

DETEKSI CITRA KENDARAAN BERBASIS WEB MENGGUNAKAN JAVASCRIPT FRAMEWORK LIBRARY

Jian Budiarto¹, Jihadil Qudsi²
STMIK Bumigora^{1,2}

jian.budiarto@gmail.com, jihadil.qudsi@gmail.com

Abstrak

Populasi penduduk yang semakin berkembang menyebabkan tingginya kemacetan jalan. Kemacetan terjadi karena jumlah kendaraan yang beroperasi tidak sebanding dengan volume jalan yang tersedia. Pemerintah sebagai pelaksana pelayanan bagi masyarakat belum mampu memberikan informasi lalu lintas yang memadai. Masyarakat membutuhkan informasi kondisi lalu lintas secara realtime, otomatis dan mudah diakses menggunakan internet. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi jumlah kendaraan dengan konsep internet of things menggunakan javascript detection library. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan penelitian antara lain: survei & identifikasi, analisis data, training data, dan pengembangan aplikasi menggunakan javascript framework library. Pada proses awal penelitian didapatkan tentang: informasi waktu penelitian yang tepat, citra positif-negative kendaraan, dan xml training menggunakan Haar Cascade. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 20 citra positif, tahap pertama pengujian dilakukan pada Matlab dengan keberhasilan deteksi 17 dari 20 citra atau persentase 85%. Pengujian tahap kedua dilakukan menggunakan browser dengan keberhasilan 19 dari 20 citra kendaraan positif atau persentase 95%.

Kata Kunci: Internet of things, javascript detection library, kemacetan jalan

I. PENDAHULUAN

Populasi penduduk pada kota-kota besar di Indonesia semakin meningkat. Peningkatan populasi ini secara tidak langsung berdampak pada meningkatnya kemacetan lalu lintas. Kemacetan lalu lintas terjadi karena tingkat pertumbuhan jalan tidak seimbang dengan tingkat penambahan kendaraan. Kemacetan adalah salah satu faktor sering terjadinya kecelakaan lalu lintas. Selain faktor kemacetan, faktor lain seperti gangguan perjalanan, kelelahan, kebosanan, dan waktu yang sia-sia dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan [1].

Penerapan konsep teknologi tepat guna dibutuhkan untuk mendapatkan solusi alternatif yang memberikan informasi tentang kepadatan lalu lintas. Perhitungan jumlah kendaraan dengan konsep internet of things dapat memungkinkan sebuah aplikasi bekerja secara otomatis dengan hasil informasi yang realtime. Penerapan aplikasi yang mudah untuk implementasi dan pengaksesan dapat menggunakan web browser sebagai media. Hal ini membutuhkan library yang berjalan diatas web browser yaitu javascript framework

library untuk pemrosesan cira seperti trackingjs.

Pada penelitian ini, peneliti mengusulkan untuk membangun sebuah aplikasi untuk mendeteksi citra gambar kendaraan pada media berbasis website. Diharapkan kedepannya dapat disempurnakan dan dapat digunakan secara realtime menggunakan kamera.

Membangun sebuah aplikasi deteksi citra kendaraan membutuhkan konsep pendukung antara lain kondisi jalan raya, konsep penghitung jalan, dan implementasi pada browser. Jalan raya merupakan infrastruktur yang penting dalam melakukan distribusi dan produksi. Di dalam pertanian dan perekonomian pedesaan jaringan jalan sangat dibutuhkan untuk kelancaran arus produksi maupun pemasaran hasil [2]. Kemacetan lalu lintas sudah menjadi kebiasaan di hampir seluruh bagian jalan di beberapa kota metropolitan. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kemacetan lalu lintas [3], antara lain: kondisi jalan yang sempit, jumlah kendaraan yang melebihi kapasitas jalan, dan perilaku pengendara kendaraan di Indonesia yang kurang baik.

