

**PERBAIKAN AKURASI SISTEM KLASIFIKASI JENIS
KENDARAAN BERMOTOR DENGAN METODE
*BAG OF VISUAL WORD***

*THE ACCURACY IMPROVEMENT OF MOTOR VEHICLES
CLASSIFICATION SYSTEM USING
BAG OF VISUAL WORD METHOD*

M. RUDINI KURNIAWAN AMIRUDDIN



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

**PERBAIKAN AKURASI SISTEM KLASIFIKASI JENIS
KENDARAAN BERMOTOR DENGAN METODE
*BAG OF VISUAL WORD***

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Elektro

Disusun dan diajukan oleh:

M. RUDINI KURNIAWAN AMIRUDDIN

Kepada

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

PERBAIKAN AKURASI SISTEM KLASIFIKASI JENIS KENDARAAN
BERMOTOR DENGAN METODE *BAG OF VISUAL WORD*

Disusun dan diajukan oleh

M. RUDINI KURNIAWAN AMIRUDDIN

D032191006

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam
rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Teknik
Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 28 Juni
2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Dr. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus. Sys
NIP. 19750716 200212 1 004

Dr. Eng. Intan Sari Aeni, S.T., M.T.
NIP. 19750203 200012 2 002

Ketua Program Studi S2 Teknik Elektro,

Dekan Fakultas Teknik,



Prof. Dr. Eng. Ir. Syafaruddin, S.T., M.Eng. IPU
NIP. 19740530 199903 1 003



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.
NIP. 19730926 200012 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Rudini Kurniawan Amiruddin
NIM : D032191006
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Informatika

Menyatakan dengan ini bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 28 Juni 2022

Yang menyatakan



M. Rudini Kurniawan Amiruddin

PRAKATA

Alhamdulillah rabbi'l'alam, segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala Yang Maha Sempurna, yang telah memberikan rahmat, hidayah dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul **“Perbaikan Akurasi Sistem Klasifikasi Jenis Kendaraan Bermotor Dengan Metode *Bag of Visual Word*”**. Tak lupa pula shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menyinari dunia ini dengan keindahan ilmu dan akhlak yang diajarkan kepada seluruh umatnya.

Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) pada Program Pascasarjana Departemen Teknik Elektro, Konsentrasi Teknik Informatika Universitas Hasanuddin Makassar. Tentunya penyelesaian tesis ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari semua pihak. Untuk itu, dengan penuh kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya dan setinggi-tingginya kepada:

1. Ayahanda penulis Drs. H. Amiruddin, M.Si. dan ibunda tercinta Dr. Hj. Askariani Sahur, S. Sos., M.Si. yang telah memberikan dukungan materil, doa dan motivasi yang kuat kepada penulis, hingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Syafaruddin, ST., M.Eng. IPU, selaku Ketua Program Studi S2 Departemen Teknik Elektro, yang telah banyak mendukung dan membantu selama penulis menempuh pendidikan pascasarjana di Universitas Hasanuddin.

3. Bapak Dr. Indrabayu, S.T., M.T., M. Bus. Sys sebagai pembimbing pertama dan Ibu Dr. Eng. Intan Sari Areni, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktunya kepada penulis untuk membimbing, memberikan masukan, memotivasi tiada henti-hentinya hingga tahap penyelesaian tesis ini.
4. Ibu Anugrayani Bustamin, ST., MT yang meluangkan waktunya untuk membantu, mendampingi dan selalu memberi motivasi dalam penyelesaian tesis ini.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Syafruddin Syarif, M.T., Prof. Dr. Ir. H. Andani Achmad, M.T, dan Elyas Palentei, M.Eng., Ph. D, selaku penguji yang memberikan masukan dan saran yang membangun selama proses penelitian berlangsung.
6. Rekan-rekan Lab Kecerdasan Buatan Departemen Teknik Informatika yang selalu saling mendukung dalam suka maupun duka dalam proses penyelesaian tesis ini.
7. Rekan–rekan Mahasiswa S2 Departemen Teknik Elektro angkatan 2019 yang selalu mendukung dalam proses penyelesaian tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis masih jauh dari kata sempurna dan di dalam penyelesaiannya masih menemui kesulitan dan hambatan, sehingga penulis tetap mengharapkan saran dan kritik untuk pengembangan lebih lanjut, agar dapat memberikan manfaat yang banyak bagi semua pembaca.

Makassar, 28 Juni 2022

Penulis

ABSTRAK

M. Rudini Kurniawan Amiruddin. Perbaikan Akurasi Sistem Klasifikasi Jenis Kendaraan Bermotor dengan Metode *Bag of Visual Word*. (dibimbing oleh **Indrabayu** dan **Intan Sari Areni**).

Survei lalu lintas secara manual memiliki banyak kelemahan dan rentan terjadinya kesalahan manusia (*human error*) dari surveyornya. Sehingga pengaplikasian *Traffic Monitoring System* (TMS) yang mengarah ke pengembangan *Intelligent Transportation System* dengan menggunakan teknologi *Computer Vision* menjadi lebih efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk membuat system klasifikasi jenis kendaraan bermotor secara otomatis dari ketiga kategorinya, yaitu *Motorcycle* (MC), *Light Vehicle* (LV) dan *Heavy Vehicle* (HV). Proses identifikasi jenis kendaraan bermotor mengacu pada fitur lokal yang diekstraksi dari setiap jenis kendaraan menggunakan metode *Binary Robust Invariant Scalable Keypoint* (BRISK). Namun untuk lebih meningkatkan kinerja system dalam melakukan klasifikasi maka dilakukan penambahan metode *Bag of Visual Word* (BOVW). Adapun metode yang digunakan dalam melakukan klasifikasi jenis kendaraan bermotor menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN). Pengambilan data video lalu lintas kendaraan diambil pada Jl. Perintis Kemerdekaan Makassar, Sulawesi Selatan di depan Makassar Town Square menggunakan kamera IP Vivotec. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan akurasi dengan penambahan metode BOVW dengan parameter jumlah kluster 90 dan parameter nilai $k5$ pada metode KNN yang menghasilkan akurasi tertinggi yaitu 92%. Penelitian ini juga menggunakan nilai *F1 Score* dengan mengacu pada nilai *precision* dan *recall* dengan metrik evaluasi yang mengikuti kondisi data yang tidak seimbang (*Imbalance*) pada setiap jenis kendaraan bermotor, yaitu untuk nilai *F1 Score* pada kategori MC sebesar 99%, LV sebesar 86% dan HV 47%.

Kata Kunci: *Intelligent Transportation System*, Jenis Kendaraan Bermotor, BRISK, BOVW, KNN

ABSTRACT

M. Rudini Kurniawan Amiruddin. The Accuracy Improvement of Motor Vehicles Classification System using Bag of Visual Word Method. (supervised by **Indrabayu** and **Intan Sari Areni**).

Manual Traffic Surveys have many weaknesses and limitations, one big problem is human error from the surveyor in the survey process. Therefore, the implementation of a traffic monitoring system that leads to the development of the intelligent transportation system using computer vision technology becomes more effective and efficient. This research aims to build an automatic classification system for types of motor vehicles in the three categories, namely Motorcycle (MC), Light Vehicle (LV), and Heavy Vehicle (HV). Motor Vehicles are identified based on the local feature extraction from each type of vehicle using the Binary Robust Invariant Scalable Keypoint (BRISK) method. However, to further improve system performance in classifying, the Bag of Visual Word (BOVW) method was added. This system used K-Nearest Neighbor (KNN) algorithm to classify types of motor vehicles. The data were collected from the pedestrian bridge on Jl. Perintis Kemerdekaan in Makassar City, South Sulawesi via Vivotec IP Camera. Results showed the accuracy improvement with the addition of the BOVW method in the parameter number of clusters 90 and the parameter value of $k5$ in the KNN method which produced up to 92% accuracy. This research also uses the F1 Score value obtained from precision and recall values with evaluation metrics following imbalanced data conditions. The performance of the system is thus reviewed by looking at the F1 Score of each category, namely 99% for the MC, 86% for the LV, and 47 for HV%.

Keywords: Intelligent Transportation System, Types of Motor Vehicles, BRISK, BOVW, KNN

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan Penelitian	9
D. Manfaat Penelitian	9
E. Batasan Masalah	10
F. Sistematika Penulisan.....	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	14
A. Landasan Teori	14
1. Rekayasa Lalu Lintas	14
a. Arus Lalu Lintas	15
b. Survei Arus Lalu Lintas	17
2. Komposisi Kendaraan	19
3. <i>Intelligent Transportation System</i>	20
4. <i>Computer Vision</i>	22
5. Deteksi Objek.....	24
6. <i>Region of Interest (ROI)</i>	26
7. Ekstraksi Fitur	27

8. <i>Bag of Visual Word</i> (BOVW)	33
9. Klasifikasi	36
10. <i>K-Nearest Neighbor</i> (KNN).....	36
B. Penelitian Terkait	37
C. <i>State of The Art</i>	39
D. Posisi Penelitian.....	46
E. Kerangka Pikir	54
BAB III METODE PENELITIAN.....	56
A. Tahapan Penelitian	56
B. Waktu Dan Lokasi Penelitian.....	57
C. Jenis Penelitian	58
D. Instrumen Penelitian	59
E. Teknik Pengambilan Data	60
F. Sampel Data	62
G. Rancangan Sistem	63
H. Teknik Evaluasi Kinerja Sistem	82
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	86
A. Analisis Kinerja Sistem Deteksi Kendaraan.....	86
B. Analisis Kinerja Sistem Klasifikasi Jenis Kendaraan Bermotor	91
BAB V PENUTUP	107
A. Kesimpulan	107
B. Saran	108
DAFTAR PUSTAKA.....	110

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Jenis kendaraan berdasarkan 3 referensi [20]:	19
2. <i>State of the Art</i> penelitian	41
3. Rincian data setiap kelas pada tahapan <i>training</i> dan <i>testing</i>	62
4. Skenario pengujian	84
5. Hasil analisis sistem deteksi kendaraan	87
6. Hasil pengujian kinerja klasifikasi sistem tanpa BOVW pada data testing video 1	91
7. Hasil pengujian kinerja klasifikasi sistem menggunakan BOVW pada data testing video 1	92
8. Hasil pengujian kinerja klasifikasi sistem tanpa BOVW pada data <i>testing</i> video 2	93
9. Hasil pengujian kinerja klasifikasi sistem menggunakan BOVW pada data <i>testing</i> video 2	93
10. Hasil pengujian kinerja klasifikasi sistem tanpa BOVW pada data <i>testing</i> video 3	95
11. Hasil pengujian kinerja klasifikasi sistem menggunakan BOVW pada data <i>testing</i> video 3	95
12. Hasil pengujian kinerja klasifikasi sistem tanpa BOVW pada data <i>testing</i> video 4	96
13. Hasil pengujian kinerja klasifikasi sistem menggunakan BOVW pada data <i>testing</i> video 4	97
14. Hasil pengujian kinerja klasifikasi sistem tanpa BOVW pada data <i>testing</i> video keseluruhan	98
15. Hasil pengujian kinerja klasifikasi sistem menggunakan BOVW pada data <i>testing</i> video keseluruhan	98
16. <i>Confusion matrix</i> pada hasil skenario 1 dari keseluruhan data testing	101

17. Nilai <i>precision</i> , <i>recall</i> dan <i>f1 score</i> pada skenario 1 dari keseluruhan data <i>testing</i>	101
18. <i>Confusion matrix</i> pada hasil skenario 2 dari keseluruhan data <i>testing</i>	102
19. Nilai <i>precision</i> , <i>recall</i> dan <i>f1 score</i> pada skenario 2 dari keseluruhan data <i>testing</i>	103
20. Perbandingan metode dengan penelitian sebelumnya	104

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Formulir pencacahan arus lalu lintas di ruas [5]	18
2. Sistem <i>Computer Vision</i> [20]	22
3. Deteksi objek, (a) <i>Background</i> dan (b) <i>Foreground</i>	26
4. ROI pada pendeteksian kendaraan, (a) dan (c) ialah area yang tidak ingin diproses/dideteksi, (b) area yang ingin dideteksi/diamati.	27
5. Ilustrasi ekstraksi fitur pada algoritma BRISK	29
6. Ruang skala [28]	30
7. Pola sampel BRISK [28]	32
8. Ilustrasi pada tahap BOVW; (a) Pembuatan <i>dictionary</i> ; (b) Pengelompokan <i>visual word</i> ; (c) <i>Bag of Visual Word</i>	35
9. Ilustrasi <i>histogram</i> frekuensi <i>visual word</i>	35
10. <i>Road Map</i> Penelitian <i>Artificial Intelligent Multimedia Processing Research Group</i>	46
11. <i>Road Map</i> Penelitian <i>Intelligent Transportation System</i>	48
12. <i>Road Map</i> penelitian sistem deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor	50
13. <i>Schematic Diagram</i> sistem deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor pada ITS	53
14. Kerangka pikir penelitian	55

15. Lokasi pengambilan data	58
16. Ilustrasi posisi pemasangan kamera IP dari sudut pandang samping	61
17. Ilustrasi posisi pemasangan kamera IP dari sudut pandang atas	61
18. Sampel data, <i>Motorcycle</i> (MC), <i>Light Vehicle</i> (LV), <i>Heavy Vehicle</i> (HV)	63
19. Desain rancangan sistem	64
20. Blok diagram system	64
21. <i>Flowchart</i> alur sistem deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor	65
22. Sampel <i>frame</i> dari hasil konversi video	66
23. Ilustrasi proses segmentasi ROI (a) Sebelum segmentasi ROI, (b) Setelah segmentasi ROI	67
24. Blok diagram tahapan deteksi kendaraan	68
25. Hasil konversi gambar RGB ke skala abu-abu (<i>grayscale</i>) (a) Gambar RGB, (b) Gambar <i>grayscale</i>	69
26. Ilustrasi hasil <i>Frame Difference</i> (a) Frame sebelum ($frame_{n-1}$), (b) Frame setelah ($frame_n$)	70
27. Contoh proses binarisasi (a) Hasil <i>Frame Difference</i> , (b) Hasil binarisasi	71

