

**SISTEM DETEKSI DAN PENGIRIMAN INFORMASI  
KECELAKAAN KENDARAAN BERMOTOR RODA DUA**

***PROVISION OF INFORMATION AND DETECTION SYSTEMS ON  
TWO-WHEELED MOTORCYCLE ACCIDENTS***

**ANDI NUR FAISAL**



**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**SISTEM DETEKSI DAN PENGIRIMAN INFORMASI  
KECELAKAAN KENDARAAN BERMOTOR RODA DUA**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Elektro

Disusun dan diajukan oleh

**ANDI NUR FAISAL**

**D032181019**

**Kepada**

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

## LEMBAR PENGESAHAN TESIS


### SISTEM DETEKSI DAN PENGIRIMAN INFORMASI KECELAKAAN KENDARAAN BERMOTOR RODA DUA

Disusun dan diajukan oleh

**ANDI NUR FAISAL**  
**D032181019**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Magister Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.  
Pada Tanggal 09 Agustus 2022  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Pembimbing Utama,



**Dr. Amil Ahmad Ilham, ST., M.IT.**  
NIP. 197310101998021001

Pembimbing Pendamping,



**Prof. Dr. Eng. Ir. Syafaruddin, S.T., M.Eng.**  
NIP. 197405301999012003





Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



**Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.**  
NIP. 197309262000121002

Plt Ketua Program Studi S2 Teknik Elektro



**Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.**  
NIP. 197405301999031003

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Nur Faisal  
Nomor Mahasiswa : D032181019  
Program Studi : Teknik Elektro

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

Makassar, 9 Agustus 2022

Yang menyatakan



Andi Nur Faisal

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas perkenaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul Sistem Deteksi dan Pengiriman Informasi Kecelakaan Kendaraan Bermotor Roda Dua, semoga dapat memberi manfaat sebagai bahan referensi bagi para pembaca. Demikian pula shalawat dan salam atas junjungan nabi besar Muhammad SAW, nabi yang telah membawa Islam sebagai jalan keselamatan bagi umat manusia.

Dalam mengerjakan tesis ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu berdoa dan sangat membantu mulai dari materi, semangat dan motivasi sehingga penulis dapat mengerjakan Tesis ini dengan baik dan lancar.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku Rektor Universitas Hasanuddin Makassar.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
4. Ibu Dr.Eng.Ir.Dewiani, M.T selaku Ketua Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin Makassar.
5. Bapak Dr. Ikhlas Kitta, S.T.,M.T selaku Sekretaris Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin Makassar.

6. Bapak Amil Ahmad Ilham, S.T., MIT selaku Pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis untuk menyelesaikan Tesis dengan baik.
7. Bapak Prof. Dr. Eng. Syafaruddin, S.T., M.Eng selaku Pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis untuk menyelesaikan Tesis dengan baik.
8. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmunya kepada penulis dalam proses perkuliahan dikelas, serta para staf yang telah memberikan layanan administrasi dalam proses penyelesaian studi ini.
9. Rekan-rekan mahasiswa(i) S2 Teknik Elektro Angkatan 2018 dan semua pihak yang telah memberikan dorongan dan bantuan baik secara langsung maupun secara tidak langsung.

Akhir kata, penulis berharap semoga segala sesuatu yang telah dihasilkan dalam pelaksanaan Tesis ini dapat bermanfaat, *Amin*.

Gowa, Juli 2022

Penulis

## ABSTRAK

Penelitian ini mengusulkan sistem deteksi dan pengiriman informasi lokasi kecelakaan ke pihak terkait sehingga bisa mendapatkan bantuan medis tepat waktu. Sistem ini menggunakan tiga komponen utama sebagai sumber input data yaitu sensor kemiringan, getaran, percepatan dan lokasi koordinat. Data input tersebut diproses dalam mikrokontroler Arduino dengan menerapkan algoritma fuzzy logic dengan metode Tsukamoto sebagai sistem pendukung pengambilan keputusan potensi status kecelakaan. Hasil keputusan tersebut dikirim ke data center secara realtime menggunakan modul wifi lalu mengirim notifikasi ke pihak terkait. Hasil pengujian diperoleh akurasi sensor kemiringan sebesar 96.1% dan penggunaan *fuzzy logic* dengan metode Tsukamoto berhasil diterapkan untuk memvalidasi status kecelakaan.

