

Pemantauan Jumlah Kendaraan pada Jalan Tol Menggunakan Metode *Frame Difference*

M. Sofyan Bahrum Juniardi ^{#1}, Mahmud Imrona ^{#2}, P. H. Gunawan ^{#3}

*Jurusan Ilmu Komputasi, Fakultas Informatika, Universitas Telkom
Jln. Telekomunikasi No.1, Terusan Buah Batu Bandung, 40257 Indonesia*

¹ sofyanbahrum95@gmail.com

³ phgunawan@telkomuniversity.ac.id

² mahmudimrona@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Jumlah kendaraan di Indonesia semakin meningkat karena produksi mobil murah yang tidak dapat dibatasi oleh pemerintah sehingga sering mengalami kemacetan lalu lintas. Bandung merupakan salah satu kota terbesar di Indonesia dengan jumlah kendaraan terbanyak sering mengalami kemacetan lalu lintas terutama pada jam sibuk dan akhir pekan akibat pertumbuhan penduduk, urbanisasi dan transmigrasi mengalami peningkatan dan tidak sebanding dengan pertumbuhan serta perkembangan infrastruktur yang memadai sehingga sering terjadi kemacetan. Pada penelitian ini, penulis mengembangkan sistem pemantauan lalu lintas untuk menghitung jumlah kendaraan menggunakan metode *frame difference*. Dalam mengimplementasikan metode ini untuk menghitung jumlah kendaraan pada jalur tol, peneliti menggunakan dua sudut pandang berbeda. Asumsi pada penelitian ini menggunakan latar belakang statis. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh hasil performansi dari Tol Pasteur dengan sudut pandang condong memiliki *error* sebesar 8,21% dan Tol Purbaleunyi dengan sudut pandang vertikal memiliki *error* sebesar 4,43% menggunakan *filter* dan operasi morfologi. Sebaliknya, jika tanpa menggunakan *filter* dan operasi morfologi, memiliki *error* 175,22% pada Tol Pasteur dan 115,44% pada Tol Purbaleunyi.

Keywords: sistem transportasi pintar, *grayscale*, *frame difference*, *threshold*

I. PENDAHULUAN

Kamera sering digunakan sebagai alat untuk memantau kondisi lalu lintas pada jalan tol. Sistem pemantauan lalu lintas akan membantu menyediakan informasi kondisi lalu lintas dan jumlah (*volume*) kendaraan yang melewati jalan tol [1]. Melihat kondisi dan situasi di era modernisasi, sistem transportasi pintar sangat menarik dilakukan penelitian akibat meningkatnya populasi manusia maka meningkat juga jumlah kendaraan bermotor sebagai penunjang mobilitas. Beberapa algoritma *counting* telah banyak digunakan untuk mengatasi berbagai masalah penghitung banyaknya kendaraan. Tingkat *error* dan kompleksitas dari algoritma sangat bervariasi, bergantung pada durasi, sudut pandang kamera, banyaknya kendaraan dan sistem pemantauan lalu lintas [2].

Algoritma *Frame Difference* digunakan untuk mengidentifikasi perubahan piksel pada setiap *frame* sehingga piksel yang berubah dinyatakan sebagai kandidat objek. Kemudian dilakukan filterisasi dan operasi morfologi kandidat objek untuk menghilangkan *noise* dan rekonstruksi objek serta dilakukan pelabelan sehingga menjadi objek utuh terdeteksi (*foreground*) untuk dilakukan *counting*. Dengan menggunakan metode *error MAPE* (*Mean Absolute Percentage Error*) sehingga yang memiliki nilai *MAPE* mendekati nol memiliki *error* yang terendah.

II. PENGOLAHAN CITRA

A. Citra Digital RGB

Suatu citra digital memiliki tiga informasi terpisah untuk setiap pikselnya yang berukuran $m \times n$ direpresentasikan oleh suatu array berukuran $m \times n \times 3$ [3] dimana m panjang citra, n lebar citra, dan 3 adalah representasi setiap layer rgb. Array tiga dimensi pada citra dipandang sebagai entitas tunggal yang memuat tiga matriks terpisah [3]. Pilihan skala 256 ini didasarkan pada cara mengungkap 8 digit bilangan biner yang digunakan oleh perangkat elektronik saat ini yaitu 2^8 yaitu 256. Dengan cara ini, akan diperoleh kombinasi dan komposisi warna sebanyak $256 \times 256 \times 256 = 16.777.216$ jenis warna [3].

