital Maket Jalan Simpang Empat," *Ind. Electron. Semin.*, 2010, [Online]. Available: <http://repo.eepis-its.edu/id/eprint/53>
- [4] M. Irfan, B. A. Ardi Sumbodo, and I. Candradewi, "Sistem Klasifikasi Kendaraan Berbasis Pengolahan Citra Digital dengan Metode Multilayer Perceptron," *Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 7, no. 2, p. 139, 2017, doi: 10.22146/ijeis.18260.
- [5] J. Jumadi, Y. Yupianti, and D. Sartika, "Pengolahan Citra Digital Untuk Identifikasi Objek Menggunakan Metode Hierarchical Agglomerative Clustering," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 10, no. 2, pp. 148–156, 2021, doi: 10.23887/jstundiksha.v10i2.33636.
- [6] A. R. Putri, "Pengolahan Citra Dengan Menggunakan Web Cam Pada Kendaraan Bergerak Di Jalan Raya," *Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.*, vol. 1, no. 01, pp. 1–6, 2016, doi: 10.29100/jipi.v1i01.18.
- [7] I. Najiyah and S. Topiq, "Klasifikasi Jenis Kendaraan Roda Empat," *JURNAL RESPONSIF*, vol. 3, no. 2, pp. 199–206, 2021.
- [8] E. Winarno, "Aplikasi Deteksi Tepi pada Realtime Video menggunakan Algoritma Canny Detection," *J. Teknol. Inf. Din.*, vol. 16, no. 1, pp. 44–49, 2011.
- [9] A. Haryoko, S.H. Pramono and M. A. Muslim, "Pengenalan Karakter Plat Kendaraan Bermotor Berbasis Citra Dengan Menggunakan Metode Canny Dan Algoritma Backpropagation," *Jurnal Ilmiah NERO*, Vol. 2, No. 2 (2016) pp. 123-130.
- [10] L. A. Kurniawan, I. P. Agung Bayupati, K. S. Wibawa, I. M. Sukarsa, and I. K. Gunawan, "Sistem Klasifikasi Jenis dan Warna Kendaraan Secara Real-time Menggunakan Metode k-Nearest Neighbor dan Framework YOLACT," *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 7, no. 1, p. 12, 2021, doi: 10.26418/jp.v7i1.43073.
- [11] Z. A. Fikriya, M. I. Irawan, and S. Soetrisno., "Implementasi Extreme Learning Machine untuk Pengenalan Objek Citra Digital," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 6, no. 1, 2017, doi: 10.12962/j23373520.v6i1.21754.
- [12] H. Pangaribuan, "Optimalisasi Deteksi Tepi Dengan Metode Segmentasi Citra," *J. Inf. Syst. Dev.*, vol. 4, no. 1, pp. 30–38, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal.medan.uph.edu/index.php/isd/article/view/220>