Lalu lintas pada umumnya telah diatur di Undang-Undang [4], tata cara berlalu lintas adalah

dengan menggunakan lajur sebelah kiri. Hal ini berbeda dengan penggunaan lajur lalu lintas di luar negeri yang menggunakan lajur kanan. Untuk keselamatan, keamanan, kelancaran dan ketertiban di dalam Undang-Undang juga telah ditentukan mengenai: rekayasa manajemen lalu lintas, gerakan lalu lintas kendaraan bermotor, pemberhentian, penggunaan perlengkapan berkendara, tata cara menggiring hewan, perilaku pengemudi terhadap pejalan kaki, dan tata cara mengangkut orang dan barang.

Perhitungan jumlah kendaraan lalu lintas sangat penting untuk dilakukan. Berbagai perangkat dan metode digunakan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan jumlah kendaraan. Penggunaan perangkat seperti kamera CCTV, perangkat sensor, dan GPS pada selular sangat sering digunakan pada penelitian perhitungan kendaraan lalu lintas. Perhitungan kendaraan menggunakan kamera CCTV [5] biasanya didapatkan secara manual. Kamera menangkap citra gambar diproses menggunakan metode Normalized Sum-Squared Differences (NSSD) yang mengambil selisih jumlah pixel frame dan background dan dikuadratkan, dinormalisasi dengan luasan Detection Window. Nilai NSSD yang didapat difilter untuk mengurangi noise dan proses thresholding dilakukan untuk mendeteksi keberadaan kendaraan pada detection window. Namun perkembangan teknologi memungkinkan perhitungan kendaraan dilakukan dengan sangat cepat menggunakan video menggunakan aplikasi traffic analyzer [6]. Aplikasi tersebut mampu untuk memberikan informasi jumlah kendaraan, tipe kendaraan dan jarak antar kendaraan. Hal ini dapat dilakukan dengan cukup menghubungkan perangkat computer dengan kamera CCTV.

Perhitungan kendaraan dengan menggunakan sensor [7] biasanya menempatkan sebuah perangkat sensor pada objek kendaraan. Pada persimpangan jalan yang telah ditentukan sebuah sensor penerima transmisi telah diletakkan untuk mendeteksi sensor tersebut. Jumlah kendaraan yang berjalan adalah jumlah sensor yang terdeteksi pada akhir persimpangan tersebut. Namun penggunaan sensor pada kendaraan dirasakan kurang efektif, sehingga di penelitian lain GPS digunakan untuk membantu menambah akurasi [8].

Kapasitas jalan dapat diartikan sebagai jumlah arus kendaraan yang dapat ditampung oleh suatu jalan dalam periode tertentu. Adapun perhitungan arus lalu lintas ditetapkan dalam satuan mobil penumpang per jam (smp/jam). Kemacetan lalu lintas diakibatkan karena kapasitas jalan tidak sesuai dengan jumlah kendaraan yang berjalan. Hal ini dapat menyebabkan kebosanan, waktu terbuang sia-sia, dan kecelakaan lalu lintas. Oleh karena itu Ningsih [1] melakukan penelitian untuk mengetahui kapasitas maksimum jalan dengan menggunakan panduan dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia [5].

Manual Kapasitas Jalan Indonesia diterbitkan oleh Jendral Umum PT Bina Marga sebagai perusahaan pengelola jalan di Indonesia. Tujuannya adalah untuk memberikan panduan dalam menentukan segala hal tentang lalu lintas. Di dalam MKJI telah diatur berbagai macam ketentuan seperti: jenis jalan, kapasitas jalan, dan signal lampu lalu lintas di persimpangan. Zudhy Irawan [6] meneliti tentang pengaturan signal lalu lintas tergantung jumlah kendaraan yang melintas di suatu persimpangan. Hasil dari penelitian ini adalah cara menghitung dan menganalisis untuk penetapan waktu tunggu dari masing-masing lampu lalu lintas.

Manual Kapasitas Jalan Indonesia berisi tentang bab-bab yang mencakup metode perhitungan beberapa tentang penggunaan jalan seperti: perhitungan simpang bersinyal, perhitungan simpang tak bersinyal, bagian jalinan, jalan perkotaan, jalan di luar perkotaan, dan jalan bebas hambatan.

