

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Intelligent Transportation System (ITS)*

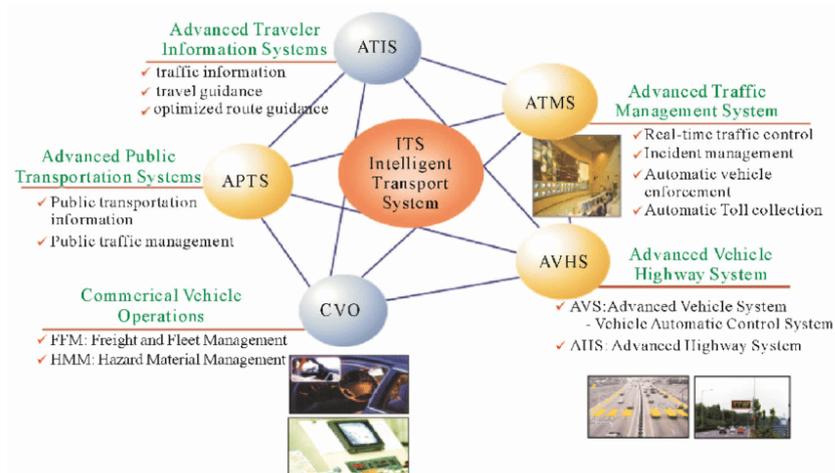
Intelligent Transportation Systems (ITS) merupakan teknologi yang baru berkembang beberapa tahun terakhir untuk mengatasi kemacetan lalu lintas di beberapa negara maju. ITS dimanfaatkan untuk sistem komputasi dan teknologi komunikasi untuk berbagai keperluan, seperti manajemen lalu lintas, perencanaan routing, keamanan kendaraan dan jalan raya serta layanan darurat[8]. ITS menggunakan berbagai macam penginderaan dan komunikasi untuk membantu otoritas transportasi dan pengemudi kendaraan dalam membuat keputusan informative serta kenyamanan dan keamanan dalam berkendara[6]. Dengan memanfaatkan ITS, sistem keamanan jalan serta kendaraan dapat lebih aman, efisien dan ramah lingkungan[25].

Penggunaan teknologi komunikasi *wireless* mempermudah penyebaran ITS sehingga memungkinkan ITS untuk berkomunikasi secara mandiri dengan kendaraan lain dan infrastruktur disekitarnya serta akan membuka peluang munculnya berbagai macam aplikasi keselamatan jalan dan pengguna. Aplikasi ITS memanfaatkan data yang dikumpulkan dari kendaraan untuk meningkatkan penggunaan kendaraan, keamanan dan kenyamanan pengemudi serta untuk merasionalisasi penggunaan infrastruktur umum[26].

ITS memfasilitasi sistem multi-modal transportasi nasional yang terhubung pada seluruh kendaraan dari semua jenis infrastruktur, dan membawa perangkat penumpang untuk memberikan layanan publik dengan memanfaatkan teknologi untuk memaksimalkan keamanan, mobilitas, dan kinerja lingkungan. ITS mencakup semua moda transportasi dan menganggap semua elemen transportasi baik sistem kendaraan, infrastruktur, pengemudi maupun pengguna untuk berinteraksi bersama-sama secara dinamis. Fungsi keseluruhan ITS adalah untuk meningkatkan pengambilan keputusan secara *real-time* dengan pengendali jaringan transportasi dan pengguna lain sehingga meningkatkan operasi keseluruhan sistem transportasi. Teknologi ITS menggunakan teknik dan

pendekatan melalui aplikasi teknologi baik berdiri sendiri atau perangkat tambahan seperti sensor untuk strategi transportasi. ITS meliputi berbagai informasi tergantung pada kebutuhan dan mengintegrasikan kedalam satu sistem untuk mendapatkan informasi struktur lingkungan sebagai bahan perencanaan, pengendalian, manajemen lalu lintas serta meningkatkan efektivitas sistem[27].

2.1.1 Teknologi *Intelligent Transportation System (ITS)*



Gambar 2.1 Teknologi ITS[28]

1. *Advanced Traffic Manajement System (ATMS)*

ATMS adalah bagian mendasar dari sistem transportasi cerdas yang digunakan untuk meningkatkan kualitas layanan lalu lintas. ATMS beroperasi dengan serangkaian video dan mendeteksi *roadway loop*, sinyal suatu jaringan dan strategi pengendalian kejadian dari pusat lokasi untuk merespon kondisi lalu lintas secara real time[25].

Tiga unsur utama pendukung ATMS[28] :

1. Pengumpulan data melalui monitoring kondisi lalu lintas.
2. Pendukung sistem berupa bantuan operator untuk mengelola dan mengontrol lalu lintas secara real time.

3. Sistem kontrol lalu lintas menggunakan informasi yang diberikan sebelumnya, mengirim pesan ke *display* elektronik dan kontrol akses jalan raya.

2. *Advanced Traveller Information System (ATIS)*

Teknologi ATIS menyediakan informasi lalu lintas *real time* ke pengguna transportasi. Informasi berupa kondisi lalu lintas untuk mengurangi kemacetan, mengoptimalkan arus lalu lintas dan mengurangi polusi. Dengan sistem ini, pengguna dapat memutuskan jalan yang paling optimal untuk mencapai tujuan. Informasi ini dapat diberikan melalui panel elektronik, sistem portabel yang terhubung ke Internet (menawarkan keragaman informasi, seperti, angkutan umum, jalan raya alternatif, pompa bensin, parkir dan hotel), sistem radio pada sistem kendaraan yang menampilkan peta dengan informasi dari lokasi[25].