B. Citra Grayscale

Warna abu-abu diwakili dari tiga warna primer yaitu merah, hijau, dan biru cahaya yang ditransmisikan, masing-masing warna direpresentasikan sebagai nilai desimal 0 (hitam) sampai 255 (putih), atau dalam biner 00000000 sampai 11111111 [4]. Untuk mengubah setiap warna primer, nilai setiap layer R, G dan B menjadi abu abu dengan nilai S, maka konversi warna dapat dilakukan menggunakan persamaan (1) :

$$S_{(x,y)} = 0.2989 \times R + 0.5870 \times G + 0.1140 \times B \quad [5] [6] (1)$$

Rentang intensitas hasil menggunakan konversi (1) dinyatakan antara minimum yaitu 0 (hitam) dan maksimum 255 (putih) dengan nilai pecahan diantara kedua rentang nilai tersebut. Nilai bilangan yang terdapat pada persamaan didapat berdasarkan luminansi (berdasarkan persepsi pandangan normal mata manusia) dan nilai setiap layer RGB didapat berasal dari hasil tangkapan kamera digital. Untuk mendapatkan rentang piksel antara nol hingga satu diperlukan normalisasi yaitu menggunakan Normalisasi Histogram [6]. Tujuan citra skala abu-abu dinormalisasi yaitu memperoleh penyebaran histogram yang merata sehingga setiap derajat keabuan dan memiliki derajat yang relatif sama serta memperoleh gambar yang lebih tajam dengan menggunakan persamaan (2).

$$S_G = \frac{N_G - \text{Min}(N)}{\text{Max}(N) - \text{Min}(N)} \times 1 \quad (2)$$

C. Frame Difference

Frame Difference adalah suatu metode pada pengolahan citra digital dengan mengekstraksi video untuk diproses lebih lanjut pada komputer. Pada penelitian ini objek yang akan diolah yaitu mobil yang bergerak pada ruas jalan tol jalur searah. Proses segmentasi gerakan merupakan langkah dasar untuk mendeteksi kendaraan dalam serangkaian gambar bergerak untuk penetapan nilai piksel masing-masing koordinat berdasarkan orientasi dengan *background* statis [7]. Apabila hasil pengurangan mendekati nol maka warna akan mendekati warna hitam, dan sebaliknya [8] menggunakan persamaan (3). Pemodelan *background* pada pengolahan citra menggunakan teknik non-rekursif [8]. Syarat utama video (*foreground*) dengan *background* yaitu ukuran matriks harus sama. Berikut adalah persamaan *frame difference*:

$$[F_{x,y}(i)] = [I_{x,y}(i) - I_{x,y}(i = 0)] \quad (3)$$

D. Thresholding Citra

Thresholding adalah proses mengubah citra berderajat keabuan menjadi citra biner atau hitam putih, menggunakan metode Pengembangan Dwi-Aras (*Bit Level Thresholding*) menggunakan persamaan (4) dimana nilai yang lebih kecil daripada nilai *threshold* dikelompokkan sebagai area pertama dan lebih besar atau sama dengan nilai *threshold* dikelompokkan menjadi area kedua atau biasa disebut pengembangan intensitas [4]. Jika pada setiap piksel di *frame* video nilai berada dibawah *threshold*, maka dikatakan sebagai *background* dan sebaliknya.

$$[F(i)] = [I_{x,y}(i) - I_{x,y}(i = 0)] \geq \text{Threshold} \quad (4)$$

E. Filter and Operasi Morfologi

Morphology Operation adalah salah satu teknik pengolahan citra digital dengan menggunakan struktur bentuk objek yang terkandung pada citra [9]. Secara sederhananya yaitu sebagai bentuk dan struktur suatu objek atau dalam pendeskripsian yang lain adalah susunan dan hubungan antar bagian dari suatu objek untuk menganalisa bentuk objek digital [10]. Beberapa operasi morfologi dan rekonstruksi citra yang digunakan yaitu *bwareaopen*, *structuring elements*, *dilation*, dan *infill*.