28. Ilustrasi hasil setelah <i>Morphologi Operation</i> (a) Sebelum dilakukan <i>Morphology Operation</i> , (b) Hasil setelah dilakukan <i>Morphology Operation</i>	71
29. Contoh hasil deteksi objek kendaraan yang diberi <i>bounding box</i> (a) Kendaraan sebelum melintasi garis ROI, (b) Kendaraan setelah melintasi garis ROI	73
30. <i>Flowchart</i> proses klasifikasi	75
31. Contoh fitur <i>keypoint</i> pada sebuah objek kendaraan	77
32. Informasi pada fitur <i>keypoint</i>	78
33. Hasil deskripsi fitur <i>keypoint</i>	78
34. Contoh salah satu <i>histogram</i> frekuensi pada setiap kelas yaitu, (a) <i>Motorcycle</i> , (b) <i>Light Vehicle</i> dan (c) <i>Heavy Vehicle</i>	80
35. Kondisi <i>blob</i> terbagi menjadi dua bagian	89
36. Kondisi dua atau lebih <i>blob</i> bergabung menjadi satu <i>blob</i>	89
37. Grafik akurasi dengan skenario tanpa BOVW dan menggunakan BOVW	100

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada era ini, pertumbuhan sektor transportasi di Indonesia sangat tinggi, tetapi tidak diiringi dengan perkembangan infrastruktur yang memadai. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Nasional, pada periode 2014-2018, terdapat peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang cukup signifikan yaitu 6,49 persen per tahun. Peningkatan jumlah kendaraan terjadi pada semua jenis kendaraan setiap tahunnya. Kenaikan jumlah kendaraan bermotor yang cukup tinggi juga terjadi pada mobil penumpang 6,88 persen per tahun diikuti kemudian oleh sepeda motor, mobil barang, dan bus masing-masing 6,61 persen, 5,68 persen dan 1,42 persen per tahun.

Akibat jumlah alat transportasi yang saat ini hampir setiap hari bertambah, tetapi tidak diiringi dengan perubahan volume (panjang dan lebar) jalan yang signifikan, maka berakibat pada penumpukan jumlah kendaraan yang pada akhirnya berujung pada kepadatan lalu lintas [1]. Penumpukan jumlah kendaraan merupakan permasalahan yang umum terjadi dan banyak terjadi di kota-kota besar yang pada akhirnya mengakibatkan kota menjadi tidak efisien dan mengakibatkan kerugian ekonomi yang tidak sedikit. Tentu hal ini disebabkan oleh beberapa

permasalahan, yaitu seperti rasio infrastruktur transportasi dengan luas lahan, tata ruang yang tak terkendali dan pertumbuhan kendaraan yang sangat tinggi [2].

Sedangkan perkembangan suatu daerah sangat bergantung pada arus mobilitasnya, jika ditinjau dari sisi sarana maupun prasarana transportasi yang tersedia misalnya kondisi jalan dan kepadatan jalannya [3]. Untuk pengaturan sarana dan prasarana tersebut, pemerintah telah menetapkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2011 tentang manajemen dan rekayasa, analisis dampak, serta manajemen kebutuhan lalu lintas. Berhubungan dengan peraturan tersebut maka kebutuhan lalu lintas dibagi dalam beberapa bidang. Jika ditinjau dari bidang rekayasa lalu lintas, dibutuhkan survey lalu lintas yang meliputi perhitungan arus, kapasitas, dan kecepatan lalu lintas. Sehingga hasil survey kemudian dijadikan acuan untuk pengembangan infrastruktur jalan, meliputi desain geometrik jalan, desain struktur konstruksi perkerasan jalan dan jembatan, manajemen lingkungan dan angkutan, serta perhitungan ekonomi.

Survey arus lalu lintas ialah merupakan kegiatan untuk menghitung arus, kapasitas maupun kecepatan lalu lintas yang nantinya hasil dari survey lalu lintas itu bisa sebagai referensi dalam hal pengembangan infrastruktur jalan. Syukri (2013) dalam penelitiannya menyatakan bahwa survey arus lalu lintas masih dilakukan secara manual dengan memantau kendaraan yang melintas di jalan raya [4]. Akan tetapi cara manual masih

rentan akan terjadinya kesalahan pada proses survey lalu lintas karena beberapa faktor seperti misalnya kesalahan manusia (*human error*) dari surveyornya, suasana, dan area kerja. Survei yang akan dilakukan sebaiknya mempertimbangkan keterbatasan biaya, waktu dan jumlah surveyor. Pada sejumlah studi, waktu yang tersedia sangat terbatas sehingga menimbulkan dampak kepada besarnya biaya yang diperlukan dan jumlah surveyor yang terlibat [5]. Sehingga diperlukan metode lain yang lebih efektif dan efisien dalam melakukan survei lalu lintas sehingga menghasilkan informasi yang lebih akurat.

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan maka perlu dibuat sebuah sistem untuk mempermudah dalam melakukan survey lalu lintas yang nantinya dapat digunakan untuk sistem pengawasan lalu lintas atau *Traffic Monitoring System (TMS)*. TMS dapat digunakan untuk mengumpulkan data lalu lintas, seperti jumlah kendaraan, jenis kendaraan dan kecepatan kendaraan dll, yang dapat dimanfaatkan untuk menganalisis kebutuhan transportasi di masa depan termasuk perbaikan jalan dan meningkatkan keselamatan transportasi [6]. Oleh karena itu, TMS sangat diperlukan, yang lebih mengarah pada perkembangan *Intelligent Transportation System (ITS)*. Salah satu teknologi yang dapat digunakan ialah teknologi *Computer Vision* yang di dalamnya terdapat metode pengolahan citra yang digunakan untuk mengolah informasi dari gambar ataupun video.

Pada dasarnya *Computer Vision* bekerja dengan memanfaatkan data video maupun gambar yang diolah untuk menghasilkan berbagai informasi

yang dibutuhkan. Adapun beberapa pekerjaan pada bidang ITS yang menggunakan sistem *Computer Vision*, diantaranya seperti deteksi kendaraan, klasifikasi kendaraan, penghitungan jumlah kendaraan dan pelacakan kendaraan.

Adapun beberapa penelitian terkait bidang ITS telah dilakukan, khususnya untuk mendeteksi kendaraan yang telah dilakukan dengan beberapa metode, yaitu Indrabayu, et al (2015) memodifikasi *blob* untuk melakukan penghitungan kendaraan menggunakan metode *Gaussian Mixture Model* (GMM) di bawah Lalu lintas yang padat menghasilkan peningkatan akurasi sebesar 28,02% untuk kendaraan motor, untuk kendaraan mobil sebesar 10,84% akan tetapi penentuan nilai *blob* dalam menghitung kendaraan belum efisien dikarenakan nilai *blob* dari kendaraan yang saling berhimpitan yang dapat membuat kesalahan deteksi pada system ITS. Namun penelitian ini hanya menghitung kendaraan berdasarkan jenis motor dan mobil [7]. Basri, et al (2015) melakukan penelitian dengan mengoptimalkan kinerja GMM dengan menyesuaikan teknik *Region of Interest* (ROI), akurasi terbaik untuk sepeda motor diperoleh pada ROI front dengan akurasi rata-rata 74,03% dan untuk mobil ROI back dengan rata-rata akurasi 86,46%, hanya saja akurasi yang dihasilkan belum terlalu efektif dikarenakan akurasi dari penentuan ROI dari ketiga parameter *front*, *midle*, *back* tidak seimbang dan pengkategorian kendaraan hanya berdasarkan kendaraan mobil dan motor [8]. Seenouvong, et al (2016) melakukan penelitian dengan mendeteksi dan

mengklasifikasi kendaraan berdasarkan *Virtual Detection Zone* (VDZ) menggunakan GMM dan *K-Nearest Neighbor* (KNN) classifier dengan menghasilkan akurasi 93,92% dan 98,53% berdasarkan VDZ, dan (2,27% dan 98,20% berdasarkan *Virtual Detection Line* (VDL), pada penelitian ini menghasilkan akurasi klasifikasi kendaraan cukup tinggi, namun kendaraan diklasifikasi berdasarkan ukuran dan lebarnya, sehingga pendekatan yang dilakukan tidak efektif digunakan untuk membedakan kendaraan yang mempunyai ukuran yang sama [9]. Indrabayu, et al (2017) melakukan penelitian dengan mendeteksi dan melacak kendaraan menggunakan GMM dan *Kalman Filter* dengan akurasi deteksi 79,63% berdasarkan 2 jenis kategori kondisi jalan yaitu *light traffic* dan *heavy traffic*, kendaraan yang dideteksi hanya berupa kendaraan mobil, pada penelitian ini menggunakan metode *Kalman Filter* untuk *tracking* objek dengan *consistency* 100% [10]. Huzaifa dan Suwardi (2017) juga melakukan penelitian untuk pengenalan model mobil dari gambar depan menggunakan metode *Binary Robust Invariant Scalable Keypoint* (BRISK) dengan akurasi yang cukup tinggi sebesar 96,25 %, metode ekstraksi fitur yang digunakan cukup baik dalam hal mengenali kendaraan berdasarkan mereknya [11]. Sahayaraj & Venkatachalapathy (2019) melakukan penelitian klasifikasi dan penghitungan kendaraan secara otomatis menggunakan *deep learning* dalam lingkungan lalu lintas, pada penelitian menghasilkan peningkatan baik dalam hal akurasi deteksi dan klasifikasi, tetapi hasil dari penelitian ini tidak ditampilkan [12]. C.Tsai, et al (2019) juga telah melakukan penelitian

menggunakan metode *deep learning*, yaitu *Deep Neural Network* untuk pendeteksian dan pengklasifikasian kendaraan. Sistem ini memperoleh akurasi sebesar 90%, akan tetapi metode yang digunakan membutuhkan data yang cukup banyak yaitu ± 900.000 data gambar [13]. Lahinta, et al (2019) mendeteksi dan menghitung kendaraan untuk mengidentifikasi kepadatan lalu lintas di persimpangan jalan menggunakan pengolahan citra dengan akurasi 90,09%, pada penelitian ini hanya fokus menentukan kepadatan berdasarkan 3 kategori yaitu *flow condition*, *heavy condition*, *jammed condition* [14].

Beberapa penelitian tentang deteksi dan klasifikasi kendaraan hanya menggunakan fitur global seperti ukuran atau nilai *blob* dari sebuah kendaraan [7, 8, 9, 10, 14]. Namun, fitur global memiliki beberapa keterbatasan, seperti sensitif terhadap *noise*, iluminasi yang bervariasi, penskalaan, dan kurang mampu mengidentifikasi fitur penting dari citra [15]. Sedangkan setiap kendaraan terkadang memiliki ukuran yang sama namun memiliki ciri yang berbeda, maka dari itu dibutuhkan pendekatan yang lain untuk mengidentifikasi kendaraan berdasarkan cirinya. Sehingga untuk mengidentifikasi kendaraan bermotor berdasarkan jenis atau kelasnya dirasa perlu memanfaatkan fitur lokal atau ciri khusus dari setiap kendaraan untuk mengenali kendaraan berdasarkan *keypoints* atau *interest points* dalam gambar. Oleh karena itu dengan memanfaatkan fitur lokal diharapkan tingkat akurasi sistem pengawasan lalu lintas yang dihasilkan untuk mengklasifikasi kendaraan dapat lebih baik. Penelitian ini bertujuan

merancang aplikasi ITS untuk mendeteksi dan mengklasifikasi jenis kendaraan bermotor, seperti *motorcycle* (MC), *light vehicle* (LV), *heavy vehicle* (HV) dengan pendekatan yang berbeda dalam hal pengembangan ITS, khususnya pada sistem pengawasan lalu lintas yang nantinya berguna sebagai referensi dalam hal pengembangan infrastruktur jalan kedepannya baik dari segi panjang, lebar dan kekuatan jalan. Berdasarkan tujuan penelitian, penulis mencoba melakukan pendekatan yang berbeda dari beberapa penelitian terkait untuk menunjang hasil sistem yang lebih baik. Diantaranya yaitu menggunakan metode *Background Subtraction* untuk melakukan deteksi pada objek kendaraan yang ingin diklasifikasi. Metode ini bekerja sangat efektif dan efisien digunakan untuk mendeteksi gerakan dengan memperhatikan objek yang bergerak pada masing-masing frame di dalam video [16, 17]. Selanjutnya pada kendaraan yang terdeteksi akan dilakukan pengambilan informasi dari jenis kendaraan bermotor pada sebuah gambar, maka dibutuhkan teknik ekstraksi fitur. Ada dua macam jenis dalam ekstraksi fitur, yaitu lokal dan global fitur ekstraksi. Adapun dalam penelitian ini menggunakan metode BRISK untuk mengekstraksi fitur lokal pada kendaraan dari sebuah gambar, sehingga setiap jenis kendaraan bermotor dapat diklasifikasi atau diidentifikasi dengan baik berdasarkan fitur lokal yang dihasilkan. Namun untuk lebih meningkatkan kinerja sistem dalam melakukan klasifikasi dengan memanfaatkan fitur lokal, maka dirasa perlu untuk menambahkan metode *Bag of Visual Word* (BOVW) [18, 19] yang dikembangkan sebagai *global feature extractor* yang dapat mewakili