**Keywords—** *Sistem Deteksi, Deteksi Kecelakaan, Sensor Kemiringan, Sensor Getaran, Sensor Lokasi dan Percepatan, Fuzzy Logic.*

## ABSTRACT

This current work proposed the system of detection and information delivery on accident locations to related parties in order to get medical aids punctually. This system uses three major components as the data source inputs, namely the sensors of tilt/slope, vibration, acceleration, and coordinate locations. The data was then processed through Arduino microcontroller by applying a fuzzy logic algorithm using Tsukamoto method as a supporting system for accident status decision. The results of the decision were then transmitted to the data center in real time using the Wi-Fi module, and then send notifications to related parties. The test results revealed that the slope sensor accuracy was about 96.1%. Additionally, the use of fuzzy logic via Tsukamoto method was successfully implemented to validate the accident status.

**Keywords**—detection system, accident detection of tilt sensor, vibration sensor, location and acceleration sensor, fuzzy logic.



**DAFTAR ISI**

HALAMAN PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	5
C. Tujuan Penelitian .....	6
D. Manfaat Penelitian .....	6
E. Batasan Masalah .....	6
F. Sistematika Penulisan .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	9
A. Landasan Teori .....	9
B. Penelitian Terkait .....	33
C. State Of The Art .....	35
D. Kerangka Pikir .....	40
BAB III METODE PENELITIAN .....	42

A. Tahapan penelitian .....	42
B. Alat dan Bahan Penelitian .....	44
C. Prosedur Penelitian .....	45
D. Perancangan Perangkat Keras .....	45
E. Perancangan Perangkat Lunak .....	47
F. Pengujian Sistem Deteksi .....	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	67
DAFTAR PUSTAKA .....	69
DAFTAR LAMPIRAN .....	70

**DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Jumlah penjualan kendaraan roda dua per tahun .....	1
Tabel 2. Spesifikasi MPU6050 .....	19
Tabel 3. <i>State Of The Art</i> .....	35
Tabel 4. Variabel input dan output .....	49
Tabel 5. <i>Fuzzy Rules</i> .....	54
Tabel 6. Data <i>accelerometer</i> ketika tidak terjadi kecelakaan .....	60
Tabel 7. Data saat jatuh ke kanan .....	60
Tabel 8. Data saat jatuh ke kiri .....	62
Tabel 9. Data <i>accelerometer</i> ketika terjadi kecelaaakaan .....	63
Tabel 10. Data <i>accelerometer</i> , resultan dan kecepatan ketika terjadi kecelakaan .....	64

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Grafik fasilitas kecelakaan triwulan terakhir di Indonesia .....	2
Gambar 2. Grafik jenis kendaraan .....	3
Gambar 3. Tabrakan sebuah objek menggunakan <i>Accelerometer</i> .....	10
Gambar 4. Respon <i>Accelerometer</i> Ketika Tabrakan .....	11
Gambar 5. Arduino Uno .....	18
Gambar 6. Perbedaan <i>Accelerometer</i> dan <i>Gyroscope</i> .....	20
Gambar 7. <i>Accelerometer</i> .....	21
Gambar 8. MPU6050 Orientation and Polarity of Rotation .....	23
Gambar 9. Modul MPU6050 .....	24
Gambar 10. Titik Kemiringan atau Putaran Pada Modul MPU-6050 .....	24
Gambar 11. Modul ESP8266 .....	26
Gambar 12. Modul GPS NEO-6M .....	28
Gambar 13. Kerangka penelitian .....	39
Gambar 14. Diagram tahapan penelitian .....	42
Gambar 15. Diagram alir pengujian alat sistem deteksi dini kecelakaan kendaraan bermotor roda dua .....	45
Gambar 16. Arsitektur sistem deteksi kecelakaan .....	45
Gambar 17. Blok diagram sistem deteksi kecelakaan kendaraan bermotor roda dua .....	47
Gambar 18. Sistem <i>Fuzzy Logic</i> .....	48
Gambar 19. Fungsi keanggotaan percepatan .....	50
Gambar 20. Fungsi keanggotaan getaran .....	51
Gambar 21. Fungsi keanggotaan status kecelakaan .....	53
Gambar 22. Desain sistem deteksi dini kecelakaan kendaraan bermotor roda dua .....	55
Gambar 23. Perubahan kemiringan pada sumbu X, Y dan Z saat jatuh ke kanan .....	61
Gambar 24. Perubahan kemiringan pada sumbu X, Y dan Z saat jatuh ke kiri .....	62