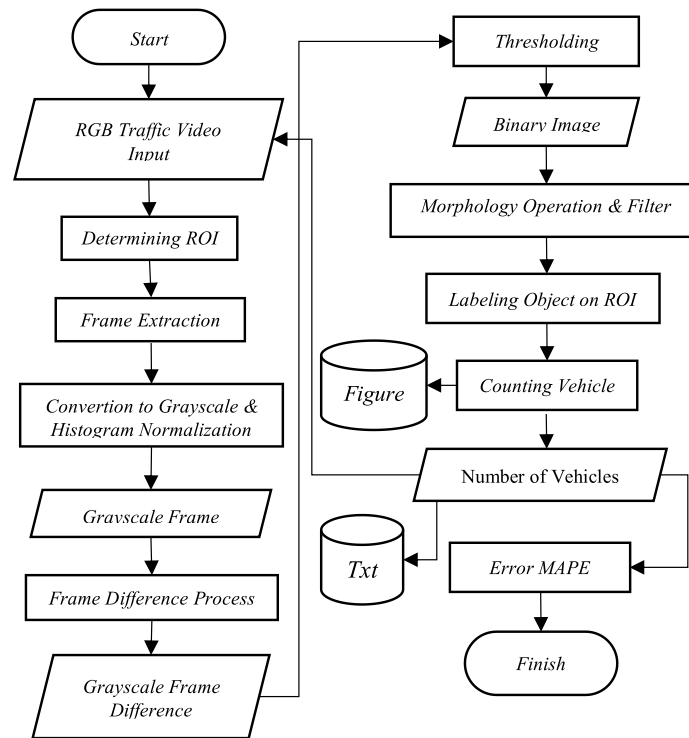
F. Performansi Sistem

Ketepatan dalam mengukur kesesuaian antara data hasil pengolahan citra dengan data aktual di lapangan dapat menggunakan perhitungan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*. *MAPE* merupakan nilai rata-rata (mean) mutlak dari keseluruhan presentasi kesalahan (selisih) antara data aktual dengan data hasil pengolahan yang ditunjukkan dalam persentase. *MAPE* menggunakan rumus pada (5) sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum |A-F|}{\sum A} \times 100 \quad (5)$$

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, telah dibuat perancangan sistem yang akan diimplementasikan agar penelitian ini dapat berjalan dengan tujuan. Berikut adalah gambaran umum dari perancangan sistem tersebut :



Gambar 1 Flowchart Umum Sistem Keseluruhan

Mengacu pada sistem penelitian Gambar 1, detail rancangan sistem dijelaskan pada beberapa tahap sebagai berikut:

- *Input* video lalu lintas (*rgb*) yaitu citra masukan *rgb* berupa video
- Menentukan *ROI* yaitu menentukan domain yang akan diproses
- Ekstraksi *frame* yaitu segmentasi video dengan 25 *frame* tiap detiknya
- Konversi *grayscale* & normalisasi yaitu konversi ke skala abu-abu dan normalisasi histogram sehingga lebih tajam
- *Frame grayscale* yaitu *output* hasil konversi *grayscale*
- Proses *frame difference* yaitu proses pengurangan mutlak nilai piksel yang berubah
- *Thresholding* yaitu pengambangan menuju citra biner
- Citra Biner yaitu hasil citra bernilai 0 atau 1
- Operasi morfologi dan *filter* yaitu operasi struktur bentuk dan penyaringan objek maupun *noise*
- Label objek yaitu pelabelan objek bernilai 1 pada piksel putih
- *Counting vehicle* yaitu penghitungan objek/ kendaraan
- Jumlah Kendaraan yaitu *output* dari *counting vehicle*
- *MAPE* yaitu metode menghitung *error* penelitian
- *Txt* dan *figure* yaitu data yang akan disimpan pada *drive* berupa format *txt* dan *figure* JPEG