Tiga unsur utama pendukung ATIS[28] :

1. *Traffic Information*
2. *Travel Guidance*
3. *Optimized Route Guidance*

3. *Advanced Public Transportation Systems (APTS)*

APTS merupakan sistem yang menggunakan teknologi elektronik untuk meningkatkan operasi dan efisiensi pekerjaan. Sistem ini mampu mengontrol, rencana dan meningkatkan pelayanan armada serta meramalkan layanan yang lebih fleksibel, dengan efisiensi dan keamanan, untuk menjamin kepuasan pelanggan dan kontrol perjalanan biaya. Dalam APTS juga terdapat sistem pembayaran otomatis, melalui penggunaan beberapa kartu pintar yang menyediakan fungsi seperti kredit yang tersimpan atau menangkap otomatis informasi penumpang dan *profil* perjalanan. Untuk meningkatkan keamanan, sistem menggunakan kamera yang memungkinkan pengemudi dan pusat informasi untuk mendeteksi dan bereaksi terhadap setiap aktivitas yang mencurigakan[25].

Unsur utama pendukung APTS[28] :

1. *Public Transportation Information*
2. *Public Traffic Management*

4. *Advanced Vehicle Control Systems (AVCS)*

AVCS menggabungkan antara sensor, komputer dan sistem kontrol untuk membantu memberi peringatan kepada pengemudi dan mengambil bagian dari pengemudi kendaraan. Dengan sensor di dalam kendaraan, pengemudi dapat menerima informasi visual dan mendengar tentang lalu lintas, bahaya dan semua situasi kendaraan. Di sisi lain, kontrol otomatis memungkinkan untuk bereaksi dalam situasi bahaya dengan cara yang lebih cepat dan efektif, seperti menggerakkan pengereman atau percepatan sistem, yang berguna untuk pengemudi lanjut usia atau pengemudi yang kurang pengalaman[28].

5. *Commercial Vehicle Operations (CVO)*

Sistem CVO menggunakan berbagai teknologi ITS untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi kendaraan komersial dan armada. Teknologi ITS meningkatkan kecepatan pengiriman barang, transportasi pasien dan pengurangan biaya operasi. Sistem berat otomatis juga dapat diimplementasikan, dengan tingkat keselamatan yang tinggi dan efisiensi[28].

2.1.2 Karakteristik dan Tantangan *Intelligent Transportation System (ITS)*

Meskipun ITS akan memiliki potensi besar dalam waktu dekat, ada banyak tantangan penelitian terbuka dan isu-isu yang perlu ditangani dalam rangka untuk menyebarkan efektif dan keamanan pada aplikasi ITS. Desain aplikasi ITS memerlukan perhatian khusus dan ditandai dengan fitur utama sebagai berikut[26]:

1. Kapasitas yang kuat: Stasiun ITS (yaitu, RSUs, Obus) yang kuat dalam hal energi, lokalisasi, perhitungan, penyimpanan dan kapasitas yang kuat serta kemampuan *data rate*.

2. Mobilitas tinggi: ITS melibatkan sejumlah besar node yang berpindah dari satu lokasi ke lokasi lain, dengan kecepatan yang berbeda dan arah, sehingga membuat prediksi posisi node sangat sulit dan memerlukan node perlindungan.
3. Topologi jaringan dinamis: tergantung pada lokasi dan kecepatan mereka, stasiun ITS dapat bergabung dan / atau meninggalkan jaringan yang sangat cepat sehingga menghasilkan topologi jaringan yang sangat dinamis.
4. Waktu sensitivitas: Informasi keselamatan harus disampaikan ke node dalam waktu singkat (misalnya, 100-ms delay untuk pesan yang terkait dengan keselamatan), sehingga membuat *latency* salah satu kualitas yang paling penting dari layanan (QoS) keterbatasan untuk jenis-jenis jaringan.
5. Energi yang cukup: tidak seperti jaringan sensor nirkabel (WSN), di mana node memiliki sumber daya dan seumur hidup baterai kecil terbatas, entitas ITS dianggap sebagai perangkat yang kaya sumber daya (yaitu, energi, penyimpanan dan komputasi) sehingga memungkinkan implementasi algoritma kompleks untuk mencapai *throughput* yang lebih tinggi dalam lingkungan kendaraan.
6. Perlindungan fisik yang baik: dalam setiap entitas ITS, perlindungan fisik dapat dipastikan, memberikan kekebalan jaringan terhadap serangan fisik.
7. Ukuran jaringan tak terbatas: ITS dapat diimplementasikan di wilayah geografis yang kecil, atau di kota-kota bahkan di beberapa Negara, yang berarti bahwa ukuran jaringan ITS tidak terbatas pada wilayah geografis spesifik.

8. Komunikasi nirkabel: entitas ITS berkomunikasi satu sama lainnya dan melakukan pertukaran informasi melalui koneksi nirkabel sehingga beberapa langkah-langkah keamanan dan protokol harus digunakan untuk memastikan komunikasi yang aman dan dilindungi.
9. Teknologi komunikasi heterogen V2X: kendaraan mengeksplorasi berbagai jenis mode komunikasi, seperti multi-hop V2V, point-to-point V2I, rentang pendek/panjang V2I, dll. Selain itu mode komunikasi suatu kendaraan yang terhubung mendukung berbagai teknologi komunikasi, seperti IEEE 802.11p, Wi-Fi, Bluetooth, 3G / LTE, dll.
10. Lingkungan yang heterogen: kendaraan beroperasi di berbagai lingkungan, seperti *indoor*, *outdoor*, kepadatan jaringan yang tinggi maupun rendah.
11. Keamanan dan privasi: keamanan dan privasi merupakan hal yang sangat penting. Adanya penyerang bertujuan untuk mempengaruhi otentikasi, integritas dan bahkan ketersediaan jaringan. Dalam konteks ini, protokol keamanan harus dilaksanakan karena kendala waktu dan kompleksitas komputasi rendah untuk menukar informasi yang cepat dan aman.