keseluruhan objek, sehingga fitur yang diperoleh dapat diklasifikasi dengan baik untuk membedakan setiap jenis kendaraan bermotor dengan menggunakan algoritma KNN. Untuk itu maka penelitian yang dilakukan berjudul “**PERBAIKAN AKURASI SISTEM KLASIFIKASI KENDARAAN BERMOTOR DENGAN METODE *BAG OF VISUAL WORD***”. Adapun alasan utama penulis melakukan penelitian ini ialah dikarenakan saat ini beberapa negara berkembang telah menerapkan ITS dari beberapa aspek, tentunya penelitian ini juga dapat dijadikan referensi ilmiah dalam hal pengembangan ITS di Indonesia, khususnya di Kota Makassar dalam hal membuat system pengawasan lalu lintas atau TMS secara otomatis.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem untuk melakukan deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor pada sistem pengawasan lalu lintas yang dibuat?
2. Bagaimana kinerja sistem dalam melakukan deteksi kendaraan dengan metode *Frame Difference* pada sistem pengawasan lalu lintas yang dibuat?
3. Bagaimana pengaruh kinerja sistem klasifikasi jenis kendaraan bermotor jika menambahkan metode *Bag of Visual Word*?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah maka tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Merancang sistem untuk melakukan deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor pada sistem pengawasan lalu lintas yang dibuat.
2. Menganalisis hasil kinerja sistem dalam melakukan deteksi kendaraan dengan metode *Frame Difference* pada sistem pengawasan lalu lintas yang dibuat.
3. Mengetahui pengaruh penambahan metode *Bag of Visual Word* berdasarkan kinerja sistem klasifikasi jenis kendaraan bermotor.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Bagi peneliti, pengaplikasian dari sejumlah konsep dan pengetahuan yang berguna untuk menambah pengetahuan ataupun kemampuan/skill mengenai proses pengenalan pola untuk mendeteksi dan mengklasifikasi jenis kendaraan bermotor.
2. Bagi masyarakat, dapat digunakan sebagai referensi bagi pembaca dalam menambah wawasan dan ilmu pengetahuan dalam hal teknologi industri 4.0, khususnya dalam bidang *Computer Vision*.
3. Bagi Pemerintah, dapat digunakan sebagai referensi dalam hal mengembangkan system pengawasan lalu lintas pada revolusi

industri 4.0 sebagai dasar untuk membangun infrastruktur jalan berdasarkan hasil TMS.

4. Bagi institusi Pendidikan Magister Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Informatika, dapat digunakan sebagai referensi ilmiah dalam penelitian untuk pengembangan system untuk mendeteksi dan mengklasifikasi dengan objek atau kasus yang berbeda.

E. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Sistem yang dibuat hanya untuk mendeteksi dan mengklasifikasi jenis kendaraan bermotor untuk ketiga jenisnya, yaitu *Motorcycle* (MC), *Light Vehicle* (LV) dan *Heavy Vehicle* (HV) pada sistem pengawasan lalu lintas yang dibuat.
2. Data *training* dan *testing* merupakan data video yang diambil pada Jl. Perintis Kemerdekaan KM.8 di depan Makassar Town Square menggunakan kamera CCTV.
3. Sistem hanya dapat dijalankan pada kondisi cerah atau memiliki cukup pencahayaan.
4. Lokasi pengujian sistem berada pada Jembatan penyebrangan di depan Makassar Town Square (M'TOS), dengan mempertimbangkan lokasi yang strategis dan jumlah sampel kendaraan bermotor yang melintas.

5. Sistem yang dirancang hanya melakukan *single detection* bukan *multi detection* dan sistem memproses satu persatu pada setiap jenis kendaraan bermotor.

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada penelitian ini adalah:

Bab I Pendahuluan

Pada bab I ini berisi penjelasan tentang latar belakang yang menjabarkan alasan dilakukannya penelitian terkait deteksi dan klasifikasi berdasarkan peluang penelitian dan uraian penelitian awal tentang klasifikasi jenis kendaraan bermotor yang dilakukan, terkait rumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup serta sistematika penulisan penelitian dibahas pada bagian ini.

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab II ini berisi penjelasan tentang landasan teori yang digunakan dalam penelitian meliputi rekayasa lalu lintas, *Intelligent Transportation System (ITS)*, *Computer Vision*, algoritma deteksi, algoritma ekstraksi fitur, algoritma klasifikasi, dan beberapa landasan teori lainnya. Diuraikan pula tentang tinjauan pustaka yang merupakan penjelasan tentang hasil-hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Landasan teori merupakan suatu penjelasan tentang sumber acuan terbaru dari pustaka *primer* seperti buku, artikel, jurnal,

prosiding dan tulisan asli lainnya untuk mengetahui perkembangan penelitian yang relevan dengan judul atau tema penelitian yang dilakukan dan juga sebagai arahan dalam memecahkan masalah yang diteliti. Dalam bab ini juga diuraikan tentang kerangka pemikiran yang merupakan penjelasan tentang kerangka berpikir untuk memecahkan masalah yang sedang diteliti, termasuk menguraikan objek penelitian serta *state of the art* dari beberapa penelitian terkait.

Bab III Metodologi Penelitian

Pada bab III ini merupakan penjelasan tentang tahapan-tahapan yang dilakukan di dalam penelitian ini berdasarkan *Research & Development* (R&D), serta waktu dan lokasi penelitian yang dilakukan selama ± 2 tahun di Lab Kecerdasan Buatan. Adapun penjelasan tentang jenis penelitian ini yang bersifat analisis dengan studi literature yang ada (*Library Research*) dengan didukung oleh beberapa instrument penelitian. Pembahasan tentang teknik pengambilan data pada bab ini dijelaskan dengan menunjukkan ilustrasi berupa gambar dalam melakukan pengambilan data. Sampel data yang digunakan juga dijelaskan pada bagian ini berupa jumlah data maupun jenis kendaraan bermotor yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini. Serta tidak kalah pentingnya terdapat rancangan sistem yang dirangkum pada setiap proses dalam bentuk *flowchart* pada setiap tahapan yang ada. Adapun teknik evaluasi dari kinerja sistem yang dirancang ditunjukkan pada bagian ini dengan menggunakan persamaan

yang telah dilampirkan dan metrik evaluasi yang digunakan, sehingga kinerja dari sistem yang dirancang dapat diketahui.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Pada bab IV berisi penjabaran hasil penelitian berdasarkan teknik evaluasi kinerja sistem yang digunakan. Pada bagian ini hasil dan pembahasan terbagi atas dua yaitu berdasarkan deteksi dan klasifikasi sistem. Hasil analisis kinerja sistem deteksi dan klasifikasi yang telah dirancang dirangkum dalam bentuk tabel, grafik dan gambar berupa *confusion matrix* dari hasil klasifikasi sistem. Serta pembahasan hasil penelitian dibahas perbagian berdasarkan setiap data testing yang digunakan dan tersusun dalam poin-poin pembahasan.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Pada bab V berisi kesimpulan terhadap hasil yang didapatkan dalam penelitian ini, yang merujuk pada rumusan masalah dan saran pengembangan dari penelitian ini untuk menyempurnakan kekurangan-kekurangan atau capaian-capaian yang belum tercapai pada penelitian ini, sehingga kedepannya penelitian yang dilakukan dapat dikembangkan dan bisa memperoleh hasil yang jauh lebih baik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Rekayasa Lalu Lintas

Manajemen dan rekayasa lalu lintas adalah serangkaian usaha dan kegiatan yang meliputi perencanaan, pengadaan, pemasangan, pengaturan, dan pemeliharaan fasilitas perlengkapan jalan dalam rangka mewujudkan, mendukung dan memelihara keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas (PP RI No. 32, 2011). Selain untuk tujuan tersebut, manajemen dan rekayasa lalu lintas juga dijalankan guna mendukung perkembangan pembangunan dalam bentuk mobilitas antar daerah.

Secara umum sasaran dari rekayasa lalu lintas adalah untuk mengatur lalu lintas di jalan raya yang ditimbulkan oleh adanya mobilitas dari alat-alat angkutan. Tingkat kebutuhan akan angkutan menunjukkan aktivitas masyarakat terhadap perkembangan lalu lintas yang mengikuti perkembangan masyarakat yang bersangkutan. Pertumbuhan volume lalu lintas yang cepat menyebabkan jalan-jalan menjadi macet dan angka rata-rata kecelakaan pada pertemuan jalan, baik di kota atau di daerah, menjadi tinggi.

Untuk menyelesaikan berbagai tantangan dan masalah yang terjadi di lalu lintas maka diperlukan analisa dan studi lalu lintas dalam perencanaan dan pemeliharaan jalan. Analisa ini digunakan sebagai dasar pendekatan konstruktif dan pendekatan pembatasan agar jalan-jalan yang ada dan jalan-jalan yang baru dapat digunakan secara efisien. Para pelaku yang menangani analisa dan studi tersebut akan meninjau 3 komponen penting yang berkaitan dengan lalu lintas yaitu jalan, kendaraan dan pelaku perjalanan. Selanjutnya peninjauan akan difokuskan untuk mengenali masalah lalu lintas yang terjadi dengan mengumpulkan informasi geometrik jalan, besarnya arus lalu lintas, kecepatan lalu lintas, hambatan/tundaan lalu lintas, data kecelakaan lalu lintas dan karakteristik pelaku perjalanan. Seluruh data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis untuk melengkapi penyusunan rancangan usulan perbaikan geometrik, pembangunan fasilitas pengaman jalan, pemasangan rambu lalu lintas, marka jalan atau melakukan pembatasan gerakan lalu lintas tertentu.

Penelitian ini bertujuan untuk membantu proses pengumpulan informasi geometrik berupa arus lalu lintas sehingga pembahasan selanjutnya akan lebih mengacu pada konsep-konsep yang berhubungan dengan arus lalu lintas.

a. Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu jalan dalam satuan waktu tertentu. Perhitungan arus lalu lintas dapat dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya

untuk kondisi arus lalu lintas rencana maka perhitungan dilakukan saat jam puncak pagi, siang dan sore.

Jumlah kendaraan merupakan variabel perhitungan arus yang diperoleh dari hasil konversi kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp). Sebelumnya jenis kendaraan bermotor tersebut dikategorikan berdasarkan beberapa acuan yaitu MKJI 1997, BM 1992 atau IRMS.

Satuan waktu dalam arus lalu lintas dinyatakan dalam volume (V). Beberapa jenis volume kendaraan yang dihitung antara lain:

- 1) *Peak Hour Volume* (PHV) yaitu volume jam puncak yang tersusun dari volume 15 menit tersibuk berurutan selama 1 jam;
- 2) *Peak Hour Factor* (PHF) yaitu faktor jam puncak yang diperoleh dari PHV dibagi dengan 4 kali volume maksimum pada volume 15 menit di PHV;
- 3) Lalu lintas harian rata-rata (LHR) selama 24 jam;
- 4) *Annual average daily traffic* (AADT) yaitu LHR yang pengukurannya minimal 365 hari (1 tahun);
- 5) *Average daily traffic* (ADT) yaitu LHR yang pengukurannya kurang dari satu tahun.

b. Survei Arus Lalu Lintas

Sebelum melakukan kegiatan survei arus lalu lintas sebaiknya meninjau tujuan dan mempertimbangkan beberapa aspek antara lain [5]:

- 1) Aspek legal, melaksanakan survei yang tidak melanggar hukum.
- 2) Aspek ketersediaan teknologi, metode survei yang digunakan memungkinkan untuk dilaksanakan dengan teknologi peralatan yang tersedia.
- 3) Aspek kondisi lokasi yang memungkinkan, lokasi yang ditetapkan didukung oleh sarana yang memudahkan kebutuhan seperti penempatan kamera di ketinggian.
- 4) Aspek ketersediaan waktu, biaya, dan personil yang akan melakukan observasi.

Observasi arus lalu lintas merupakan serangkaian kegiatan untuk mencacah banyaknya kendaraan yang melintas sesuai dengan jenis kendaraan bermotor. Beberapa peralatan yang digunakan dalam observasi terbagi ke dalam 2 kategori yaitu:

- 1) Peralatan manual: seperangkat alat tulis (formulir isian, papan alas, pensil, penghapus), alat pencacah (*traffic counter*), alat ukur panjang (meteran, *walking meter*), alat ukur waktu (*stop watch*, jam digital), kamera video, dan *video player*.