IV. HASIL DAN DISKUSI

Pengambilan citra dilakukan di atas jembatan tol pintu masuk kendaraan pada tanggal 10 Juni 2017 yang berlokasi Jln. Gunung Batu, Bandung, Jawa Barat tepat diatas Tol Pasteur bertepatan pada hari Rabu, 31 Mei 2017 sekitar pukul 15.00 hingga 18.00 WIB dan Jln. Wibawa Mukti II (Jembatan Tol Purbaleunyi) Perumahan Ciganitri pada hari Jum'at tanggal 24 November 2017 sekitar pukul 17.00 WIB. Durasi videon bervariasi mulai 60 hingga 100 detik, beresolusi 380 x 170 piksel, *frame rate per second* sebesar 25 *fps*, format MP4.

A. Skenario Pengujian Sudut Pandang

Pengujian sudut pandang dilakukan dengan sudut vertikal pada Tol Purbaleunyi dan condong pada Tol Pasteur sesuai daerah *ROI (Region of Interest)* yang dipilih pada Gambar 2. Pengujian menggunakan sudut pandang dilakukan untuk membanding hasil kedua skenario untuk mendapatkan hasil *error* terendah.



(a) (b)

Gambar 2 Sudut pandang condong (a), Sudut pandang vertikal (b)

B. Skenario Pengujian Bobot Threshold

Pengujian menggunakan beberapa skenario bobot *threshold* berbeda bertujuan untuk mendapatkan nilai terbaik untuk setiap citra video dalam mendeteksi objek sehingga noise (piksel putih) yang dihasilkan minimum. Pengujian nilai bobot *threshold* dilakukan dengan dua nilai tebakan berbeda terbaik yaitu (0.100), dan (0.150) dapat dilihat pada Gambar 3. Bobot *threshold* 0.100 digunakan pada jalur Tol Pasteur dan bobot 0.150 digunakan pada Tol Purbaleunyi.



(a) (b)

Gambar 3 Bobot Threshold 0,100 Tol Pasteur (a), Bobot Threshold 0,150 Tol Purbaleunyi (b)

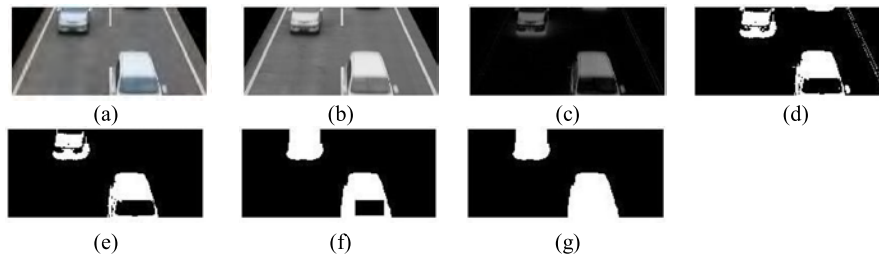
Berdasarkan pengujian skenario pemberian nilai bobot *threshold* menggunakan nilai (0.100), dan (0.150), merupakan bobot terbaik yang menghasilkan piksel putih (kandidat objek) yang mendekati bentuk asli objek dan memiliki *noise* sedikit. Pada pengujian akan dibandingkan bobot *threshold* berdasarkan tebakan dengan mencari bobot nilai rata-rata dari mutlak pengurangan piksel putih setiap frame.