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. <i>Snippet</i> script sistem deteksi .....	70
--	----

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Pembelian kendaraan bermotor roda dua dari tahun ke tahun hampir tidak kurang dari 5 juta unit per tahunnya. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari Asosiasi Industri Sepedamotor Indonesia (AISI), data penjualan unit kendaraan roda pada Tabel 1 jika diakumulasi dari tahun 2009 hingga 2019 maka jumlah kendaraan tersebut mencapai 75 juta dalam kurun waktu 10 tahun.

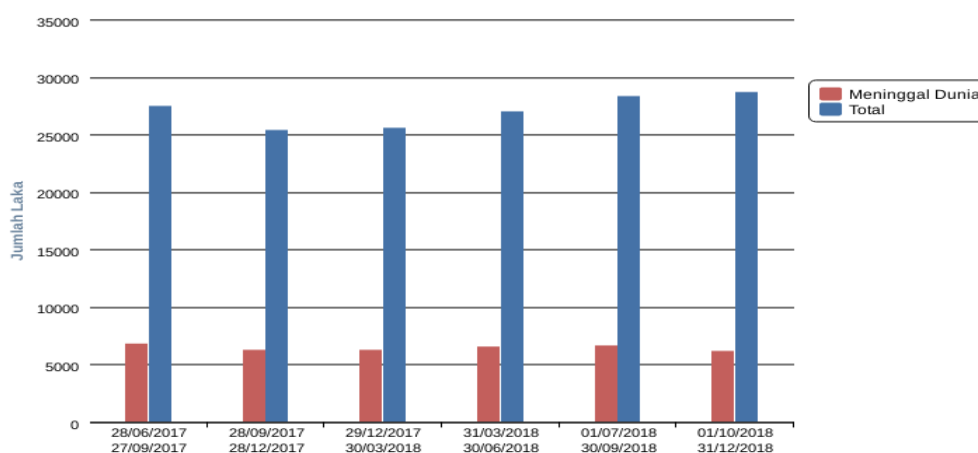
Tabel 1. Jumlah Penjualan Kendaraan Roda Dua per Tahun

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah Kendaraan Roda Dua (unit)</b>
2009	5.851.962
2010	7.369.249
2011	8.012.540
2012	7.064.457
2013	7.743.879
2014	7.867.195
2015	6.480.155
2016	5.931.285
2017	5.886.103
2018	6.383.108
2019	6.487.460

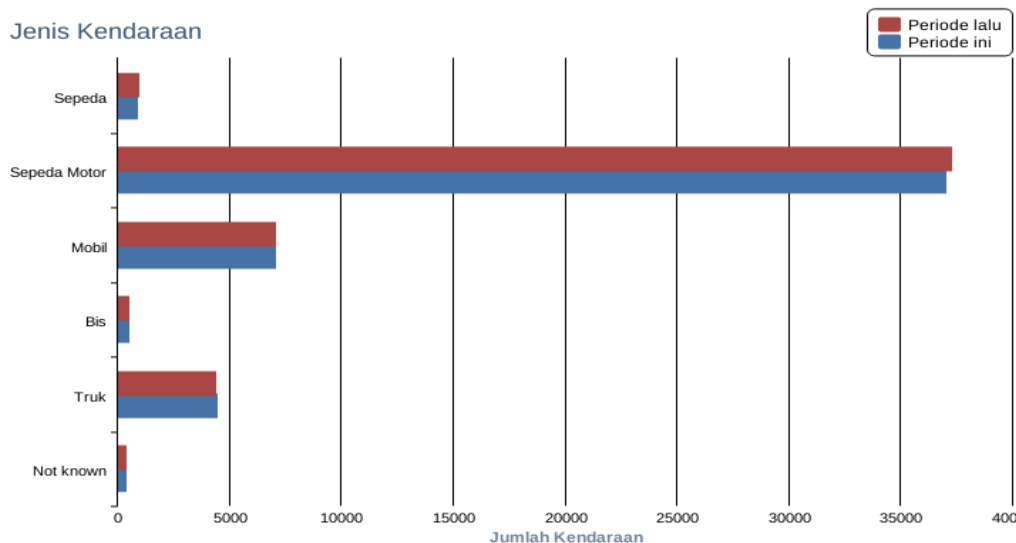
Besarnya jumlah penjualan kendaraan tiap tahunnya menyebabkan permasalahan dalam sistem lalu lintas jalan raya. Jumlah ini dapat mempengaruhi arus lalu lintas di jalan raya menjadi padat. Selain faktor kepadatan, ketidaktertiban pengendara juga menjadi salah satu penyebab