2. Komposisi Kendaraan

Hal utama yang dilakukan saat survey volume lalu lintas yaitu menghitung jumlah kendaraan persatuan waktu dan mengelompokkan kendaraan berdasarkan kelas-kelasnya. Saat ini terdapat 3 referensi dasar untuk mengelompokkan jenis kendaraan antara lain oleh *Integrated Road Management System* (IRMS), Direktorat Jenderal Bina Marga (BM 1992) dan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997). Saat ini MKJI 1997 telah direvisi menjadi Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2014) yang meninjau dari sisi kelayakan perhitungan kapasitas jalan akan tetapi panduan untuk mengkategorikan kendaraan masih tetap menggunakan MKJI 1997. Tabel 1 menunjukkan perbandingan dari BM 1992, MKJI 1997, dan IRMS atau BM hasil revisi yang mengkategorikan jenis kendaraan bermotor sesuai kelas masing-masing. Referensi tersebut dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan rekayasa lalu lintas, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis kendaraan berdasarkan 3 referensi [20]:

IRMS, BM		BM 1992		MKJI 1997
1	Sepeda motor, skuter, kendaraan roda tiga	1	Sepeda motor, skuter, sepeda kumbang dan roda tiga	1. Sepeda motor (MC), kendaraan ber-motor roda 2 dan 3
2	Sedan, jeep, station wagon	2	Sedan, jeep, station wagon	2. Kendaraan Ringan (LV): Mobil penumpang, oplet, mikrobus, pickup, bis kecil, truk kecil
3	Opelet, pickup opelet, suburban, kombi dan mini bus	3	Opelet, pickup opelet, suburban, kombi dan mini bus	
4	Pickup, mikro truk dan Mobil Hantaran	4	Pikup, mikro truk dan Mobil Hantaran	

IRMS, BM			BM 1992	MKJI 1997
5a	Bus Kecil	5	Bis	3. Kendaraan Berat (HV): Bis, Truk 2 as
5b	Bus Besar			
6	Truk 2 as	6	Truk 2 sumbu	
7a	Truk 3 as	7	Truk 3 sumbu atau lebih dan Gandengan	4. HGV: Truk 3 as dan truk kombinasi (truk gandingan dan truk tempelan)
7b	Truk Gandengan			
7c	Truk Tempelan (Semi trailer)			
8	Kendaraan tidak bermotor: Sepeda, Becak, Dokar, Keretek, Andong.	8	Kendaraan tidak bermotor: Sepeda, Becak, Dokar, Keretek, Andong.	5. Kendaraan tidak bermotor (UM)

3. *Intelligent Transportation System*

Konsep Dasar *Intelligent Transport System* (ITS) mempunyai tujuan dasar yakni membuat sistem transportasi yang dapat membantu pemakai transportasi dan pengguna transportasi untuk [21]:

- a. Mendapatkan informasi
- b. Mempermudah transaksi
- c. Meningkatkan kapasitas prasarana dan sarana transportasi
- d. Mengurangi kemacetan atau antrian
- e. Meningkatkan keamanan dan kenyamanan
- f. Mengurangi polusi lingkungan
- g. Mengefisiensikan pengelolaan transportasi

ITS pada prinsipnya adalah penerapan teknologi maju dibidang elektronika, komputer dan telekomunikasi yang dipadu dengan prinsip manajemen strategi untuk meningkatkan fungsi transportasi secara

keseluruhan. Sistem ini mampu memberikan informasi kepada pemilik barang atau penumpang serta operator angkutan sedemikian sehingga proses transportasi dapat berjalan secara efektif dan efisien. Selain itu, ITS juga mampu memberikan informasi yang *real-time*. Adapun ruang lingkup *Intelligent Transportation System* ialah:

1) *Advanced Traveller Information System*

Sistem ini secara prinsip adalah sistem informasi yang menjadi panduan kendaraan untuk mendapatkan rute jalan yang optimal.

2) *Advanced Traffic Management System*

Advanced Traffic Management System digunakan oleh pengelola jalan untuk memantau lalu lintas dan memberikan informasi real time kepada pengguna jalan.

3) *Incident Management System*

Incident Management System adalah sistem informasi yang digunakan untuk berbagai kejadian darurat, misalkan kecelakaan, longsor atau bencana lainnya.

4) *Electronic Toll Collection System*

Persoalan klasik pada jalan tol adalah lama waktu yang diperlukan untuk transaksi pelanggan di gerbang tol.

5) *Assistance for Safe Driving*

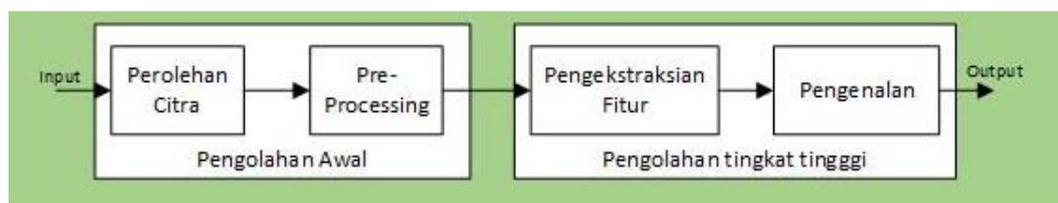
Assistance for Safe Driving adalah bentuk dari ITS yang sangat maju. Kendaraan dilengkapi dengan sejumlah sensor yang dapat mengarahkan pengemudi untuk berkendara dengan aman.

6) *Support for Public Transportation*

ITS jenis ini diterapkan pada moda transportasi umum, misalnya: bus/truk, kapal laut, ferri dan pesawat terbang.

4. **Computer Vision**

Computer Vision merupakan suatu bidang yang berhubungan dengan pencitraan otomatis dan pengolahan otomatis suatu citra berbasis komputer untuk mengestrak dan menginterpretasikan informasi. *Computer Vision* bekerja dengan cara memproses data citra menggunakan kombinasi algoritma pengolahan citra dan kecerdasan buatan sehingga dapat menghasilkan informasi dan citra tersebut. Adapun gambaran umum proses kerja dari *Computer Vision* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem *Computer Vision* [20]

Computer Vision dalam melaksanakan tugas-tugas membutuhkan proses yang kompleks. Biasanya, untuk setiap aplikasi yang diberikan, keseluruhan tugas tidak dapat dilaksanakan pada sebuah tahapan tunggal. *Computer Vision* tertentu terdiri tahapan-tahapan seperti perolehan citra,

preprocessing, pengekstraksian fitur, penyimpanan objek secara asosiatif, pengaksesan suatu basis pengetahuan, dan pengenalan [22].

Computer Vision terdiri dari teknik-teknik untuk mengestimasi ciri-ciri objek di dalam citra. Pengukuran ciri yang berkaitan dengan geometri objek, dan menginterpretasi informasi geometri tersebut, berdasarkan persamaan (1) berikut.

$$\textit{Vision} = \textit{Geometry} + \textit{Measurement} + \textit{Interpretation} \quad (1)$$

Proses-proses di dalam *Computer Vision* dapat dibagi menjadi tiga aktivitas:

a. Memperoleh atau mengakuisisi citra digital

Akuisisi Citra pada manusia dimulai dengan mata kemudian informasi visual diterjemahkan ke dalam suatu format yang kemudian dapat dimanipulasi oleh otak. *Computer Vision* membutuhkan sebuah mata untuk menangkap sebuah sinyal visual. Umumnya mata pada *Computer Vision* adalah sebuah kamera video, menerjemahkan sebuah scene atau gambar kemudian sinyal listrik ini diubah menjadi bilangan biner yang akan digunakan oleh komputer untuk pemrosesan.

b. Memproses atau memodifikasi data citra (pengolahan citra)

Memproses atau memodifikasi citra bertujuan untuk membantu dalam peningkatan dan perbaikan kualitas gambar, sehingga dapat dianalisa dan diolah lebih jauh secara lebih efisien.

c. Menganalisis dan menginterpretasi citra

Analisis dan menginterpretasi citra ke dalam bentuk karakteristik utama dari objek melalui proses investigasi. Sebuah program komputer akan mulai mengidentifikasi fitur-fitur spesifik dan karakteristiknya. Lebih khusus lagi program analisis gambar digunakan untuk mencari tepi dan batas-batasan objek dalam gambar. Sebuah tepian (*edge*) terbentuk antara objek dan latar belakangnya atau antara dua objek yang spesifik. Tepi ini akan terdeteksi sebagai akibat dari perbedaan level kecerahan pada sisi yang berbeda dengan salah satu batasnya.

5. Deteksi Objek

Deteksi adalah suatu proses atau kegiatan untuk menemukan dan menentukan objek yang ada disuatu lingkup tertentu. Sedangkan citra (*image*) adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari suatu objek. Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu media penyimpanan [23].

Deteksi objek dapat diartikan sebagai proses menentukan objek tertentu yang ada di dalam citra. Untuk dapat melakukan deteksi objek, suatu sistem harus sudah memiliki pengetahuan tentang objek yang akan dicari. Tujuan dari proses ini dapat digunakan untuk menghitung objek pada suatu gambar dan melacak posisi dari objek dan semua itu berjalan beriringan dengan

proses melabeli objek tersebut [24]. Pada umumnya ada beberapa metode yang dapat digunakan yaitu *Background Subtraction*, *Frame Differencing*, *Temporal Differencing* dan *Optical Flow* [25].

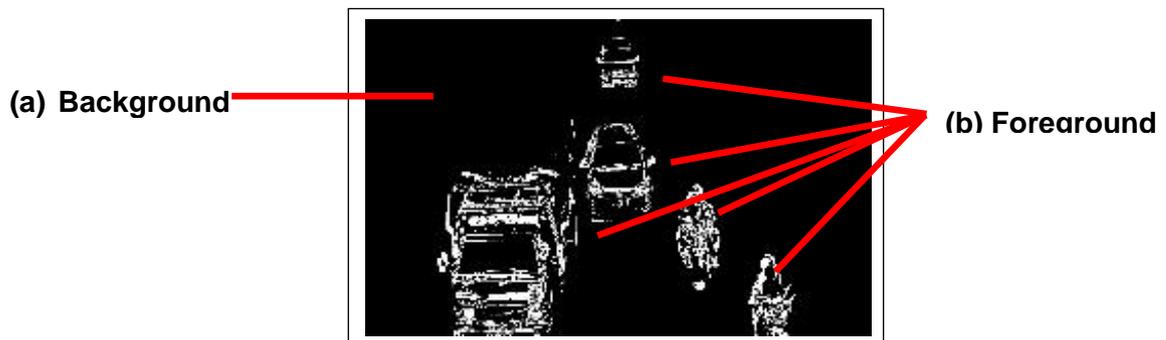
Algoritma *Frame Difference* merupakan metode yang cukup sederhana yaitu dengan membandingkan antara frame saat ini ($frame_n$) dengan frame sebelumnya ($frame_{n-1}$) dalam sebuah video. Prinsip dasar metode ini ialah dengan menghitung perbedaan nilai absolut pada $frame_n$ dan $frame_{n-1}$ untuk mendapatkan nilai setiap pixel dari objek yang bergerak dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$f_n = |frame_n - frame_{n-1}| \quad (2)$$

Setelah nilai pixel dari objek yang bergerak didapatkan, maka dilakukan proses *binarization* dengan mengacu pada nilai ambang batas (T_h) yang digunakan dan berdasarkan pada persamaan (2) berikut ini.

$$b(x, y) = \begin{cases} 1, & f_n(x, y) \geq T_h \\ 0, & f_n(x, y) < T_h \end{cases} \quad (3)$$

Nilai pixel 1 ditandai warna putih sebagai area *foreground* sedangkan nilai pixel 0 ditandai warna hitam sebagai area *background*. Adapun ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Deteksi objek, (a) *Background* dan (b) *Foreground*

6. *Region of Interest (ROI)*

Region of Interest (ROI) ialah sebuah teknik yang dilakukan untuk memilih area tertentu di dalam frame pada video [26]. Proses ROI dilakukan dengan membatasi atau memperkecil dari area pemrosesan, pembatasan ini dilakukan dengan cara menentukan area jalan raya saja yang akan diproses. ROI biasanya digunakan untuk mengoptimalkan proses dari sebuah sistem dengan menentukan area frame yang penting pada titik fokus deteksi. Input data dari CCTV secara menyeluruh menampilkan semua line dari arus kendaraan, akan tetapi yang menjadi fokus deteksi hanya beberapa bagian saja. Maka dari itu dibutuhkan penyesuaian preprocessing sehingga proses pendeteksian kendaraan dapat lebih optimal [8]. Pada Gambar 4 menunjukkan ilustrasi daerah deteksi pada titik fokus pendeteksian.



Gambar 4. ROI pada pendeteksian kendaraan, (a) dan (c) ialah area yang tidak ingin diproses/dideteksi, (b) area yang ingin dideteksi/diamati.

7. Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur ialah suatu tahap dasar untuk pengambilan informasi pada suatu gambar yang merupakan sasaran utama pada bidang *Computer Vision*. Pada umumnya terdapat dua tipe fitur yang dapat diekstraksi pada sebuah gambar, yaitu fitur lokal dan fitur global.

Fitur global merupakan fitur yang digunakan pada sistem deteksi dan klasifikasi objek, sedangkan fitur lokal biasanya digunakan untuk identifikasi objek. Namun fitur global memiliki beberapa keterbatasan, seperti, sensitif terhadap *noise*, iluminasi yang bervariasi, penskalaan, dan kurang mampu mengidentifikasi fitur penting dari gambar [15]. Sedangkan fitur lokal menggambarkan bagian pada gambar berupa *keypoints* atau *interest points* dari setiap objek. Fitur lokal dihitung berdasarkan setiap titik atau *keypoints* dalam gambar yang membuatnya lebih tahan terhadap halangan (*occlusion*). Namun tentunya hal itu membutuhkan algoritma klasifikasi yang

khusus untuk menangani kasus tertentu dimana ada sejumlah vektor fitur yang bervariasi gambarnya [27]. Adapun salah satu algoritma yang dapat digunakan untuk memperoleh fitur lokal pada sebuah gambar ialah *Binary Robust Invariant Scalable Keypoints* (BRISK). Algoritma ini merupakan alternatif yang lebih efisien untuk mengekstrak fitur berupa keypoint pada sebuah citra dibandingkan dengan metode SIFT dan SURF [28].