C. Skenario Pengujian Morfologi

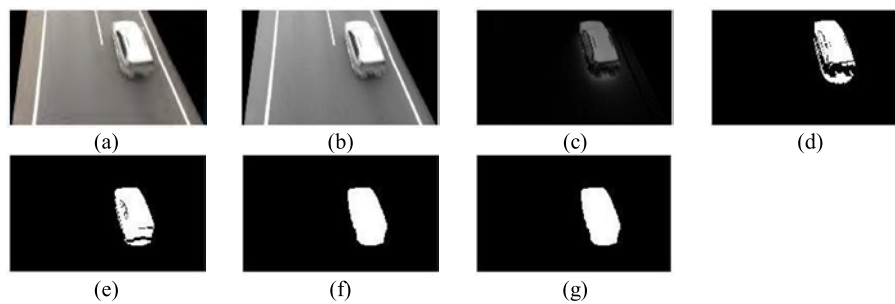
Pengujian menggunakan skenario morfologi untuk membandingkan antara pengolahan menggunakan beberapa operasi morfologi dengan tanpa operasi morfologi, sehingga dapat dilihat perbedaan hasil pengolahan antara kedua citra. Jika tanpa menggunakan filter dan operasi morfologi, pengolahan citra hanya sampai proses *bwareaopen (BWAO)*. Jika menggunakan filter dan operasi morfologi sampai *image fill (imfill)*. Pada Gambar 4 dan Gambar 5 memiliki tahapan proses citra yang sama yaitu:

1. Citra *rgb* adalah masukan citra digital yang diambil dari rekaman kamera berdasarkan setiap sudut pandang
2. Citra *grayscale* adalah hasil konversi citra *rgb* menuju citra *grayscale* menggunakan persamaan (1) dan dinormalisasi menggunakan persamaan (2) sehingga bentuk dan nilai citra menjadi sederhana
3. *Frame difference* adalah proses segmentasi video menjadi frame yang berurutan untuk mendeteksi *background* dan *foreground* (kandidat objek) menggunakan persamaan (3)
4. Citra biner adalah citra yang hanya memiliki dua nilai, 0 sebagai *background* (hitam) dan 1 sebagai *foreground* (putih). Pada tahap ini gambar memiliki banyak *noise* yang rentan terdeteksi sebagai objek dan pada tahap ini juga citra menjadi bentuk dan nilai yang paling sederhana

5. *Filter bwareaopen* untuk menghilangkan serangkaian piksel yang terhubung dibawah 500 piksel menjadi *background* (hitam) karena dianggap sebagai *noise*
6. Citra *dilation* adalah proses operasi morfologi berupa penebalan objek dengan struktur elemen persegi dengan panjang 30 dan lebar 15 piksel bertujuan menghindari kandidat objek terputus karena *noise* atau warna objek terlalu gelap
7. *Image fill* adalah proses mengubah atau mengisi area bernilai 0 menjadi bernilai 1 dengan kondisi area 0 harus dikeliling dengan piksel bernilai 1 yang saling terkoneksi seperti bentuk donat. Proses ini adalah hasil akhir dari kandidat objek terdeteksi sebagai mobil



Gambar 4 Tahapan pengolahan citra pada Tol Pasteur



Gambar 5 Tahapan pengolahan citra pada Tol Purbaleunyi

Berdasarkan pengujian skenario pemberian nilai bobot *threshold* menggunakan nilai (0,100), dan (0,150), merupakan bobot terbaik yang menghasilkan piksel putih (kandidat objek) yang mendekati bentuk asli objek dan memiliki *noise* sedikit. Pada pengujian akan dibandingkan bobot *threshold* berdasarkan tebakan dengan bobot rata-rata dari mutlak pengurangan piksel.

D. Hasil Pengujian Skenario dan Error

Penelitian ini menggunakan metode *MAPE* dalam mengukur *error* hasil pengujian. *MAPE* (*Mean Absolute Percentage Error*) adalah rata-rata dari keseluruhan (selisih) antara data aktual (observasi) dengan data hasil pengolahan ditunjukkan dalam persentase. Data aktual (observasi) didapatkan melalui observasi lapangan langsung dengan menggunakan kamera sebagai media untuk merekam kondisi jalan tol dengan memposisikan kamera sesuai sudut pandang condong dan vertikal.