Lim dan Srinivas [9] melakukan penelitian dengan menggunakan citra gambar untuk menghitung jumlah kendaraan suatu jalan. Suatu perangkat kamera ditempatkan di lokasi uji dan dihubungkan dengan sebuah komputer. Komputer tersebut ditugaskan untuk mengambil citra gambar dalam periode waktu tertentu. Gambar yang diterima selanjutnya diproses dengan menggunakan metode tertentu. Lim menggunakan metode detection window dan Normalized Sum-Squared Differences. Srinivas dalam penelitiannya menggunakan Canny Edge Detection untuk menentukan keputusan pada traffic control. Penelitian tersebut juga mampu untuk mendeteksi kendaraan darurat untuk diprioritaskan.

Pemerintah daerah sebagai pelaksana aspirasi masyarakat berkewajiban memberikan pelayanan lalu lintas yang memadai. Kemacetan lalu lintas

telah menjadi permasalahan serius bagi pemerintah daerah pada umumnya. Sebelumnya, pemerintah mendapatkan informasi tentang lalu lintas hanya bersumber dari beberapa fitur kamera dari pihak kepolisian dan penyedia telekomunikasi. Tetapi, hal tersebut dirasakan masih belum efektif karena data yang tersedia tidak mencerminkan kondisi kepadatan jalan secara realtime. Di sisi lain, pemerintah menginginkan informasi lalu lintas dengan mudah untuk implementasi, pengaksesan, otomatis dan data realtime kepada masyarakat.

Masyarakat membutuhkan informasi dengan mudah seperti dapat diakses di perangkat smartphone. Sekarang, penggunaan smartphone dan sosial media dalam berbagi informasi arus lalu lintas masih belum mampu mendapatkan informasi yang tepat karena kurangnya partisipasi dari pengguna. Oleh karena itu, dengan tingkat informasi yang rendah maka masyarakat memilih jalan yang biasa digunakan dan justru semakin memperparah kepadatan jalan.

Kepadatan terjadi tidak hanya karena kapasitas jalan sudah tidak sesuai dengan jumlah kendaraan, namun hal ini terjadi karena kebiasaan pengendara kendaraan secara bersamaan pada waktu tertentu menggunakan jalan yang sama. Ini dapat menyebabkan penumpukan lajur dan distribusi kendaraan menjadi tidak merata. Oleh karena itu Zhang [12] membuat penelitian untuk membantu pengendara mendapatkan panduan pengalihan arus kendaraan jika suatu ruas jalan tidak seimbang dengan ruas jalan yang lain pada suatu persimpangan. Untuk mengatasi permasalahan ini metode yang digunakan adalah backpressure based routing algorithm.

Arus lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melintasi suatu lajur jalan pada periode waktu tertentu. Arus lalu lintas diukur dengan satuan kendaraan penumpang per waktu tertentu (smp/det). Hubungan arus lalu lintas, jumlah kendaraan dan periode waktu dapat dirumuskan dengan Persamaan (2-1)

$$U = \frac{N}{T} \quad (2-1)$$

dengan

- A. = arus lalu lintas (satuan mobil penumpang/detik)
- I. = jumlah kendaraan yang melintasi suatu lajur jalan (satuan mobil penumpang / smp)
- B. = periode waktu yang telah ditentukan (detik)

Kepadatan lalu lintas adalah tingkat perbandingan antara jumlah kendaraan yang melintasi suatu jalan dengan panjang jalan tersebut. Hubungan antara kepadatan jalan, jumlah kendaraan dan panjang jalan dapat dirumuskan dengan Persamaan (2-2).

$$D = \frac{N}{L} \quad (2-2)$$

dengan

- D = kepadatan lalu lintas (smp/meter)
- N = jumlah kendaraan yang melintasi suatu lajur jalan (satuan mobil penumpang / smp)
- L = panjang lajur jalan (meter)

II. METODOLOGI

Adapun tahapan-tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

- i. Survei dan identifikasi
- ii. Analisis data
- iii. Training Data
- iv. Pengembangan aplikasi dengan menggunakan javascript detection library

Detail tahapan penelitian tersebut dapat digambarkan pada gambar berikut.