kecelakaan. “Banyaknya faktor menjadikan kecelakaan lalu lintas (LAKALANTAS) menjadi masalah yang rumit untuk ditangani, seperti pengendara mengantuk, kurangnya penguasaan pada kendaraan, banyak pejalan kaki yang mementingkan diri sendiri, kurang teliti dalam pengecekan kendaraan yang rusak, cacatnya rancangan kendaraan, kerusakan parah pada jalan, dan kurang patuhnya pengemudi terhadap rambu-rambu lalu lintas” (Suwardjoko:2005).

Berdasarkan data dari Korlantas Polri selama triwulan terakhir menunjukkan tingginya angka kecelakaan kendaraan bermotor yang mencapai angka di atas 25.000 kejadian dan lebih dari 5.000 orang meninggal dunia dengan jenis kendaraan sepeda motor penyumbang kecelakaan terbesar, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Grafik Fatalitas Kecelakaan Triwulan Terakhir di Indonesia



Gambar 2. Grafik Jenis Kendaraan

Data Korps Lalu Lintas Kepolisian Negara Republik Indonesia (Korlantas Polri) mencatat ada 100.028 kecelakaan lalu lintas (lakalantas) pada 2020 di Indonesia. Jumlah ini turun 14% dari catatan tahun sebelumnya yang sebanyak 116.411 kasus. Korlantas Polri juga mencatat ada 113.518 korban luka ringan akibat lakalantas pada 2020, turun 45% dari 206.447 korban 2019. Sementara itu, korban luka berat tercatat sebanyak 10.751 pada 2020, turun 14% dari 12.475 pada 2019. Kasus meninggal dunia akibat lakalantas tercatat sebanyak 23.529 kasus pada 2020, turun 8% dari tahun sebelumnya yang sebanyak 25.671 korban. Dengan begitu, rata-rata korban meninggal dunia akibat laka lintas sebanyak 1.960 jiwa per bulan. Sementara rata-rata korban meninggal dunia sebanyak 65 jiwa per hari atau 2-3 jiwa per jam dan kecelakaan di dominasi oleh kendaraan roda dua.



Korban kecelakaan tidak hanya korban yang tewas pada saat kejadian, melainkan juga korban yang mengalami banyak luka berat maupun luka ringan sebagai akibat dari suatu kecelakaan lalu lintas yang jika tidak mendapatkan pertolongan keamanan dan medis dengan cepat, maka akan berakibat pada kematian ataupun cacat seumur hidup (Faturrahman, 2011). Kecelakaan lalu lintas juga menimbulkan biaya yang sangat tinggi. Kerugian yang dipikul akibat kecelakaan lalu lintas di Indonesia pada tahun 2002 diperkirakan sebesar Rp 41,4 trilyun, yang mana merupakan 2,91% produk domestik bruto (PDB). Padahal jumlah kecelakaan yang tercatat di Indonesia hanya sekitar 8% saja, dan sebagian besar yang tidak tercatat merupakan kecelakaan tanpa korban jiwa (Direktorat Keselamatan Transportasi Darat, 2006).