Sebuah analisis yang cermat dari karakteristik di atas mengungkapkan bahwa tantangan desain ITS kadang-kadang bertentangan. Di satu sisi, komunikasi kendaraan harus yang efisien dan memberikan kinerja *real-time*, tapi di sisi lain, tambahan pengolahan dan pesan *overhead* diperlukan untuk menjamin keamanan dan privasi komunikasi ini. [26].

2.2 Aplikasi dan Penerapan *Intelligent Transportation System (ITS)*

Berdasarkan jenis informasi yang diperoleh terdapat empat kategori pada penginderaan kendaraan yang kemudian disebarkan dengan berbagai cara untuk aplikasi yang berbeda[29]. Aplikasi ITS memanfaatkan data yang dikumpulkan dari kendaraan untuk meningkatkan penggunaan kendaraan, keamanan dan kenyamanan pengemudi dan untuk merasionalisasi penggunaan infrastruktur umum[26].



Gambar 2.2 Klasifikasi Aplikasi ITS[26]

Terdapat empat kategori utama aplikasi ITS, antara lain :

1. Aplikasi Keselamatan Perjalanan

Aplikasi keselamatan jalan menggunakan komunikasi V2X nirkabel antara entitas ITS sekitarnya (misalnya, kendaraan, infrastruktur jalan, dll) untuk mengurangi kecelakaan lalu lintas serta melindungi driver dan pejalan kaki dari berbagai bahaya infrastruktur jalan[26].

Informasi mengenai lalu lintas dapat diperoleh dengan input data manusia bersama data sensorik yang tersedia untuk kemudian dikumpulkan, dikomunikasikan ke server pengolahan data menggunakan ponsel pintar tanpa sensor khusus atau perangkat komunikasi yang kompleks baik didalam kendaraan maupun disepanjang jalan[6].

Smartphone dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi sinyal lalu lintas dengan menggunakan kamera melalui pengaturan jadwal sinyal lalu lintas[30][31]. Dengan menambahkan fungsi wifi pada *smartphone* sebuah aplikasi juga dapat mendeteksi kendaraan di sekitarnya dalam kemacetan

lalu lintas, untuk bersama-sama menghitung panjang dari antrian lalu lintas[32].

Pengimplementasian kemampuan sensor pada *smartphone* untuk mendeteksi kecelakaan lalu lintas dengan memberikan informasi ke server merupakan pendekatan efektif yang diterapkan untuk mengurangi korban jiwa pada kecelakaan lalu lintas dengan mengurangi waktu *delay* antara kecelakaan dengan notifikasi dan respon pertama dari pihak terkait. Wreckwatch menyediakan fungsi mirip dengan perekam data kecelakaan melalui rekaman jalan, kecepatan, kekuatan percepatan pada kendaraan menjelang dan selama kecelakaan[7].

Penerapan lain dari aplikasi keselamatan jalan meliputi peringatan darurat elektronik seperti lampu rem, indikasi kendaraan stasioner, peringatan perbaikan jalan, menghindari persimpangan tabrakan, perubahan jalur peringatan dan banyak lainnya[26].

2. Aplikasi Manajemen Lalu Lintas

Aplikasi manajemen lalu lintas mewakili kedua kelas utama aplikasi ITS, yang tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan manajemen dan alur koordinasi lalu lintas dan untuk menyediakan berbagai layanan navigasi untuk pengemudi[26].

Pendekatan berbasis *smartphone* untuk *monitoring* lalu lintas merupakan satu hal yang baik untuk mengembangkan suatu daerah agar terhindar dari kebutuhan yang mahal dan infrastruktur khusus untuk pemantauan lalu lintas[33].

Data lalu lintas yang diperoleh umumnya dikirim ke pusat data secara nirkabel untuk analisis data lebih lanjut dan pengolahan. Data yang dikumpulkan meliputi informasi kontekstual dan berbasis lokasi yang berhubungan dengan kendaraan, pengemudi dan *road event*. Setelah data terkumpul diolah dan diterjemahkan menjadi informasi yang bermakna, dikirim kembali ke pengemudi melalui penyedia layanan untuk memberitahu tentang keadaan saat ini dan / atau daerah padat di masa

depan, merekomendasikan perjalanan, petunjuk navigasi dan notifikasi batas kecepatan[26].

3. Aplikasi Hiburan dan Kenyamanan

Aplikasi hiburan dan kenyamanan bertujuan untuk meningkatkan pengalaman berkendara dengan menyediakan pengemudi berbagai layanan nilai tambah. Layanan ini biasanya ditawarkan oleh penyedia layanan terpercaya sesuai aplikasi dan layanan yang diinstal pada *Vehicle Application Units (AUs)*[26].

Aplikasi lain terdiri dari penyediaan akses Internet global untuk penumpang kendaraan untuk memungkinkan berbagai layanan kenyamanan, termasuk *game online*, *video streaming*, informasi cuaca dan banyak lainnya dengan mengandalkan komunikasi V2I (*Vehicle to Infrastructure*)[26].