Gambar 1 Detail Tahapan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang harus dilalui. Tahapan awal berupa survei

dan identifikasi masalah yang ditemukan pada lokasi penelitian. Tahapan selanjutnya yaitu pengambilan data berupa video dan gambar. Pada tahapan ini data video direkam menggunakan kamera yang telah disediakan, sedangkan file gambar berasal dari ekstraksi frame file video. Dengan menggunakan tool seperti matlab dan json converter, gambar yang telah diperoleh ditraining menggunakan metode haar cascade classifier. data training yang telah dikonversi selanjutnya diimplementasi pada aplikasi berbasis web yang sebelumnya telah dipersiapkan. Untuk memastikan implementasi telah berhasil aplikasi diuji dengan menggunakan gambar dan video. Jika implementasi dengan aplikasi berhasil, selanjutnya melakukan integrasi dengan stream video langsung dari kamera. Pengujian dilakukan kembali untuk menguji apakah integrasi telah berhasil. Tahapan akhir dari penelitian ini adalah menerapkan konsep internet of things pada aplikasi agar informasi dapat terdistribusi secara realtime dan otomatis. Dalam hal ini, peran serta pemerintah sebagai pelaksana pelayanan pemerintah sangat dibutuhkan untuk mengatasi permasalahan yang sering dihadapi.

a. Survei Dan Identifikasi

Pada tahapan ini peneliti melakukan survei terhadap karakteristik jalan. Survei ini mendapatkan informasi tentang jumlah kendaraan yang masuk ke ruas jalan pada jam tertentu. Hal tersebut bermanfaat untuk menghitung kepadatan jalan, jika kepadatan terlalu tinggi maka pengambilan citra gambar akan terganggu.

Selain itu, identifikasi juga dilakukan jika terdapat gangguan lalu lintas seperti adanya pasar, pedagang pinggir jalan, kerusakan jalan, proyek pengerjaan jalan dan lain-lain. Gangguan lalu lintas tersebut dapat mengakibatkan penyempitan ruas jalan karena beberapa bagian yang seharusnya digunakan untuk pengendara namun tidak dapat digunakan kembali. Hal ini berdampak pada waktu tempuh kendaraan pada ruas jalan tersebut.

b. Analisis Data

Lokasi penelitian yang layak apabila tidak terjadi gangguan lalu lintas yang dapat mempengaruhi penelitian dalam pengambilan data. Jika terjadi kemacetan atau suasana pasar

yang ramai maka pengambilan data tidak dapat dilakukan. Data yang dihasilkan adalah berupa gambar dan video kendaraan khususnya mobil. Video dihasilkan dengan merekam kendaraan yang sedang melakukan aktifitas pada jarak tertentu. Sedangkan gambar dihasilkan dari ekstraksi frame video menjadi gambar setiap kendaraan yang tersimpan.

c. Training Data

Video yang didapatkan pada proses sebelumnya akan diekstrak menjadi gambar-gambar aktifitas kendaraan. Gambar tersebut diolah dan di training dengan menggunakan tools tertentu seperti matlab dan converter format viola jones agar mendapatkan json format yang dibutuhkan oleh javascript detection library. Metode yang biasa digunakan untuk mendeteksi kendaraan adalah haar cascade classifiers.

d. Pembuatan aplikasi menggunakan javascript detection library

Tahap pengembangan ini dimulai dengan membuat sebuah aplikasi berbasis web sederhana. Website terdiri dari 1 halaman html yang sudah dilengkapi dengan javascript detection library (trackingjs). Tampilan halaman web berupa frame yang didalamnya terdapat sebuah gambar kendaraan. Selain itu, terdapat 2 buah tombol yaitu tombol DETEKSI dan HAPUS. Tombol DETEKSI digunakan untuk memerintahkan program pada trackingjs untuk melakukan deteksi kendaraan pada gambar kendaraan yang telah tersedia. Jika telah ditemukan, maka program akan otomatis melakukan tagging atau pelabelan. Tombol HAPUS digunakan untuk menghapus pelabelan yang telah dilakukan sebelumnya. Untuk lebih jelasnya, proses pembuatan aplikasi ini dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1 Rancangan Aplikasi Web
Selanjutnya, tahap pengembangan aplikasi disempurnakan dengan mencoba apakah aplikasi