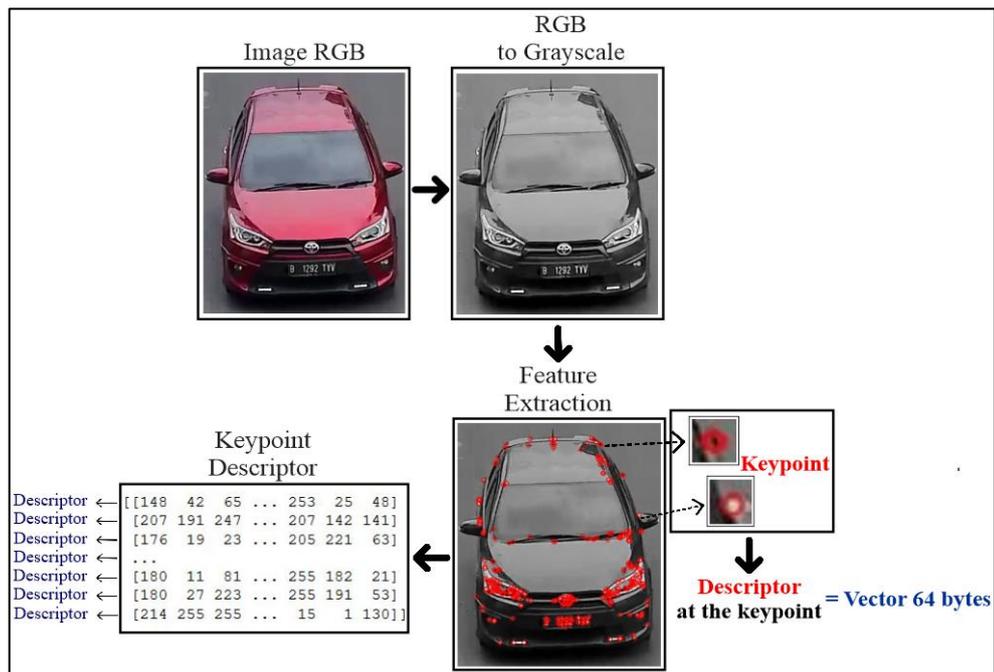
Pada algoritma BRISK fitur keypoint dideteksi menggunakan metode *From Accelerated Segment Test* (FAST). Metode ini melakukan penghitungan nilai maksimum pada scale-space dalam penentuan keypoint pada setiap citra. Hal ini dilakukan berdasarkan pola pada area sekitar keypoint yang saling berhubungan dengan memanfaatkan fungsi gaussian untuk memperhalus gradien (g) pada setiap titik piksel (x, y). Pola yang terbentuk akan menghasilkan 2 macam pasangan point (p) yaitu *short-distance pair* (S) dan *long-distance pair* (L) yang dihitung berdasarkan persamaan (4) dan (5).

$$S = \{(p_i, p_j) \mid \|p_i - p_j\| \leq \delta_{max}\} \quad (4)$$

$$L = \{(p_i, p_j) \mid \|p_i - p_j\| \geq \delta_{min}\} \quad (5)$$

Setiap *keypoint* pada gambar di deskripsikan kedalam vektor dengan panjang 64 bit. Sehingga fitur pada setiap gambar akan menjadi sebuah *matrix* dengan dimensi $n \times 64$, dimana n adalah jumlah keypoint yang terdeteksi. Proses ekstrak fitur dilakukan pada tahapan training dan testing dengan inputan berupa gambar kendaraan. Gambar kendaraan diubah

menjadi skala keabu-abuan (*grayscale*) terlebih dahulu, setelah itu dilakukan ekstrak fitur pada gambar dengan mendeteksi *keypoint*. Setiap gambar akan menghasilkan jumlah *keypoint* dengan *descriptor* yang berbeda-beda. Adapun ilustrasi dari ekstrak fitur, dapat dilihat pada Gambar 5.

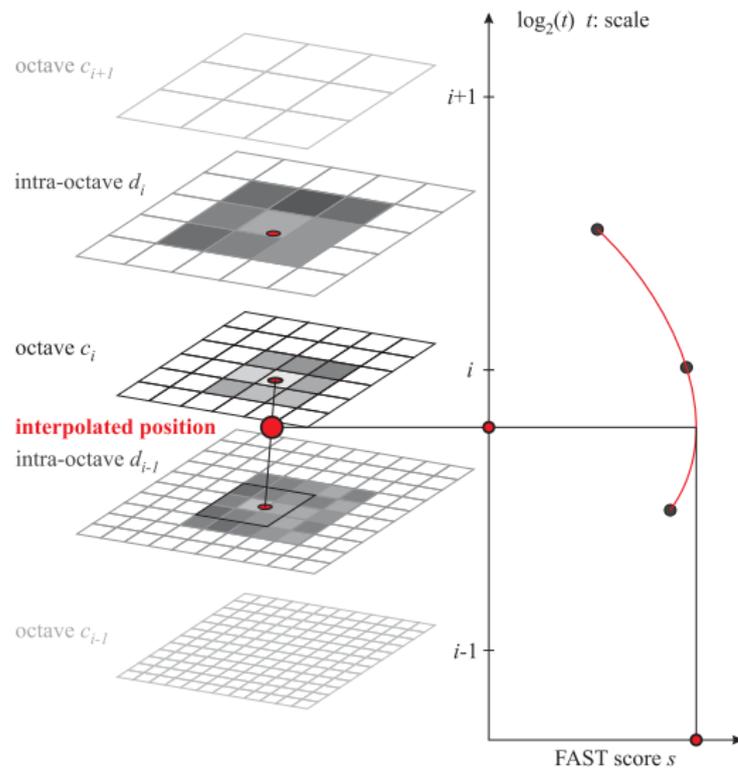


Gambar 5. Ilustrasi ekstraksi fitur pada algoritma BRISK

Algoritma BRISK merupakan algoritma yang digunakan untuk mendeteksi *keypoint*, *descriptor* dan pencocokan suatu citra. Algoritma deskripsi dengan invariansi skala dan invariansi rotasi. Ini membangun descriptor fitur dari citra lokal melalui hubungan skala abu-abu dari pasangan titik acak dilingkungan citra lokal dan mendapatkan *descriptor* fitur biner [29]. Algoritma BRISK mencakup tiga tahap utama [28]:

a. *Keypoint Detection*

Untuk mendapatkan *keypoint* dilakukan beberapa tahapan yaitu membuat ruang skala (scale space), menentukan FAST score antar ruang skala, menghitung sub-pixel maksimum dan memilih skala. Pertama, membuat ruang skala seperti Gambar 6.



Gambar 6. Ruang skala [28]

Ruang skala terdiri dari n oktaf c_i dan n intra-oktaf d_i untuk $i = \{0, 1, \dots, n-1\}$ dan $n=4$. Oktaf terbentuk dari half-sampling dari citra utama (sesuai dengan c_i). Setiap intra-oktaf diletakkan diantara lapisan c_i dan c_{i+1} .

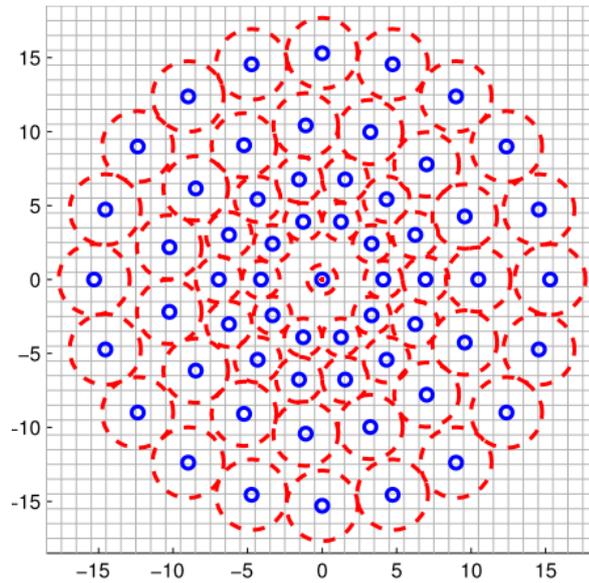
Langkah kedua adalah menentukan FAST score, dengan menggunakan FAST detectors pada setiap oktaf dan intra-oktaf. Nilai

s dinyatakan dalam setiap piksel sebagai *threshold* maksimum untuk deteksi FAST.

Langkah ketiga adalah menghitung *sub-pixel* maksimum dan memilih skala. Pada langkah ini mulanya menggunakan titik yang didapatkan dari supresi *non-maxima*. Untuk membatasi kompleksitas dari proses penghalusan dilakukan fungsi 2D quadratic dalam kotak 3x3 yang mengelilingi piksel dan sub piksel yang telah ditentukan. Hal yang sama juga dilakukan pada lapisan atas dan di bawahnya. Hal ini dilakukan secara interpolasi antar skala yang ada dan yang memiliki FAST *score* maksimum dijadikan sebagai skala dari feature yang ditemukan.

b. *Keypoint Description*

Konsep dari deskriptor BRISK adalah memanfaatkan pola yang digunakan untuk sampling ketetanggaan dari *keypoint*. Pola yang ada pada Gambar 7, mendefinisikan lokasi N sama dengan ruang pada lingkaran disekitar *keypoint*.



Gambar 7. Pola sampel BRISK [28]

Untuk menghindari efek aliasing dalam proses sampling intensitas dari titik ρ_i dalam *pattern*, diaplikasikan *gaussian smoothing* dengan standar deviasi σ_i yang proporsional dengan jarak antar titik pada setiap lingkaran. Penempatan dan penyekalaan dari *pattern* disesuaikan untuk keypoint dalam citra dipertimbangkan dengan melakukan sampling pasangan titik $(\rho_j \sigma_j)$ menggunakan persamaan (6).

$$\frac{N(N-1)}{2} \quad (6)$$

Nilai intensitas yang dihaluskan pada titik ini adalah $I(\rho_i \sigma_i)$ dan $I(\rho_j \sigma_j)$ masing –masing digunakan untuk memperkirakan gradien lokal $g(\rho_i \sigma_j)$ dengan persamaan (7).

$$g(\rho_i, \rho_j) = (\rho_i - \rho_j) \cdot \frac{I(\rho_j, \sigma_j) - I(\rho_i, \sigma_i)}{\|\rho_i - \rho_j\|} \quad (7)$$

c. *Building Descriptor*

Pada tahapan ini akan dijelaskan secara singkat untuk pembuatan deskriptor. Pertama adalah mengaplikasikan *pattern sampling* yang dirotasi dengan orientasi α dari *keypoint*.

$$\alpha = \text{atan2}(g_y, g_x) \quad (8)$$

Kemudian gunakan pencocokan jarak dekat untuk membentuk deskriptor biner d_k . Setiap bit dalam d_k ditentukan dari pencocokan jarak dekat, jadi deskriptor adalah sama dengan 512 bits untuk $N=60$.

$$b = \begin{cases} 1, & I(p_j^a, a_j) > I(p_i^a, a_i) \\ 0, & I(p_j^a, a_j) < I(p_i^a, a_i) \end{cases} \quad (9)$$

$$\forall (p_i^a, p_j^a) \in S$$

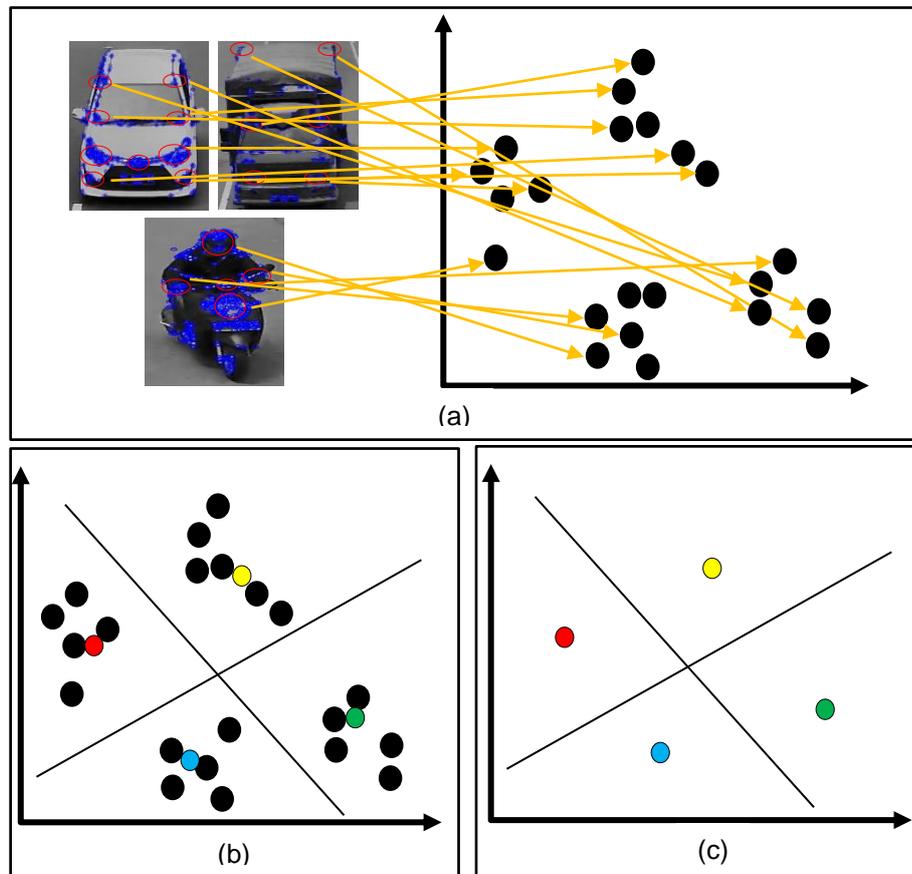
8. *Bag of Visual Word (BOVW)*

Pada dasarnya *Bag of Visual Word (BOVW)* ialah salah satu metode yang paling populer digunakan untuk mendapatkan fitur global. Metode ini diadopsi dari konsep BOW yang dimana biasanya digunakan untuk *Natural Language Processing (NLP)* [18]. Ada beberapa proses umum pada konsep ini yang diilustrasikan pada Gambar 8 dan dirangkum sebagai berikut:

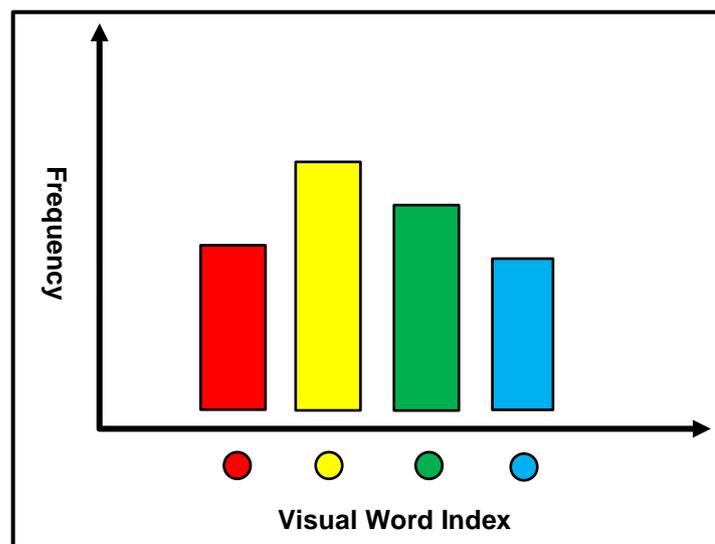
- a. Lokal fitur yang telah diekstraksi disebut sebagai *visual vocabulary*, lalu selanjutnya digabungkan kedalam ruang fitur yang disebut sebagai *dictionary*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 (a).
- b. Lalu lokal fitur dipetakan atau dikelompokkan untuk mendapatkan *visual vocabulary* diskrit. Dalam hal ini, algoritma *K-Means*

klustering digunakan untuk mengelompokkan *visual vocabulary* dengan jumlah kluster tertentu seperti yang diilustrasikan pada Gambar 8 (b).

- c. Algoritma *K-Means* akan menghasilkan sebuah pusat/centre pada setiap kluster yang disebut sebagai *visual word*. Ditunjukkan pada Gambar 8 (c).
- d. Jumlah fitur yang berada pada masing-masing kluster akan direpresentasikan kedalam sebuah histogram dan akan menjadi acuan dalam menentukan fitur global pada sebuah gambar. Histogram frekuensi *visual word* diilustrasikan pada Gambar 9.



Gambar 8. Ilustrasi pada tahap BOVW; (a) Pembuatan *dictionary*; (b) Pengelompokan *visual word*; (c) *Bag of Visual Word*



Gambar 9. Ilustrasi *histogram* frekuensi *visual word*

Konsep BOVW tersebut digunakan untuk mendapatkan fitur global pada sebuah gambar, dengan memetakan fitur lokal ke *visual word* terdekatnya. Sehingga fitur global setiap gambar dapat direpresentasikan dengan histogram frekuensi dari fitur-fitur yang terdapat pada gambar tersebut.

9. Klasifikasi

Klasifikasi merupakan proses ke dalam sebuah kelas dengan kesamaan sifat yang di dalamnya terdapat data latih (data training) sebagai acuan pengelompokan serta data uji (data testing) untuk pengujian. Tujuannya yaitu objek dari kelas yang belum mempunyai label atau kecenderungan data yang belum terklasifikasi dapat diprediksi [30].

10. *K-Nearest Neighbor* (KNN)

KNN merupakan suatu metode klasifikasi yang sederhana dan efektif dan melakukan klasifikasi sesuai dengan banyaknya kedekatan jarak yang mayoritas terhadap data yang di klasifikasi (Santoso, 2007). Metode KNN dapat menghasilkan akurasi yang akurat ketika data training yang digunakan banyak. Metode KNN melakukan klasifikasi pada data berdasarkan data latih yang sudah diklasifikasikan. Sebelum menghitung jarak antar data, pertama harus menentukan nilai k yang akan digunakan. Kemudian menghitung jarak *euclidean* data yang ingin diklasifikasikan dengan data latih menggunakan persamaan (10).

Dimana e_i adalah *testing data*, r_i adalah *training data* dan k adalah *Number of Neighbor*.

$$ED = \sqrt{\sum_{i=1}^k (e_i - r_i)^2} \quad (10)$$

B. Penelitian Terkait

Beberapa penelitian terkait sistem untuk mendeteksi dan mengklasifikasi kendaraan dengan beberapa metode berbeda seperti pada beberapa penelitian:

1. Indrabayu, et al (2015) melakukan penelitian tentang modifikasi *blob* dalam menghitung kendaraan menggunakan metode *Gaussian Mixture Model* (GMM) di bawah Lalu lintas yang padat, dengan menghasilkan peningkatan akurasi sebesar 6.96% untuk kendaraan motor, 39,05% untuk kendaraan mobil [7].
2. Basri, et al (2015) melakukan penelitian dengan mengoptimalkan kinerja GMM dengan menyesuaikan teknik ROI, memperoleh akurasi terbaik untuk sepeda motor diperoleh pada ROI depan dengan akurasi rata-rata 74,03% dan untuk mobil pada ROI belakang dengan rata-rata akurasi 86,46% [8].
3. Seenouvong, et al (2016) melakukan penelitian dengan mendeteksi dan mengklasifikasi kendaraan berdasarkan *Virtual Detection Zone* (VDZ) dan *Virtual Detection Line* (VDL), dengan menggunakan metode GMM dan KNN classifier untuk

mengklasifikasikan kendaraan, menghasilkan akurasi 93,92% dan 98,53% berdasarkan VDZ, dan (2,27% dan 98,20% berdasarkan VDL [9].

4. Indrabayu, et al (2017) melakukan penelitian dengan mendeteksi dan melacak kendaraan menggunakan GMM dan *Kalman Filter* dengan memperoleh akurasi deteksi sistem sebesar 79,63% [10].
5. Manzoor, et al (2017) melakukan penelitian dengan melakukan klasifikasi model kendaraan dengan metode Bag of SIFT faeature menggunakan data berupa gambar dari dataset NTOU-MMR, diperoleh akurasi 89% [19].
6. Huzaiifa dan Suwardi (2017) melakukan penelitian untuk rekognisi model mobil dari gambar tampak depan menggunakan metode *Binary Robust Invariant Scalable Keypoint* (BRISK), diperoleh akurasi sebesar 96,25 % [11].
7. Sahayaraj & Venkatachalapathy (2019) melakukan penelitian untuk mengklasifikasi dan menghitung kendaraan secara otomatis dengan menggunakan metode *deep learning* dalam lingkungan lalu lintas [12].
8. C.Tsai, et al (2019) melakukan penelitian untuk pendeteksian dan pengklasifikasian kendaraan dengan menggunakan metode *deep learning* yaitu *Deep Neural Network*. Sistem yang dirancang memperoleh akurasi sebesar 90%, akan tetapi metode yang

digunakan membutuhkan data yang cukup banyak yaitu ± 900.000 data gambar [13].

9. Lahinta, et al (2019) mendeteksi dan menghitung kendaraan untuk mengidentifikasi kepadatan lalu lintas di persimpangan jalan menggunakan pengolahan citra. Pada penelitian ini hanya fokus untuk menentukan kepadatan berdasarkan 3 kategori yaitu *flow condition*, *heavy condition*, dan *jammed condition*, akurasi sistem yang diperoleh sebesar 90,09% [14].

C. State of The Art

Pada Tabel 2 menampilkan perkembangan penelitian tentang *Computer Vision* khususnya di bidang *Intelligent Transportation System* (ITS) dalam hal pengawasan lalu lintas untuk mendeteksi kendaraan, mengklasifikasikan dan menghitung jumlah kendaraan. Penelitian Indrabayu, et al menghitung kendaraan pada lalu lintas yang padat, Indrabayu, et al melacak dan menghitung kendaraan menggunakan GMM dan Kalman filter, Chieng & Chai mengklasifikasi dan menghitung kendaraan untuk sensus kendaraan, Huzaifa dan Suwardi mengenali model mobil dari tampak depan. Namun pada penelitian ini menggunakan pendekatan yang lain agar sistem dapat mendeteksi kendaraan dan melakukan klasifikasi jenis kendaraan bermotor yang lebih akurat, hal itu tentunya diperlukan metode yang tepat dalam mendeteksi dan mengklasifikasi kendaraan berdasarkan jenisnya pada system pengawasan lalu lintas. Oleh karena itu pada penelitian ini mengajukan sebuah system

untuk mendeteksi dan mengklasifikasi kendaraan agar lebih akurat menggunakan teknologi *Computer Vision* dengan menggunakan ekstraksi fitur *Binary Robust Invariant Scalable Keypoint* (BRISK) serta mengkombinasikannya dengan metode BOVW.

Tabel 2. *State of the Art* penelitian

No	Judul	Penulis	Penerbit	Tahun	Metode	Hasil	Keterangan
1.	<i>Blob Modification in Counting Vehicles Using Gaussian Mixture Models Under Heavy Traffic</i>	Indrabayu, et al [7]	<i>ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences</i>	2015	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode <i>Gaussian Mixture Model</i> 2. Modifikasi <i>Blob</i> yang dikombinasikan dengan penyesuain ROI pada kondisi lalu lintas padat 	Hasil akurasi meningkat 28,02% pada kendaraan motor dan mobil 10,84%	<ol style="list-style-type: none"> 1. Data Primer berupa video beresolusi 120x160 pixels dengan 30 fps selama 33 detik, data video sebanyak 6 2. Hanya menggunakan dua kelas, yaitu kelas motor dan mobil
2.	<i>Gaussian Mixture Models Optimization for Counting The Numbers of Vehicle by Adjusting The Region of Interest under Heavy Traffic Condition</i>	Basri, et al [8]	<i>International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications, ISITIA Proceeding</i>	2015	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode <i>Gaussian Mixture Model</i> 2. Menyesuaikan <i>Region of Interest (ROI)</i> 	Hasil akurasi setelah menyesuaikan ROI, rata-rata akurasi meningkat 6,97% untuk kendaraan motor dan mobil 39,04%	<ol style="list-style-type: none"> 1. Data primer berupa video menggunakan webcam format AVI beresolusi 160x120 piksel, jumlah data video sebanyak 6 dengan durasi 1000 frame dan 33 detik 2. Hanya menggunakan dua kelas, yaitu kelas motor dan mobil

Lanjutan Tabel 2

No	Judul	Penulis	Penerbit	Tahun	Metode	Hasil	Keterangan
3.	<i>Vehicle Detection and Classification System Based on Virtual Detection Zone</i>	Seenouvon g, et al [9]	<i>13th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering, JCSSE</i>	2016	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode <i>Gaussian Mixture Model</i> untuk mengekstraksi <i>foreground</i> 2. Menyesuaikan ROI untuk mendeteksi kendaraan 3. KNN untuk klasifikasi jenis kendaraan 	Hasil akurasi system deteksi dan klasifikasi kendaraan yang diusulkan adalah 93,92% dan 98,53% berdasarkan VDZ dan berdasarkan VDL sebesar 92,27% dan 98,20%	<ol style="list-style-type: none"> 1. Data primer berupa video yang diambil dari flyover mulai dari jam 9 am – 5 pm, jumlah data video sebanyak 5 video dengan resolusi 1280x720 pixel 2. Menggunakan fitur global dalam melakukan klasifikasi
4.	<i>Vehicle Detection and Tracking Using Gaussian Mixture Model and Kalman Filter</i>	Indrabayu, et al [10]	<i>Proceedings, CYBERNETIC SCOM International Conference on Computational Intelligence and Cybernetics</i>	2017	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode <i>Gaussian Mixture Model</i> untuk pelacakan objek 2. <i>Kalman filter</i> untuk <i>tracking object</i> 3. ROC untuk validasi system untuk deteksi objek 	Hasil akurasi kondisi lalu lintas lenggang 97,22% dan Hasil akurasi kondisi lalu lintas padat 79,63%	Data primer berupa video format .mov beresolusi 640 x 480 piksel yang diambil pada jalan raya perkotaan dengan dua kondisi lalu lintas lenggang dan padat

Lanjutan Tabel 2

No	Judul	Penulis	Penerbit	Tahun	Metode	Hasil	Keterangan
5.	<i>Vehicle Make and Model Classification System using Bag of SIFT Features</i>	Manzoor, et al [19]	<i>IEE 7th Annual Computing and Communication Workshop and Conference</i>	2017	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bag of Sift Features 2. Support Vector Machine (SVM) 	Menghasilkan akurasi mencapai 89% dengan implementasi metode ekstraksi fitur yang cukup baik	Hanya menggunakan data gambar kendaraan dari tampak depan yang berasal dari dataset NTOU-MMR
6.	<i>Car model Recognition from Frontal Image Using BRISK</i>	Huzaifa, et al [11]	<i>ICECOS - Proceeding of International Conference on Electrical Engineering and Computer Science: Sustaining the Cultural Heritage Toward the Smart Environment for Better Future</i>	2017	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode BRISK untuk ekstraksi fitur lokal 2. Hamming Distance untuk pencocokan keypoint 	Hasil akurasi 96,25%	Hanya menggunakan data berupa gambar untuk melakukan proses latihan maupun uji, yaitu 400 data latihan dan 80 data uji dan proses klasifikasi menggunakan teknik pencocokan atau matching satu persatu gambar latihan dan uji