4. Aplikasi Mengemudi Otomatis

Aplikasi Mengemudi Otomatis mewakili lompatan besar dalam teknologi transportasi manusia, yang diharapkan akan dikerahkan pada tahun 2020 dan berfungsi penuh pada tahun 2030. Teknologi baru ini akan bergantung pada penginderaan otomatisasi kendaraan dan fungsi mengemudi, berdasarkan enam tingkat otomatisasi dimana manusia tidak lagi dibutuhkan sebagai pengemudi melainkan sebagai penumpang[26].

2.3 Sistem Monitoring

Sistem *monitoring* merupakan suatu proses untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber daya. Data yang dikumpulkan berupa data yang diperoleh secara real time. Ada 3 tahapan dalam sebuah sistem *monitoring* yaitu [34] :

1. Pengumpulan Data
2. Analisis Data
3. Menampilkan Data Hasil Montoring

Proses-proses dalam sebuah sistem *monitoring* berbentuk layanan berupa proses yang terus-menerus berjalan pada interval waktu tertentu. Tahapan pertama pada suatu sistem *monitoring* dimulai dari pengumpulan data seperti data dari *network traffic*, *hardware information*, dan lain-lain. Kemudian data tersebut dianalisis pada proses analisis data dan pada akhirnya data tersebut akan ditampilkan[34].

Pada beberapa aplikasi sistem *monitoring*, akses dibatasi dari *local host* terminal saja. Untuk menjalankan sistem *monitoring* dengan data yang dikumpulkan dari terminal komputer yang berada di lokasi berbeda dilakukan dengan menggunakan jaringan LAN (Local Area Network) atau bahkan internet dapat dilakukan dengan menggunakan *interface* program yang dapat menjembatani pengguna melalui *web browser* pada remote terminal[34].

2.4 *Fuzzy Logic* sebagai Strategi Pengendalian *Intelligent Transportation System (ITS)*

Fuzzy Logic atau Logika Fuzzy dikembangkan oleh Prof. Lothfi Zadeh pada tahun 1960an dengan penentuan himpunan fuzzy. Logika fuzzy diterapkan pada banyak bidang, mulai dari teori inteligensia buatan, mengukur kualitas air dan peramalan cuaca. Pada dunia kedokteran logika fuzzy diterapkan untuk diagnosa penyakit pasien dan penelitian kanker, manajemen pengambilan keputusan seperti manajemen basis data, tata letak pabrik dan penentuan jumlah produksi serta klasifikasi dan pencocokan pola[35].

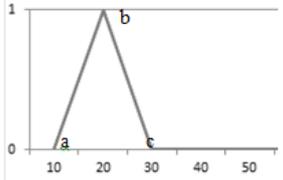
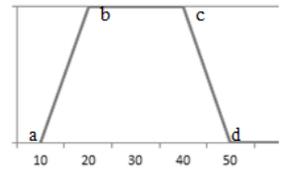
Logika fuzzy diimplementasikan pada permasalahan yang memiliki unsur ketidakpastian, ketidaktepatan, *noisy* dan lain-lain. Logika fuzzy memiliki kelebihan yaitu memiliki kemampuan dalam proses penalaran secara bahasa sehingga didalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematik dari objek yang dikendalikan. Logika fuzzy juga dikembangkan berdasarkan bahasa manusia, konsep matematisnya juga sederhana dan sangat fleksibel. Metode ini juga bekerjasama dengan teknik-teknik konvensional dan memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat atau mengalami kekaburan[35].

Pada logika fuzzy terdapat derajat keanggotaan dengan rentang 0 (nol) hingga 1 (satu) dimana logika fuzzy ini digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (*linguistic*), misalkan besaran laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Secara umum dalam sistem logika fuzzy terdapat empat buah elemen dasar, yaitu[35] :

1. Proses fuzzifikasi (*fuzzification*), yang mengubah besaran tegas (*crisp*) ke besaran fuzzy.
2. Basis kaidah (*rule base*), yang berisi aturan-aturan secara linguistik yang bersumber dari para pakar.
3. Suatu mekanisme pengambilan keputusan (*inference engine*), yang memperagakan bagaimana para pakar mengambil suatu keputusan dengan menerapkan pengetahuan (*knowledge*).
4. Proses defuzzifikasi (*defuzzification*) yang mengubah besaran fuzzy hasil dari *inference engine* menjadi besaran tegas (*crisp*).

Nilai masukan dipetakan ke dalam derajat keanggotaan dengan menggunakan fungsi berikut[36]:

Tabel 2.1 Fungsi Keanggotaan *Fuzzy Logic*

Fungsi Keanggotaan	Pernyataan Matematis	Ilustrasi
Segitiga	$(x; a, b, c) \begin{cases} 0, x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, b < x \leq c \\ 0, c < x \end{cases}$	
Trapesium	$(x; a, b, c, d) \begin{cases} 0, x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, a < x \leq b \\ 1, b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, c < x \leq d \\ 0, d < x \end{cases}$	

2.4.1 Pengaplikasian *Fuzzy Logic*

Fuzzy logic digunakan pada berbagai aplikasi teknik dengan mengubah cara konvensional menjadi sebuah sistem pengambilan keputusan dan penalaran yang kuat dengan jumlah aturan yang terbatas[17]. Hal ini merupakan metodologi yang memadai untuk merancang pengendali yang kuat sehingga memberikan kinerja memuaskan dalam menghadapi ketidakpastian dan ketidaktepatan[18][19]. Keunggulan *fuzzy logic* daripada algoritma lainnya yakni adanya istilah linguistik, interpretasi, dan persepsi manusia. Logika fuzzy telah digunakan untuk meningkatkan pengambilan keputusan, mengurangi konsumsi daya dan meningkatkan kinerja suatu sistem[37].