dapat melakukan deteksi pada format video. Dengan menggunakan proses operasional yang sama, video akan berjalan ketika proses deteksi dimulai. Pada jarak tertentu, jika mendapat objek yang sesuai dengan ciri kendaraan mobil maka aplikasi otomatis akan melakukan pelabelan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Survei Dan Identifikasi

Lokasi pengambilan data pada penelitian ini di Jalan Bung Karno (perempatan STMIK Bumigora perempatan Pizza Hut), Cilinaya, Cakranegara, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. Jalan ini merupakan jalan utama untuk menuju Rumah Sakit Kota Mataram. Selain itu, jalan ini digunakan untuk putar balik menuju pusat perekonomian di Jalan Pejangik.

Gambar yang diharapkan adalah gambar yang merekam kendaraan roda 4 (mobil). Di dalam gambar, kendaraan tersimpan tidak terlalu dekat dengan kendaraan yang lain yang tidak diperlukan seperti kendaraan bermotor, gerobak, cidomo dll. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan melakukan crop, kalsifikasi dan training citra gambar mobil kendaraan.

Berdasarkan survey, pada rentang waktu tertentu dilakukan survey apakah kondisi tersebut cocok untuk pengambilan data. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Tabel survey kecocokan waktu pengambilan data

Waktu Pengambilan Sampel	Jarak Hitung	Jumlah Kendaraan / 10 menit
08.00-09.00	20 meter	38
11.00 – 12.00	20 meter	34
14.000 – 15.00	20 meter	18
17.00 – 18.00	20 meter	23

Berdasarkan survey pada Tabel 3, didapatkan bahwa waktu yang tepat untuk pengambilan data sampel pada pukul 14.00-15.00. hal ini karena jumlah kendaraan yang tidak terlalu banyak dan pencahayaan yang cukup (tidak terlalu terang dan redup).

b. Analisis Data

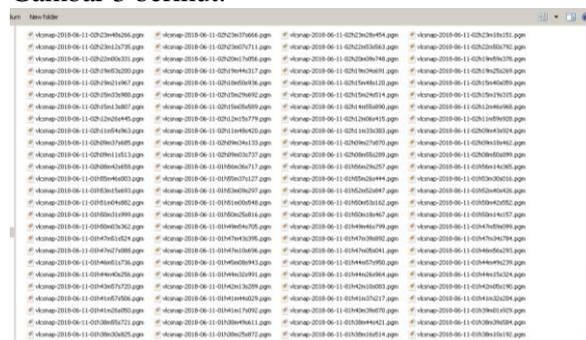
Pengambilan gambar menggunakan kamera Go Pro Hero5 dengan setting fps 60.

Hal ini dilakukan untuk mendapatkan jumlah frame yang banyak setiap detiknya. Oleh karena itu, kecepatan kendaraan mobil yang tinggi pada persimpangan jalan, dapat direkam dengan baik. Untuk citra kendaraan mobil, dibutuhkan 135 citra gambar sebagai sampel positif untuk training. Video dapat diekstrak dengan menggunakan aplikasi vlc dan memilih citra gambar yang baik. Selanjutnya crop sampel citra agar sesuai dengan kebutuhan, sampel citra tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 sampel citra positif

Untuk melakukan training gambar, citra kendaraan yang memiliki format RGB harus diubah ke dalam format grayscale. Mengubah format ini dapat menggunakan tool seperti Matlab. Selain itu untuk menyamakan tipe file, dipilih tipe file dengan ekstensi *.pgm. Tipe file ekstensi ini sering digunakan untuk melakukan training gambar. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