Lanjutan Tabel 2

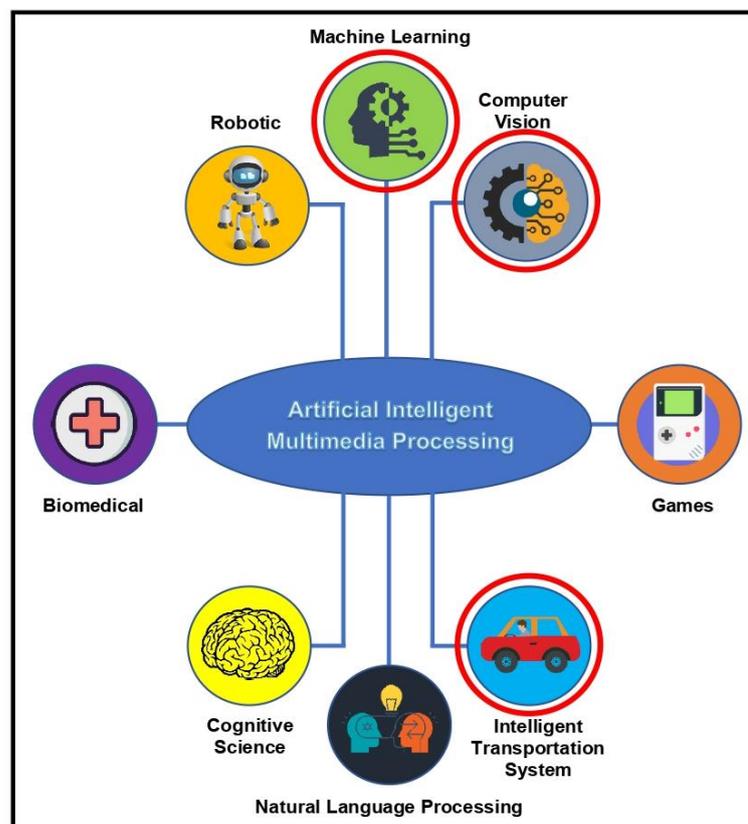
No	Judul	Penulis	Penerbit	Tahun	Metode	Hasil	Keterangan
7.	<i>An Automatic Vehicle Type Classification and Counting based on Deep Learning in Traffic Environment</i>	Sahayaraj, et al [12]	<i>International Journal of Recent Technology and Engineering</i>	2019	1. <i>Convolution Neural Network</i> 2. RCNN 3. ZF dan VGG16	Menghasilkan peningkatan akurasi dalam hal mendeteksi target	Dataset yang digunakan dari database kendaraan MIT dan Caltech
8.	<i>Vehicle Detection and Classification based on Deep Neural Network for Intelligent Transportation Applications</i>	C.Tsai, et al [13]	<i>Proceeding, APSIPA Annual Summit and Conference</i>	2019	1. <i>Deep Neural Network</i> 2. Menggunakan Arsitektur Faster R-CNN	Hasil akurasi sistem 90%	1. Data video yang digunakan beresolusi 720x480 2. Data training yang digunakan cukup banyak yaitu ± 900.000 data gambar, sehingga mengakibatkan besarnya waktu komputasi

Lanjutan Tabel 2

No	Judul	Penulis	Penerbit	Tahun	Metode	Hasil	Keterangan
9.	<i>Vehicle Detection and Counting to Identify Traffic Density in the Intersection of Road Using Image Processing</i>	Lahinta, et al [14]	<i>1st International Conference on Science and Technology, ICOST, Makassar, Indonesia</i>	2019	1. <i>Metode Gaussian Mixture Model</i> untuk <i>processing</i> video 2. <i>Morphological Operation</i> untuk mendeteksi objek kendaraan berupa <i>blob</i>	Hasil akurasi 90,9%	Data Primer yang diambil di persimpangan kota manado, Sulawesi utara menggunakan kamera IP Yoosen beresolusi 640 x 480

D. Posisi Penelitian

Ada beberapa titik fokus penelitian pada *Artificial Intelligent Multimedia Processing (AIMP) Research Group* Departemen Teknik Informatika Universitas Hasanuddin. Berdasarkan titik fokus tersebut terdapat beberapa bagian yang diangkat sebagai penelitian didalam bidang *Artificial Intelligent (AI)* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



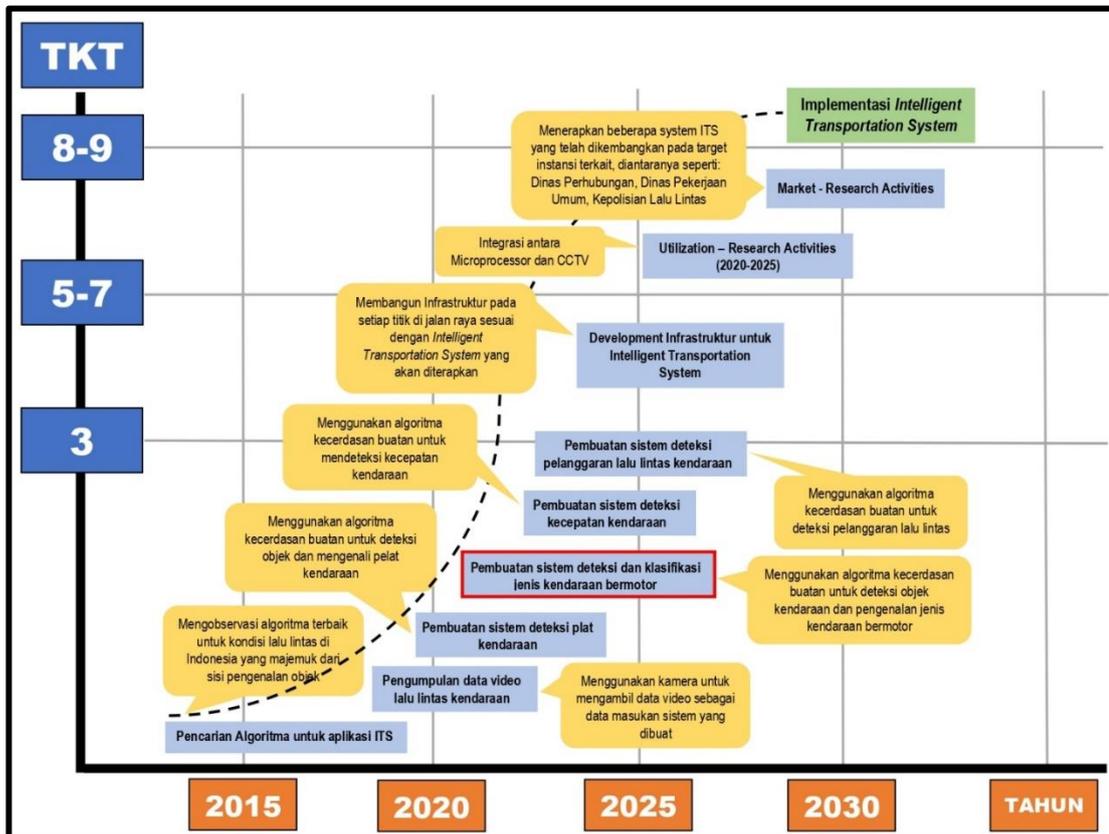
Gambar 10. Road Map Penelitian *Artificial Intelligent Multimedia Processing Research Group*

Namun pada penelitian hanya berfokus pada beberapa bidang yang ada pada *AIMP Research Group* yang ditunjukkan pada Gambar 10 yaitu, *Intelligent Transportation System (ITS)*, *Computer Vision* dan *Machine*

Learning. Beberapa bidang ini saling berkaitan dalam hal membuat suatu sistem deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor pada jalan raya tepatnya di Jl. Perintis Kemerdekaan depan Makassar Town Square (M'TOS). Sehingga jika mengacu pada *road map* penelitian dari beberapa bagian terkait *Intelligent Transportation System* (ITS) yang hanya berfokus pada sistem deteksi dan klasifikasi kendaraan untuk tujuan *Traffic Monitoring System* (TMS) dan identifikasi pelanggaran lalu lintas menggunakan metode *Machine Learning* dan memanfaatkan *Computer Vision*. Hal ini ialah sebuah proses dalam mendukung penerapan dari *Smart City* dari setiap kota yang ada di Indonesia khususnya pada bidang transportasi. Ada beberapa penelitian utama pada *road map* penelitian yaitu seperti deteksi plat kendaraan, deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor, deteksi kecepatan kendaraan, dan deteksi pelanggaran lalu lintas kendaraan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.

Hanya saja pada penelitian ini hanya fokus pada 1 penelitian utama saja, yaitu deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor yang mengadopsi beberapa metode. Dimana masing-masing jenis kendaraan bermotor dideteksi dan diklasifikasi berdasarkan jenisnya, yaitu *motorcycle* (MC), *light vehicle* (LV) dan *heavy vehicle* (HV) menggunakan teknik pengolahan citra dan pengenalan pola dengan memanfaatkan metode *Machine Learning*. Berdasarkan *road map* yang ditunjukkan dapat dilihat batasan penelitian yang dilakukan hanya sampai pada penggunaan algoritma kecerdasan buatan (*Artificial Intelligent*) untuk melakukan deteksi

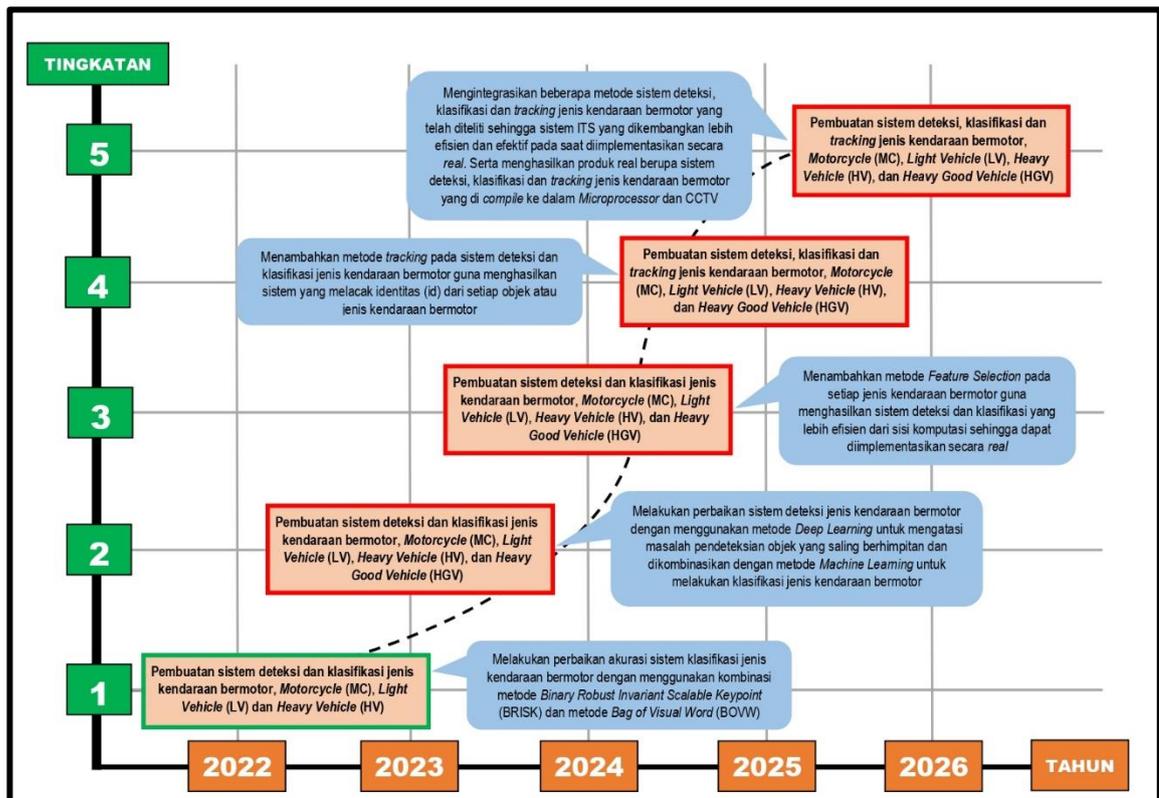
dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor yang dimana berdasarkan tingkat kesiapterapan teknologi (TKT) hanya mencapai TKT 3.



Gambar 11. Road Map Penelitian Intelligent Transportation System

Sehingga penelitian ini masih dalam cakupan untuk menemukan algoritma yang sesuai dan landasan riset kedepannya, hingga nantinya bagian dari ITS khususnya pada sistem deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor dapat diterapkan secara utuh, hingga mencapai TKT (8-9) ketika sistem yang dibuat telah diterapkan pada beberapa instansi terkait, seperti Dinas Perhubungan, Dinas Pekerjaan Umum dan Kepolisian Lalu Lintas.