Tabel 1 Spesifikasi data observasi (data aktual)

Kamera	Jumlah Frame	Jumlah Mobil (Observasi)	Bobot Threshold	Durasi (detik)
Pasteur 1	1882	55	0,100	75,28
Pasteur 2	1896	51	0,100	75,84
Pasteur 3	1524	41	0,100	60,96
Purbaleunyi 1	1527	31	0,150	61,08
Purbaleunyi 2	2499	60	0,150	99,96
Purbaleunyi 3	1241	33	0,150	49,64

Tabel 2 Skenario pengujian dan hasil akhir dengan bobot threshold tebakan terbaik

Kamera	Jumlah Mobil (Observasi)	Jumlah Mobil (dengan Operasi Morfologi)	Jumlah Mobil (tanpa Operasi Morfologi)	MAPE (dengan Operasi Morfologi) (%)	MAPE ((tanpa Operasi Morfologi) (%)
Pasteur 1	55	57	129	3,64	134,55
Pasteur 2	51	49	141	3,92	176,47
Pasteur 3	41	48	129	17,07	214,63
Purbaleunyi 1	31	32	74	3,23	138,71
Purbaleunyi 2	60	57	118	5,00	96,67
Purbaleunyi 3	33	34	65	3,03	96,97

Tabel 3 Skenario pengujian dan hasil akhir dengan bobot threshold rata-rata

Kamera	Jumlah Mobil (dengan Operasi Morfologi)	Jumlah Mobil (tanpa Operasi Morfologi)	MAPE (dengan Operasi Morfologi) (%)	MAPE ((tanpa Operasi Morfologi) (%)
Pasteur 1	46	44	16,36	20,00
Pasteur 2	30	33	41,18	35,29
Pasteur 3	23	25	43,90	39,02
Purbaleunyi 1	37	48	19,35	54,84
Purbaleunyi 2	53	76	11,67	26,67
Purbaleunyi 3	30	37	9,09	12,12

E. KESIMPULAN

Implementasi metode *frame difference* untuk menghitung jumlah kendaraan pada jalan tol tergolong baik menggunakan kedua sudut pandang tetapi lebih direkomendasi menggunakan sudut pandang vertikal karena dimensi mobil mirip dengan kondisi asli tanpa ada perbedaan bentuk dimensi akibat sudut kamera. Kondisi cuaca yang cerah dan bayangan yang minim membuat pengolahan memiliki *error* yang sangat kecil.

Pengujian menggunakan beberapa skenario berbeda untuk mendapatkan hasil *error* terendah. Dalam mengukur performa akurasi sistem diukur dengan metode *MAPE*, setiap data video observasi dari Tol Pasteur dan Tol Purbaleunyi akan dilakukan pengolahan dengan skenario-skenario diatas untuk mendapatkan *error* terendah. Skenario yang diuji antara lain sudut pandang kamera, bobot *threshold*, dan citra dengan atau tanpa *filter*.

Dengan menggunakan skenario tersebut dapat dilihat perbedaan hasil akhir pengolahan dengan menggunakan nilai *threshold* terbaik yang didapat berdasarkan beberapa kali pengujian berdasarkan beberapa tebakan bobot *threshold* yang berbeda pada Tabel 1. Bobot *threshold* terbaik baik citra video yang berasal dari Tol Pasteur yaitu 0.100 dan dari Tol Purbaleunyi 0.150. Jika bobot *threshold* terlalu kecil, maka *noise* akan menjadi lebih banyak pada sekitaran kandidat objek. Tetapi jika bobot terlalu besar, maka *noise* semakin sedikit dan kandidat objek hampir tidak menyerupai bentuk asli terutama jika mobil berwarna gelap atau hitam. *Threshold* terbaik dalam penelitian ini menggunakan nilai tebakan dibandingkan dengan berasal dari nilai rata-rata *foreground*.

Berdasarkan hasil pengujian Tabel 2 dapat ditarik kesimpulan pada video observasi yang berasal dari Tol Pasteur memiliki *error* 8,21% untuk video yang dilakukan operasi morfologi, sedangkan pengolahan tanpa operasi morfologi memiliki *error* 175,22%. Jika obeservasi berasal dari Tol Purbaleunyi dengan operasi morfologi memiliki *error* 4,43%, sedangkan tanpa di operasi morfologi memiliki *error* 115,44%.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3 dengan menggunakan bobot *threshold* berasal dari nilai rata-rata *foreground*, ditarik kesimpulan video observasi yang berasal dari Tol Pasteur memiliki *error* 33,81% untuk video yang dilakukan operasi morfologi, sedangkan pengolahan tanpa operasi morfologi memiliki *error* 31,44%. Jika obeservasi berasal dari Tol Purbaleunyi dengan operasi morfologi memiliki *error* 35,03%, sedangkan tanpa di operasi morfologi memiliki *error* 48,41%. Skenario terbaik dalam penelitian yaitu menggunakan skenario filter *bwareopen*, *imfill* dan skenario operasi morfologi dilasi. *Error* masing-masing skenario berbeda karena perbedaan durasi, sudut pandang, volume kendaraan dan hasil pengolahan.