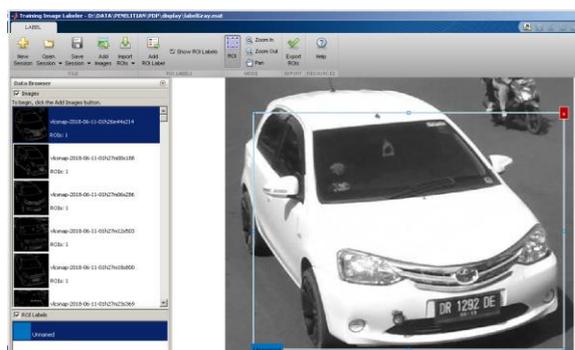
Gambar 3 konversi tipe file ke ekstensi *.pgm

c. Training Data

Tahap pertama dalam melakukan training data adalah melakukan labeling gambar. Labeling ini menggunakan toolbox Training Image Labeler pada aplikasi Matlab. Proses Labeling bertujuan

untuk memetakan fokus pemrosesan gambar pada saat training. Oleh karena itu, pada saat training Matlab hanya melakukan learning pada area-area yang telah ditentukan saja.

Seluruh gambar terlebih dahulu ditambahkan pada working path yang telah disediakan oleh toolbox. Memberikan label dilakukan dengan memilih gambar terlebih dahulu pada Data Browser, selanjutnya dengan membuat kotak pada gambar sebagai label. Hal ini dilakukan untuk semua gambar yang diperuntukkan sebagai gambar positif objek. Proses Labeling dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4 Proses Labeling Image

Hasil labeling yang telah disimpan pada data struct digunakan untuk melakukan training. Klasifikasi fitur menggunakan metode Haar Cascade dengan jumlah tahapan (stage) sebanyak 10. Dengan menggunakan code Matlab pada Gambar 5 dapat diperoleh hasil training dalam bentuk file xml.

```
1 positive_ins label_pos
2 positiveFolder fullfile('D:\DATA\PENELITIAN\PDP\display\pgmPOS')
3 addpath(positiveFolder)
4 negativeFolder fullfile('D:\DATA\PENELITIAN\PDP\display\pgmNEG')
5
6
7 trainCascadeObjectDetector('cargray.xml', positive_ins, negativeFolder,...
8 'NumCascadeStages',10,'FeatureType','Haar');
```

Gambar 5 code Matlab untuk training

Tahapan dalam pelaksanaan pengujian hasil deteksi objek dijabarkan sebagai berikut:

- i. Menyiapkan gambar uji sebanyak 20 citra gambar
- ii. Menyiapkan file xml hasil klasifikasi menggunakan Haar
- iii. Membuat kode pada aplikasi Matlab
- iv. Melakukan pengujian citra gambar dan melihat hasil deteksi berupa kotak.

Kode yang digunakan untuk melakukan pengujian dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.

```
detector =
vision.CascadeObjectDetector('../cargray.xml');
I = imread('uji/3.jpg');
I = rgb2gray(I);

bbox = detector(I);
[ccox,score] = step(detector);

disp(bbox);
disp(score);

j = 0;
for i = 1:size(bbox,1)
    if(bbox(i,4) > 100)
        j = j + 1;
        nbbox(j,:) = bbox(i,:);
    end
end
```

Gambar 6 Code Pengujian Matlab

Hasil deteksi citra berupa kotak yang mengelilingi suatu objek pada gambar yang dianggap memiliki kesamaan ciri dengan hasil training. Tiap gambar terkadang memiliki deteksi gambar yang lebih dari satu. Oleh karena itu, kode pada matlab hanya mengeluarkan kotak deteksi yang memiliki lebih lebar minimal 100 pixel. Hasil deteksi dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7 kotak deteksi kendaraan

Keberhasilan program Matlab dalam mendeteksi kendaraan dengan baik dan posisi yang tepat adalah 17 dari 20 citra gambar uji. Hal ini berarti training memiliki keberhasilan sebesar 85 %.