Sebagian besar *fuzzy logic* sukses diimplementasikan pada aplikasi di dunia nyata dengan ditampilkan di beberapa kasus[11][22][23][39]. Pengaplikasian fuzzy pada sistem MCTS[22] mampu menghindari tabrakan dengan kapal lain dan melakukan aksi sesuai dengan kondisi halangan dalam bentuk apapun. Fuzzy mampu mengatur kecepatan untuk mengikuti kapal yang berada didepannya. Sistem fuzzy diaplikasikan juga pada simulator *smart traffic light* untuk waktu rata-rata setiap kendaraan yang melintasi persimpangan jalan dan sisa panjang antrian setelah lampu hijau dinyalakan[23]. Hal yang sama juga mengusulkan *fuzzy logic* sebagai pengendali lalu lintas dipersimpangan dengan mengumpulkan informasi dari detektor pada jalurnya sendiri dan jalur lainnya untuk memutuskan fase darurat. Metode ini sangat stabil terutama dalam kondisi lalu lintas delay rendah[38].

Fuzzy logic diimplementasikan pada robot[39] dalam mencari dan mencapai target dengan pendekatan terhadap aturan yang dapat menyederhanakan tugas dengan membuat jalur lebih cepat untuk robot di lingkungan yang tidak pasti. Noor dkk[11] telah membuktikan keakuratan fuzzy berdasarkan hasil simulasi menggunakan *mobile remote control* dan membuktikan bahwa sistem pengambilan keputusan yang dirancang fuzzy memiliki tingkat keberhasilan diatas 90%.

Pemrograman Logika Fuzzy menjanjikan untuk membangun sistem database cerdas dengan jawaban fleksibel. Sistem dapat mempertimbangkan predikat yang tidak jelas dan sebagainya[40]. Dalam [20][21] *fuzzy logic* memungkinkan algoritma deteksi untuk mempertahankan tingkat akurasi yang tinggi meskipun ada fluktuasi nilai yang diperoleh dari sensor. Hal ini dapat membantu mengurangi jumlah *false positive* atau notifikasi palsu sementara masih menyediakan deteksi peristiwa yang cepat dan akurat.

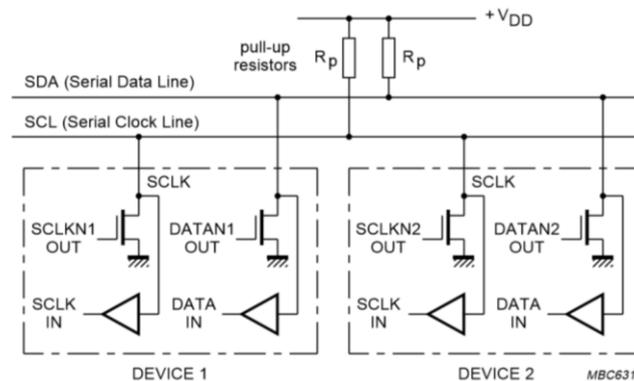
2.5 Komunikasi I2C

Sebuah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. I2C merupakan singkatan dari *Inter-Integrated Circuit*, yang disebut dengan *I-squared-C* atau *I-two-C*. I²C merupakan protokol yang digunakan pada *multi-master serial computer bus* yang diciptakan oleh Philips Semiconductor sejak tahun 1992 dengan konsep dasar komunikasi 2 arah antar IC dan/atau antar sistem secara serial. I2C digunakan untuk saling berkomunikasi dengan perangkat *low-speed* lainnya yang diaplikasikan pada *motherboard*, *embedded system*, atau *cellphone*[41].

Jalur I²C bus terdiri dari 2 jalur yang yaitu SDA line dan SCL line, dimana SCL line merupakan jalur untuk clock dan SDA line merupakan jalur untuk data. Data yang akan dikirim melalui kabel SDA dan disinkronkan dengan sinyal jam dari SCL. Semua peralatan yang akan digunakan dihubungkan seluruhnya pada jalur SDA line dan SCL line dari I²C bus tersebut[41].

Jenis komunikasi yang dilakukan antar peralatan dengan menggunakan protokol I²C mempunyai sifat *serial synchronous half duplex bidirectional*. Serial dimana data yang ditransmisikan dan diterima hanya melalui satu jalur data SDA line. *Half Duplex* dimana setiap penggunaan jalur data bergantian antar perangkat dan data dapat ditransmisikan dari dan ke sebuah perangkat sehingga dikenal dengan *bidirectional*. *Synchronous* berarti sumber clock yang digunakan pada I²C bus hanya berasal dari satu perangkat master melalui jalur clock SCL line[41].

Kedua jalur SDA dan SCL merupakan driver yang bersifat "open drain", yang berarti bahwa IC yang digunakan dapat mendrive outputnya *low*, tetapi tidak dapat mendrive menjadi *high*. Resistor pull-up dipasang pada setiap jalur pada tegangan power supply sebesar 5 volt untuk mendapatkan data pada tegangan tinggi (tegangan positif)[41].



Gambar 2.3 Diagram Circuit Komunikasi I2C[41]

Nilai resistor pull-up berkisar dari 1K8 hingga 47K. Nilai yang umum digunakan seperti 1K8, 4K7 dan 10K. Semua perangkat yang terdapat dalam jalur I²C bus merupakan perangkat slave dan master, dimana master merupakan perangkat yang berfungsi sebagai pengatur (*controller*) dan sumber clock bagi perangkat-perangkat slave yang terdapat dalam jalur I²C bus[41].