Oleh karena itu ada beberapa hal yang perlu dilakukan untuk peneliti-peneliti selanjutnya agar riset kedepannya terkait *Intelligent Transportation System* (ITS) bisa diimplementasikan secara real khususnya untuk *Research & Development* (R&D) kedepannya. Jika mengacu pada penelitian yang telah diteliti sebelumnya terkait algoritma ataupun metode-metode yang telah digunakan, ada beberapa hal yang tidak kalah pentingnya dilakukan guna mendukung penelitian-penelitian yang sifatnya bukan hanya berada pada konsep terkait ITS, namun lebih cenderung mengarah ke implementasi ITS secara *real*. Hal ini tentunya perlu mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya dan penelitian apa saja yang besar peluangnya dilakukan kedepannya khususnya dalam mengembangkan sistem deteksi dan klasifikasi yang lebih efektif dan efisien. Sehingga penelitian kedepannya bisa dalam bentuk produk real yang dapat dipasarkan ke instansi-instansi terkait yang membutuhkan, oleh karena itu ada beberapa hal yang dapat dilakukan untuk mengembangkan penelitian-penelitian selanjutnya dan posisi penelitian yang telah kami lakukan. Hal ini telah dijabarkan dalam bentuk gambar *Road Map* sistem deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor pada bidang ITS, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12. Adapun jika dilihat pada Gambar 12, ada beberapa peluang-peluang terkait penelitian yang dapat dilakukan atau dikembangkan kedepannya. Sehingga target dari implementasi sistem ITS secara real khususnya pada bagian sistem deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor dapat terwujud.



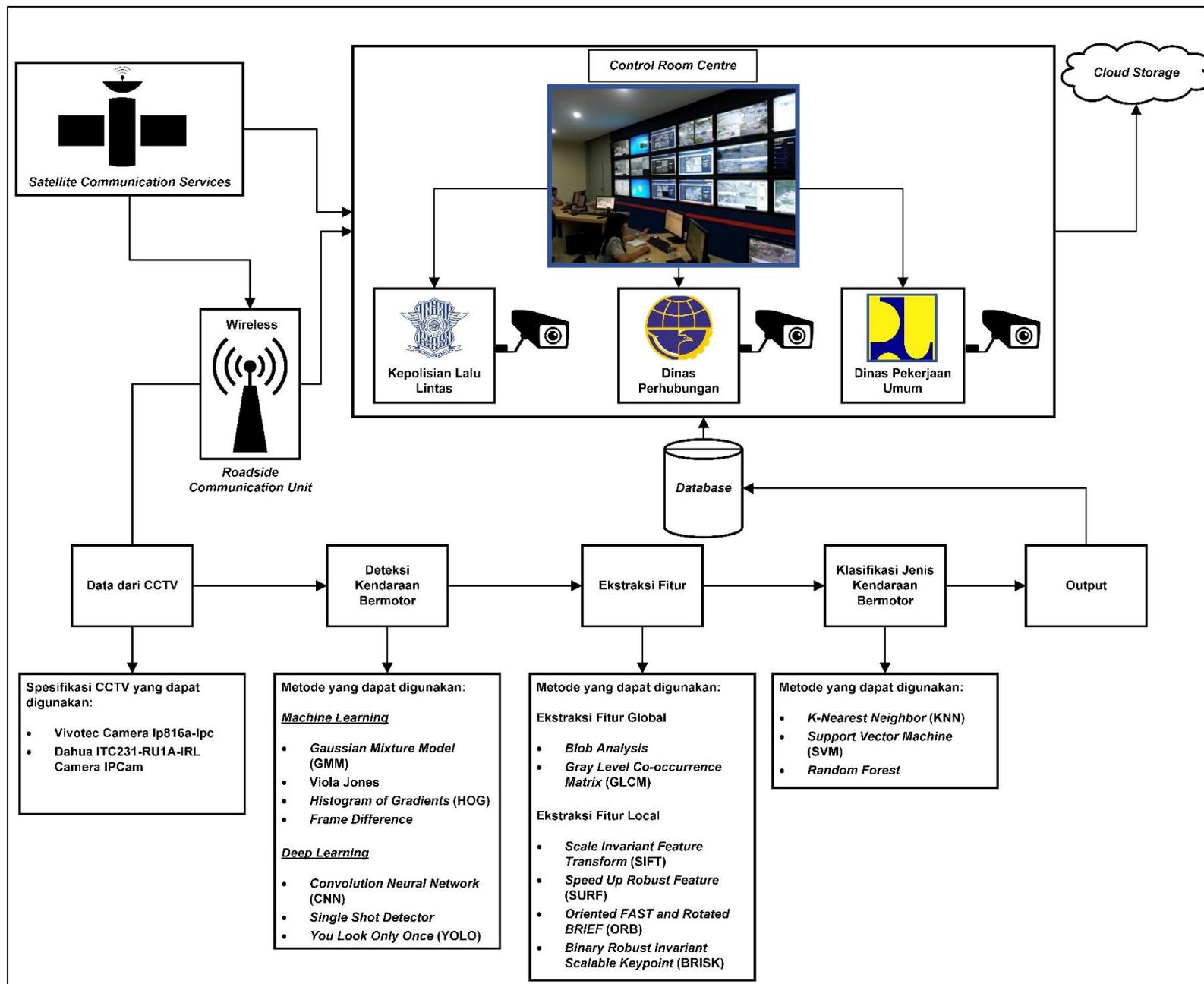
Gambar 12. Road Map penelitian sistem deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor

Jika ditinjau pada Gambar 12, ada beberapa tingkatan yang dapat dilakukan guna mengembangkan sistem deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor hingga dapat diimplementasikan secara *real* ke instansi-instansi terkait dalam bentuk produk. Ada lima tingkatan (level) penelitian yang dapat dikembangkan oleh peneliti-peneliti selanjutnya termasuk posisi tingkatan penelitian yang telah kami rancang. Tingkatan pertama yang ditandai dengan garis kotak warna hijau yaitu penelitian yang telah kami rancang menggunakan beberapa metode dengan melakukan kombinasi metode sehingga menghasilkan perbaikan akurasi dari sistem klasifikasi jenis kendaraan bermotor yang telah dirancang. Adapun

tingkatan kedua hingga tingkatan lima yang ditandai dengan garis kotak warna merah, yaitu posisi penelitian yang besar peluangnya untuk dilakukan peneliti-peneliti selanjutnya, sehingga sistem deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor yang dirancang kedepannya dapat diimplementasikan secara *real* dalam bentuk produk pada bidang *Intelligent Transportation System (ITS)*.

Namun jika membahas tentang *Intelligent Transportation System* secara garis besar dan terkhusus kepada sistem deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor. Maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk merancang sistem tersebut, sehingga dapat diimplementasikan secara *real*. Oleh karena itu perlunya dirancang *schematic diagram* secara umum agar terlihat alur dari sistem deteksi dan klasifikasi kendaraan bermotor, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 13. Jika dilihat pada Gambar 13 dari *schematic diagram* sistem deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor, ada beberapa bagian yang dijelaskan yaitu terkait data inputan dari CCTV beserta spesifikasi yang layak digunakan, lalu proses deteksi kendaraan bermotor serta metode-metode yang dapat digunakan. Selanjutnya tahapan ketika objek kendaraan telah terdeteksi maka dilakukan proses ekstraksi fitur dari beberapa algoritma yang dapat digunakan untuk menghasilkan rancangan sistem yang cukup efektif dan efisien. Setelah fitur dari objek kendaraan bermotor telah diekstraksi, maka fitur-fitur tersebut akan diklasifikasi menggunakan algoritma klasifikasi yang ada, seperti *K-Nearest Neighbor (KNN)*, *Support Vector Machine (SVM)*

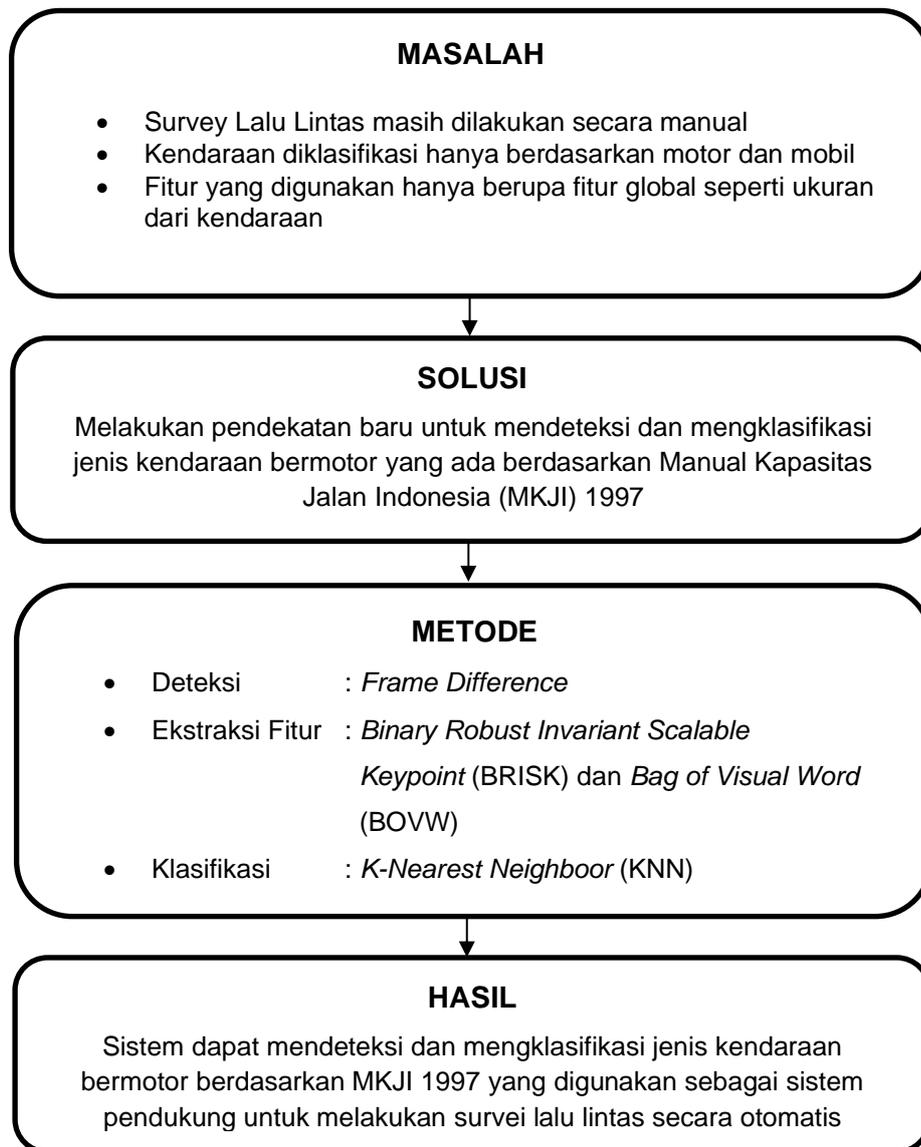
dan *Random Forest*. Setelah fitur-fitur dari setiap objek kendaraan diklasifikasi menggunakan algoritma klasifikasi yang dipilih, maka sistem yang dirancang akan menghasilkan output berupa jenis kendaraan bermotor apa saja yang melintas pada jalan-jalan yang telah diberi kamera CCTV. Tentunya setiap data tersebut akan disimpan pada database serta dikontrol atau terpantau pada *control room centre* pada instansi terkait sesuai dengan tujuan dan fungsi masing-masing instansi, seperti Kepolisian Lalu lintas, Dinas Perhubungan dan Dinas Pekerjaan Umum. Oleh karena banyaknya data yang dihasilkan dan diproses maka diperlukan *Cloud Storage* untuk menyimpan data yang telah diolah atau diproses pada *control room centre* dari masing-masing instansi terkait. Adapun pada setiap instansi mempunyai masing-masing kamera CCTV berbeda untuk mengambil data berupa video yang akan diproses pada sistem deteksi dan klasifikasi yang dirancang, sehingga dapat mendapatkan informasi yang sesuai dengan tujuan atau tugas dari instansi terkait. Oleh karena itu pada masing-masing jalan yang telah dipasang kamera CCTV diberi pemancar/communication unit berupa wireless untuk menghubungkan setiap CCTV ke *control room centre* dari beberapa instansi terkait. Sehingga proses pengambilan data dari CCTV hingga proses deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor bisa ditransmisikan kedalam database pada *control room centre* pada setiap instansi yang ada, lalu setelah itu data tersebut disimpan pada cloud storage dari masing-masing instansi.



Gambar 13. Schematic Diagram sistem deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor pada ITS

E. Kerangka Pikir

Kerangka pikir menjelaskan alur penelitian yang akan dilakukan. Pada tahap pertama menjelaskan permasalahan yang ada dalam hal survei lalu lintas, yang dimana seperti yang kita ketahui survei lalu lintas yang dilakukan masih secara manual dan tentunya memiliki banyak kekurangan dari segi efisiensi dan efektifitas. Oleh karena itu, berdasarkan perkembangan teknologi khususnya dibidang ITS, kita dapat memanfaatkan beberapa pendekatan untuk mengatasi masalah tersebut menggunakan *Computer Vision*. Sehingga dilakukan perancangan sistem untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan mengacu dari beberapa penelitian sebelumnya, yaitu system hanya mendeteksi berupa kendaraan motor dan mobil, lalu fitur yang digunakan hanya berupa fitur global. Oleh karena itu, sistem yang dirancang menggunakan beberapa pendekatan agar mampu melakukan deteksi dan klasifikasi jenis kendaraan bermotor. Pendekatan yang pertama yaitu dengan melakukan deteksi objek kendaraan menggunakan teknik *Frame Difference*. Selanjutnya fitur pada objek kendaraan yang telah terdeteksi diekstraksi menggunakan metode *Binary Robust Invariant Scalable Keypoint* (BRISK) dan dikombinasikan dengan *Bag of Visual Word* (BOVW). Hasil dari pendekatan yang dilakukan dapat meningkatkan kinerja sistem yang dirancang. Adapun kerangka pikir penelitian dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Kerangka pikir penelitian