d. Pembuatan aplikasi menggunakan javascript framework library

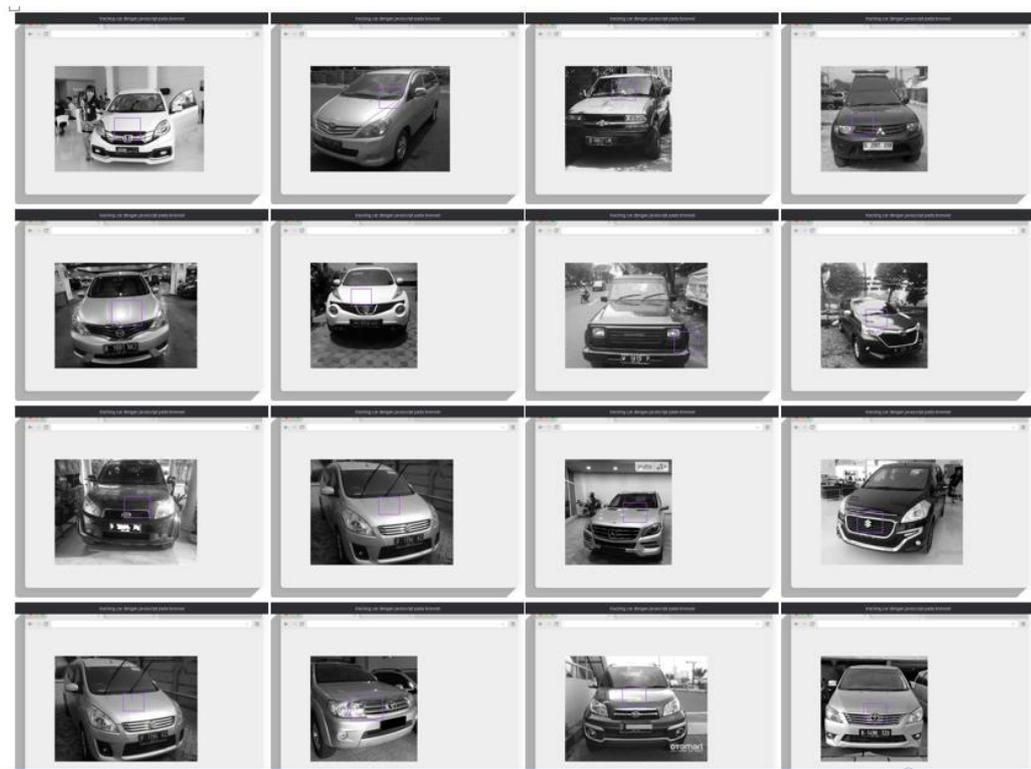
file xml training dengan metode Haar harus diubah dalam bentuk format javascript agar dapat digunakan pada browser. Mengubah xml ke dalam bentuk javascript dapat menggunakan tool gulp-convert-tjs. Sebuah file gulpfile.js dibuat dengan kode sebagai berikut.

```
var gulp = require('gulp');  
var converterTjs = require('gulp-converter-tjs');  
  
gulp.task('default', function () {  
  gulp.src('cargray.xml')  
    .pipe(converterTjs())  
    .pipe(gulp.dest('modified-files'));  
});
```

Gambar 8. Kode untuk konversi xml Haar ke dalam bentuk javascript

File xml yang telah dikonversi menjadi file javascript ditanamkan pada kode berbasis HTML+javascript. Deteksi mobil kendaraan

menggunakan Library javascript khusus image processing Trackingjs. Hasil deteksi menggunakan library ini dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. hasil deteksi menggunakan library javascript

Berdasarkan pengujian aplikasi integrasi telah berhasil dilakukan, program berjalan dengan baik. Kotak deteksi mampu mendeteksi objek yang dianggap mirip dengan citra training. 19 gambar dari 20 citra uji dapat mendeteksi dengan baik posisi kendaraan mobil.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan 2 macam pengujian yaitu pengujian hasil training dan pengujian aplikasi pada browser. Pengujian hasil training dilakukan dengan menggunakan aplikasi Matlab. Pengujian ini menggunakan Matlab dihasilkan keberhasilan deteksi kendaraan mobil 17 dari 20 citra kendaraan dengan tepat. Hal ini berarti training memiliki keberhasilan 85 %. Sedangkan pengujian aplikasi pada web browser, program mampu mengenali citra gambar 19 dari 20 kendaraan mobil. Hal ini berarti pengujian aplikasi memiliki keberhasilan 95%.