2.5.1 Fitur Utama I2C

Fitur utama I²C bus adalah sebagai berikut[41] :

- Hanya melibatkan dua kabel yaitu *serial data line* (SDA) dan *serial clock line* (SCL).
- Setiap IC yang terhubung dalam I²C memiliki alamat yang unik yang dapat diakses secara *software* dengan *master/slave protocol*.
- I²C merupakan serial bus dengan orientasi data 8 bit (byte), komunikasi 2 arah, dengan kecepatan transfer data sampai 100Kbit/s pada mode standart dan 3,4 Mbit/s pada mode kecepatan

tinggi.

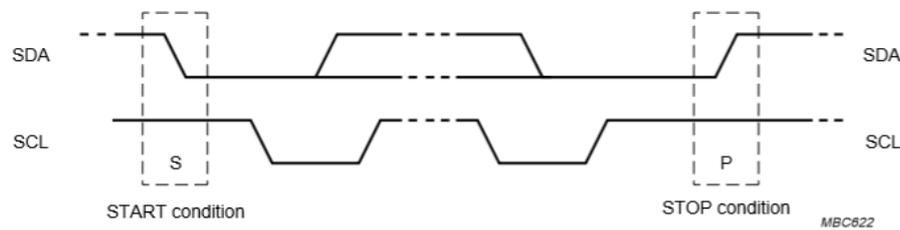
- d. Jumlah IC yang dapat dihubungkan pada I²C bus hanya dibatasi oleh beban kapasitansi pada bus yaitu maksimum 400pF.

2.5.2 Protokol Transfer Data

Komunikasi I2C memiliki beberapa perangkat pendukung yaitu transmitter, receiver, master dan slave. Transmitter yaitu perangkat yang mengirim data ke bus sedangkan receiver yaitu perangkat yang menerima data dari bus. Pada komunikasi I2C juga dikenal istilah master dan slave. Master merupakan perangkat yang memiliki inisiatif (memulai dan mengakhiri) transfer data dan yang membangkitkan sinyal clock. Slave yaitu perangkat yang dialamati (diakses berdasarkan alamatnya) oleh master. Semua perangkat yang menanggapi instruksi dari perangkat master adalah slave. Beberapa perangkat yang terhubung ke bus I2C yang sama, setiap perangkat slave secara fisik diberi alamat 7-bit permanen[41].

Data bit dikirim/diterima melalui SDA, sedangkan sinyal clock dikirim/diterima melalui SCL, dimana dalam setiap transfer data bit satu sinyal clock dihasilkan, transfer data bit dianggap valid jika data bit pada SDA tetap stabil selama sinyal clock *high*[41].

Transmisi data antar perangkat terjadi setelah *start sequence* dan sebelum *stop sequence*. Data yang ditransmisikan sejumlah 8 bit dengan MSB (Most Significant Bit) yang dikirimkan terlebih dahulu hingga kepada LSB (Least Significant Bit) kemudian selalu terdapat tambahan satu bit yang merupakan acknowledgement bit (ACK bit). Pada saat berlangsung komunikasi antar perangkat dalam sebuah jalur I²C bus, bit data dikirimkan pada saat jalur SCL line dalam kondisi high dan pergantian bit data terjadi pada saat jalur SCL line dalam kondisi low. Data ditransfer antara perangkat master dan perangkat slave melalui satu baris data SDA, melalui urutan pola dari 0 dan 1 (bit). Setiap urutan 0 dan 1 disebut sebagai transaksi dan data dalam setiap transaksi disusun sebagai berikut[41]:



Gambar 2.4 Proses Transfer Data[41]

a. Kondisi Start

Perangkat master / IC memutuskan untuk memulai transaksi dengan mengubah jalur SDA dari level tegangan tinggi ke level tegangan rendah sebelum jalur SCL beralih dari tinggi ke rendah. Setelah kondisi mulai dikirim oleh perangkat master, semua perangkat slave aktif bahkan jika mereka dalam mode tidur, dan menunggu bit alamat.

b. Alamat Blok

Alamat Blok terdiri dari 7 bit dan diisi dengan alamat perangkat slave ke / dari mana perangkat master perlu mengirim / menerima data. Semua perangkat pendukung pada bus I2C membandingkan bit alamat ini dengan alamatnya.

c. Read/Write Bit

Read/Write bit digunakan untuk menentukan arah transfer data. Jika perangkat master / IC perlu mengirim data ke perangkat slave, bit ini diatur ke '0'. Jika master IC perlu menerima data dari perangkat slave, ini diatur ke '1'.

d. ACK / NACK Bit

ACK / NACK Bit merupakan singkatan dari Acknowledged / Negative - Acknowledged. Jika alamat fisik setiap perangkat slave bertepatan dengan alamat yang disiarkan oleh perangkat master, nilai bit ini diatur ke '0' oleh perangkat slave. Kalau tidak, ia tetap pada logika '1' (default).

e. Blok Data

Ini terdiri dari 8 bit dan diatur oleh pengirim, dengan bit data yang perlu ditransfer ke penerima. Blok ini diikuti oleh bit ACK / NACK dan diatur ke '0' oleh penerima jika berhasil menerima data. Kalau tidak, ia tetap pada logika '1'. Kombinasi dari blok data ini diikuti oleh bit ACK / NACK diulang sampai data benar-benar ditransfer.

f. Kondisi berhenti

Setelah blok data yang diperlukan ditransfer melalui jalur SDA, perangkat master mengalihkan jalur SDA dari level tegangan rendah ke level tegangan tinggi sebelum jalur SCL beralih dari tinggi ke rendah.