F. REFERENSI

- [1] R. L. Abhisek, A. S. Akshay dan S. L. Sumant, "Traffic Estimation Using Image Processing," *International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences*, vol. 3, no. 4, pp. 122 - 129, 2015.
- [2] A.-W. Hosne, A. Nafisa, T. Ummenur, A. Lamia dan A. Zerin, "Traffic Density Measurement using Image Processing: An SVM Approach," *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 3, no. 6, pp. 4979 - 4986, 6 June 2015.
- [3] R. H. S. Dr. Eng, S. M. Heery dan K. W. I., *Matlab untuk Pemrosesan Citra Digital*, Bandung, West Java: Informatika Bandung, 2013, p. 54.
- [4] J. G., S. CH. dan V. D.S.S., "Luminance Based Conversion of Gray Scale Image to RGB Image," *International Journal of Computer Science and Information Technology Research*, vol. 3, no. 3, p. 279, July - Septemb 2015.
- [5] S. Nishu, "Motion Detection Based on Frame Difference Method," *International Journal of Information & Computation Technology*, vol. 4, no. 15, p. 1561, 2014.
- [6] K. Christoper dan W. C. Garrison, "Color to Grayscale: Does the Method Matter in Image Recognition?," *Department of Computer Science and Engineering University of California*, vol. 7, no. 1, p. 2, 2 January 2012.
- [7] A. M. Siddhartha dan B. R. Prof., "Vehicle Detection and Tracking Techniques Used in Moving Vehicles," *IJISSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, vol. 2, no. 7, p. 51, 7 July 2015.
- [8] C. S. C. Sen dan K. Chandrika, "Robust Techniques for Background Subtraction in Urban Traffic Video," *Center for Applied Scientific Computing*, pp. 1 - 12.
- [9] K. Abdul dan S. Adhi, *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*, Dewibertha dan Hardjono, Penyunt., Yogyakarta, DIY Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET, 2013, pp. 212 - 216.
- [10] A. A. N. G. M. Drs., *Pengolahan Citra Mammografi dan Cara Pembuatan Program*, Yogyakarta, DIY Yogyakarta: TEKNOSIAN, 2016, pp. 89 - 96.
- [11] L. S. Agustina, "Penerapan Region of Interest (ROI) pada Metode Kompresi JPEG2000," [Online]. Available: informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/TA/Makalah_TA%20Agustina%20Linda.pdf. [Diakses 29 December 2017].
- [12] B. T. Allen, *Computer Science Handbook*, 2nd penyunt., French: Cooperation with ACM, The Association for Computing Machinery, 2004, p. 1085.
- [13] A. D. Eka, I. T. Iwan dan U. Koredianto, "Kompresi Adaptif Untuk Citra Wajah Dengan Metode Automatic Region of Interest (ROI) pada JPEG 2000," Telkom University, 2009. [Online]. Available: <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/files/92579/resume/kompresi-adaptif-untuk-citra-wajah-dengan-metode-automatic-region-of-interest-roi-pada-jpeg-2000.pdf>. [Diakses 29 December 2017].
- [14] H. T. Nur, "Implementasi Deteksi Kecepatan Kendaraan Menggunakan Kamera Webcam dengan Metode Frame Difference," Telkom University, 2017. [Online]. Available: <http://repository.telkomuniversity.ac.id/home/catalog/id/135812/slug/implementasi-deteksi-kecepatan-kendaraan-menggunakan-kamera-webcam-dengan-metode-frame-difference.html>. [Diakses 2018 January 02].