Sebelum pengujian aplikasi, konversi file xml ke dalam format library javascript mutlak harus dilakukan. Konversi menggunakan tool gulp-converter-tjs berhasil dilakukan dan dapat

digunakan pada aplikasi menggunakan library javascript dengan media browser.

B. Saran

Untuk pengembangan selanjutnya, aplikasi ini dapat disempurnakan dan dapat digunakan secara realtime menggunakan kamera CCTV.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan kesempatan untuk membantu penelitian ini dalam program hibah penelitian dosen pemula Tahun 2018 dengan nomor kontrak Sp DIPA-042.06.1.401516/2018.

REFERENSI

- [1] D. H. U. Ningsih, "Analisa Optimasi Jaringan Jalan Berdasar Kepadatan Lalulintas di Wilayah Semarang dengan Berbantuan Sistem Informasi Geografi," *Din.-J. Teknol. Inf.*, vol. XV, pp. 121–135, Jul. 2010.

- [2] D. H. U. Ningsih, "Analisa Optimasi Jaringan Jalan Berdasar Kepadatan Lalulintas di Wilayah Semarang dengan Berbantuan Sistem Informasi Geografi," *Din.-J. Teknol. Inf.*, vol. XV, pp. 121–135, Jul. 2010.
- [3] T. Tambunan, "Kondisi Infrastruktur Indonesia." *Kadin Indonesia*, Apr-2006.
- W. Sediono and D. Handoko, "Pemodelan dan simulasi antrian kendaraan di gerbang tol," presented at the *Semiloka Teknologi Simulasi dan Komputasi serta Aplikasi*, 2004
- [4] "Undang Undang No. 14 Tahun 1992 Tentang : Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan." May-1992.
- [5] "Highway Capacity Manual Indonesia." Directorate General Bina Marga.
- [6] M. Z. Irawan, T. Sumi, and A. Munawar, "Implementation of the 1997 Indonesian Highway Capacity Manual (MKJI) Volume Delay Function," *J. East. Asia Soc. Transp. Stud.*, vol. 8, pp. 350–360, 2010.
- [7] "Pengukuran Kepadatan Arus Lalu Lintas Menggunakan Sensor Kamera," *ResearchGate*. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/43940251_Pengukuran_Kepadatan_Arus_Lalu_Lintas_Menggunakan_Sensor_Kamera. [Accessed: 09-Jun-2017].
- [8] "Intelligent Transportation Systems." [Online]. Available: <http://www.kritikalsolutions.com/intelligent-transportation-systems>. [Accessed: 09-Jun-2017].
- [9] S. Taghvaeeyan and R. Rajamani, "Portable Roadside Sensors for Vehicle Counting, Classification, and Speed Measurement," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 15, no. 1, pp. 73–83, Feb. 2014.
- [11] L. Shoufeng, W. Jie, H. van Zuylen, and L. Ximin, "Deriving the Macroscopic Fundamental Diagram for an urban area using counted flows and taxi GPS," in *16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2013)*, 2013, pp. 184–188.
- [12] P. Srinivas and Y. L. Malathilatha, *Image Processing Edge Detection Technique used for Traffic Control Problem*.
- [13] R. Zhang, Z. Li, C. Feng, and S. Jiang, "Traffic Routing Guidance Algorithm Based on Backpressure with a Trade-Off between User Satisfaction and Traffic Load," in *2012 IEEE Vehicular Technology Conference (VTC Fall)*, 2012, pp. 1–5.
- [14] A. Padiath, L. Vanajakshi, S. C. Subramanian, and H. Manda, "Prediction of traffic density for congestion analysis under Indian traffic conditions," in *12th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, 2009. ITSC '09*, 2009, pp. 1–6.