2.6 Peralatan untuk Pengembangan *Intelligent Transportation System (ITS)*

Tabel 2.2 Peralatan untuk Pengembangan ITS

Peralatan	Deskripsi
Arduino UNO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Papan mikrokontroler berbasis ATmega328P 2. <i>Operating Voltage</i> 5V 3. Memiliki 14 digital I/O 4. Memiliki 6 Pin PWM digital I/O 5. Memiliki 6 Pin Input Analog 6. Clock Speed 16 MHz 7. Tegangan Input 7-12V (rekomendasi) 8. Tegangan Input 6-20V (limits) 9. Flash Memory 32 KB[42].
Raspberry Pi 3 Model B	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prosesor berbasis <i>System-On-Chip (Soc)</i> dari Broadcom BCM2837 dengan prosesor berperforma tinggi ARM Cortex-A53 dan berkecepatan 1.2 GHz 2. Kapasitas RAM 1GB 3. Memiliki WiFi and <i>Bluetooth Low Energy (BLE)</i> 4. Dilengkapi dengan 4 slot USB dan sebuah slot RJ45 untuk koneksi internet FO 5. Memiliki konektor 40-pin Extended GPI 6. Memiliki micro HDMI untuk menampilkan gambar di TV/Monitor HDMI 7. Penyimpanan menggunakan <i>External Microsd Card</i>[43]

Sensor MPU 6050	<ol style="list-style-type: none"> 1. Terdiri dari 3-axis giroskop dan 3-axis akselerometer 2. Akselerometer Range : $\pm 2g, \pm 4g, \pm 8g, \pm 16g$ 3. Giroskop Range : $\pm 250, \pm 500, \pm 1000, \pm 2000^\circ/\text{sec}$ 4. Tegangan supply berkisar 3-5V 5. Chip built-in 16 bit AD converter 6. Silicon Chip dengan <i>Digital Motion Processor (DMP)</i> 7. Kecepatan Maksimum 400 kHz[44]
Sensor Suara FC04	<ol style="list-style-type: none"> 1. Operating Voltage 3.3-5v 2. Model Output : <i>Digital Switch Outputs</i> (0 and 1, <i>high or low level</i>) 3. Terdapat LED indikator power dan indikator suara. 4. Cara kerja merubah besaran gelombang suara menjadi besaran listrik[45]
Modul GPS Neo 6M	<ol style="list-style-type: none"> 1. Receiver Type 50 Channels GPS L1 frequency, C/A Code SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS. 2. Sensitivity : Tracking & Navigation (-161 dBm) Reacquisition (-160 dBm) Cold Start (-147dBm) Hot Start (-156 dBm) 3. Tegangan Supply maksimum 3.6V [46]
Regulator LM2596	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rangkaian terpadu monolitik yang ideal untuk desain pengatur switching step-down yang mudah dan nyaman (<i>buck converter</i>). 2. Mampu menggerakkan beban 3,0 A dengan sangat baik. 3. LM2596 beroperasi pada frekuensi switching 150 kHz memungkinkan komponen filter berukuran lebih kecil dari yang dibutuhkan dengan regulator pengalih frekuensi rendah. 4. Fitur lainnya termasuk toleransi 4% yang terjamin pada output tegangan dalam tegangan input dan kondisi beban output tertentu, dan 15% pada frekuensi osilator. Penutupan eksternal disertakan, menampilkan arus siaga 80 A (khas)[47]

<p style="text-align: center;">Universal Battery Elimination Circuit (UBEC)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rangkaian untuk mengubah tegangan tinggi ke rendah atau sebaliknya 2. Output : 5.5V / 6A (Maksimum 8A) 3. Input : 6V-33. 6v (<i>2-8 cells lithium battery pack</i>) 4. Mendukung Lipo 8S 5. Ukuran : 25mm x 20mm x 7mm[48]
<p style="text-align: center;">Baterai Li-po</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kapasitas : 1500mah 2. Tegangan Constant Tiap Cell : 3.7 Volt 3. Tegangan Maksimal Tiap Cell : 4.2 Volt 4. Tegangan Constant Total : 11.1 Volt 5. Tegangan Maksimal Total : 12.6 Volt 6. Dimensi : 24*35*72MM 7. Berat : 130 Gram[49]

2.7 Perbandingan Penelitian

Tabel 2.3 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

Penulis (Tahun)	Algoritma & Teknik Deteksi	Software	Hardware	Sensor	ITS Application Category	Kelebihan	Kekurangan	Tujuan
Jules White, et al.	<i>Accident Detection Algorithm, Filtering Algorithm</i> <i>Pattern Matching</i>	Java Android 1.5 / MySQL	HTC Magic (Google ION) smartphones, iPhone	<i>Accelerometer, Microphone, GPS</i>	<i>Vehicle Information</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Mampu mengukur kecepatan lebih dekat dengan yang dialami - Biaya relatif lebih rendah - Adanya sistem kesadaran situasional yang dapat membantu pihak terkait - Mampu mencegah notifikasi palsu - Interaksi otomatis dengan responden darurat dan kontak otomatis notifikasi darurat 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak adanya skema data sensor untuk penyaringan terhadap kebisingan - Informasi kejadian tidak otomatis terkirim, tetapi manual dimasukkan oleh pengamat dan korban - Memerlukan kekuatan sampling akurat untuk mengurangi masa pakai baterai - Konsumsi daya tinggi 	<i>Accident Detection and Notification</i>
Sergio A. Velastin, et al. (2005)	<i>- the abandoned object-detection system</i>	ACE/TAO services, COBRA service	Computer Vision Modul, CCTV	-	<i>Environmental information</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Ambient Intelligent</i> - Mampu berhadapan dengan jenis kompleksitas gambar 	<ul style="list-style-type: none"> - Algoritma yang kompleks - Sistem harus bekerja terus menerus - Pengolahan video harus beradaptasi 	<i>Ambient Intelligent for increasing people's safety</i>

	<ul style="list-style-type: none"> - <i>the people tracking algorithms</i> - <i>the analysis of events</i> - <i>the behavior-analysis</i> - <i>the distributed digital camera</i> 					- Beroperasi secara <i>real time</i>	dengan perubahan latar belakang untuk menuju ke tahap deskripsi	
Prashant Mohan, et al. (2008)	Simple Heuristics <i>Pattern Matching, Orientation Calibration</i>	Windows Mobile 5.0 and 2003	HTC Typoon, smartphone, Sparkfun WiTilt, HP iPAQ hw6965	<i>Accelerometer, Microphone, GSM, GPS</i>	<i>Traffic, Environmental and Driver Behavior Information</i>	Memfaatkan <i>triggered sensing</i> pada smartphone	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak adanya bukti kejadian - Orientasi <i>accelerometer</i>, efisiensi energi dan lokalisasi perangkat 	<i>Road and traffic condition monitoring</i>
Kashif Ali, et al. (2012)	<i>Data aggregation and verification algorithms</i>	PHP Google peta API versi 3.0	Android, Iphone	<i>GPS</i>	<i>Traffic Information</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Memanfaatkan <i>triggered sensing</i> pada smartphone - Terintegrasi menjadi satu sistem 	<ul style="list-style-type: none"> - Belum sepenuhnya bekerja secara <i>real time</i> - Pelaporan hanya pada peristiwa tertentu 	<i>Traffic Crowdsourcing</i>
Elyes Ben Hamidah	Algoritma Kriptografi	-	-	-	<i>All of ITS Application Category</i>	- Mengulas standar, ancaman hingga penanggulangan	-	Keamanan Sistem Transportasi

et al. (2015)						masalah pada ITS - Evaluasi berbasis kriptografi		Cerdas
Thorsten Schulz, et al. (2016)	<i>Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA)</i>	Java	Android, Semikonduktor Nordic, Smart Beacon Kit	Arduino	<i>Environmental information</i>	- Keamanan data dinamis - Pendekatan ini tidak bergantung pada ketersediaan bersamaan dari Internet atau layanan cloud untuk data verifikasi.	- Konsumsi daya tinggi - Pengguna harus memahami tentang ECDSA - Belum mengetahui apakah kunci rahasia aman untuk EDDSA - Update pesan data terbatas pada interval minimal beberapa detik	<i>Passanger information system dan traveler route planning</i>
Vladimir Vujović et al. (2015)	-	Java, Phyton	Raspberry Pi, Modul Komunikasi GSM/GPRS, Modul Deteksi	Sensor Nirkabel	Pendukung ITS	- Biaya rendah - Dapat menyesuaikan atau mengkonfigurasi sistem sesuai dengan kebutuhan khusus pengguna - Open Source	Akan lebih optimal jika ada <i>algorithm control</i>	Penerapan IOT dan WSN
Derick A. Johnson, et al. (2011)	<i>Dynamic Time Warping (DTW) algorithm, Endpoint Detectin</i>	IOS 4	Iphone 4	<i>Acceleromete, Gyroscope Magnetometer, GPS</i>	<i>Driver Behavior Information</i>	Adanya umpan balik	Terbatas hanya pada perilaku normal dan <i>aggressive</i>	<i>Aggressive Driving Detection</i>

Sasank Reddy, et al. (2010)	Algoritma <i>Hidden Markov Model</i>	Phyton	Nokia N95	<i>Accelerometer</i> dan <i>GPS</i>	Moda Transportasi	<ul style="list-style-type: none"> - Terintegasi dalam satu unit penginderaan - Fleksibel dalam hal posisi dan orientasi - Efektif menggunakan sensor pada ponsel - Tidak bergantung pada ruang eksternal 	Tidak sepenuhnya penetapan tujuan benar	Klasifikasi Mode Transportasi
Tarak Gandhi, et al. (2006)	Algoritma RANSAC	-	Kamera OMNI	Sensor Ultrasonik, <i>GPS</i>	<i>Environmental and Driver Behavior Information</i>	Adanya visualisasi dan analisa lingkungan terdekat kendaraan	Akan lebih optimal jika ada <i>algorithm control</i>	Sistem Bantuan Pengemudi
Yu Xiao, et al. (2008)	<i>Data Analysis Algorithm</i>	<i>Web Application</i>	Smartphone	<i>GPS, GSM, Accelerometer</i>	<i>Vehicle information</i>	Hasil yang diperoleh akurat	Akan lebih optimal jika ada <i>algorithm control</i>	<i>Transportation Activity Report</i>
Ghozi, et al. (2013)	-	Embarcadero Delphi 2010, SQL Manager, CodeVision AVR V 2.05.0	Lenovo G450, Dell A220	Sensor Proximity, <i>Adjustable Infrared Sensor</i>	<i>Traffic Information</i>	Proses pendeteksian secara otomatis oleh sensor	Akan lebih optimal jika ada <i>algorithm control</i>	Alat Pendeteksi Kecepatan