Untuk menangani masalah kecelakaan lalu lintas, Pemerintah telah membentuk unit pelayanan terpadu dalam penanganan kecelakaan lalu lintas. Dengan unit pelayanan terpadu ini, penanganan terhadap korban lalu lintas akan dilakukan dengan sistem daring yang terintegrasi. Korban kecelakaan atau saksi mata bisa langsung menelpon ke nomor kepolisian, kemudian secara daring sistem akan langsung menghubungi pihak kepolisian, pihak asuransi, dan rumah sakit terdekat untuk melakukan penanganan.

Berdasarkan sistem yang telah ada, masih terdapat kekurangan yang mendasar yang perlu dibenahi. Sistem informasi kecelakaan masih membutuhkan saksi mata sebagai pengirim informasi kepada pihak-pihak yang bersangkutan, dalam hal ini kepolisian, rumah sakit, dan

keluarga/kerabat. Selain itu, faktor lain dari keterlambatan penanganan kecelakaan juga sering kali terjadi disebabkan oleh terlambatnya informasi yang diterima pihak kepolisian dan rumah sakit terdekat. Saat ini pihak kepolisian dan rumah sakit juga bergantung pada informasi yang datang dari masyarakat. Sehingga mengakibatkan kecepatan transfer informasi melambat dan ketergantungan terhadap saksi mata untuk melaporkan kejadian. Lalu, bagaimana jika kecelakaan yang terjadi bersifat tunggal dan tidak ada saksi mata?

Untuk menjawab pertanyaan di atas, maka diperlukan suatu sistem baru yang dapat secara mandiri mendeteksi terjadinya kecelakaan. Sebuah sistem yang mampu melakukan pelaporan dengan cepat dan bersifat otomatisasi guna membantu penanganan kecelakaan yang lebih responsif dan meminimalisir dampak dari kecelakaan. Maka dilakukanlah penelitian ini dengan penerapan teknologi sistem deteksi dini kecelakaan pada kendaraan bermotor roda dua.

## **B. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem deteksi dan pengiriman informasi kecelakaan kendaraan bermotor roda dua ?
2. Bagaimana mengetahui potensi status kecelakaan yang dialami oleh korban kecelakaan ?

### **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini diantaranya:

1. Membuat prototipe sistem deteksi kecelakaan dan pengiriman informasi pada kendaraan bermotor roda dua
2. Melakukan prediksi potensi status kecelakaan yang dialami oleh korban untuk penanganan medis yang lebih cepat

### **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Sebagai alternatif pilihan untuk simulasi kecelakaan kendaraan bermotor roda dua
2. Mengetahui akurasi pengiriman data informasi kecelakaan pada kendaraan bermotor roda dua

### **E. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian adalah:

1. Pengujian sistem hanya dilakukan pada satu jenis kendaraan, dalam hal ini kendaraan bermotor roda dua
2. Perancangan sistem menggunakan modul Arduino, ESP 8266, MPU6050, GPS Neo 6M

### **F. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan pada penelitian rancang bangun sistem deteksi dini kecelakaan pada kendaraan roda dua adalah:

## **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini menguraikan tentang latar belakang pemilihan judul yang akan diangkat dalam penelitian. Kemudian permasalahan-permasalahan yang dianggap penting disertai pembatasan ruang lingkup penelitian. Selanjutnya, juga memuat tujuan dan manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab II berisi penjelasan tentang hasil-hasil penelitian lainnya yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan tentang sumber acuan terbaru dari pustaka primer seperti buku, artikel, jurnal, dan tulisan asli lainnya untuk mengetahui penelitian relevan dengan usulan penulis terkait deteksi kecelakaan kendaraan bermotor roda dua. Dalam bab ini juga diuraikan tentang landasan teori, penelitian terkait, *state of the art*, kerangka pikir.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab III ini merupakan penjelasan tentang tahapan penelitian, bagaimana pengembangan dan penerapan sistem *IoT (Internet of Things)* yang diusulkan penulis tentang sistem untuk mendeteksi kecelakaan kendaraan bermotor roda dua menggunakan algoritma *Fuzzy Logic*.

## **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab IV menjelaskan tentang hasil penelitian yang telah dilakukan serta berisi pembahasan atas data dari hasil penelitian.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab V berisi tentang kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan serta berisi saran-saran yang berkaitan dengan hasil penelitian sebagai penunjang untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Landasan Teori**

##### **1. Definisi Kecelakaan**

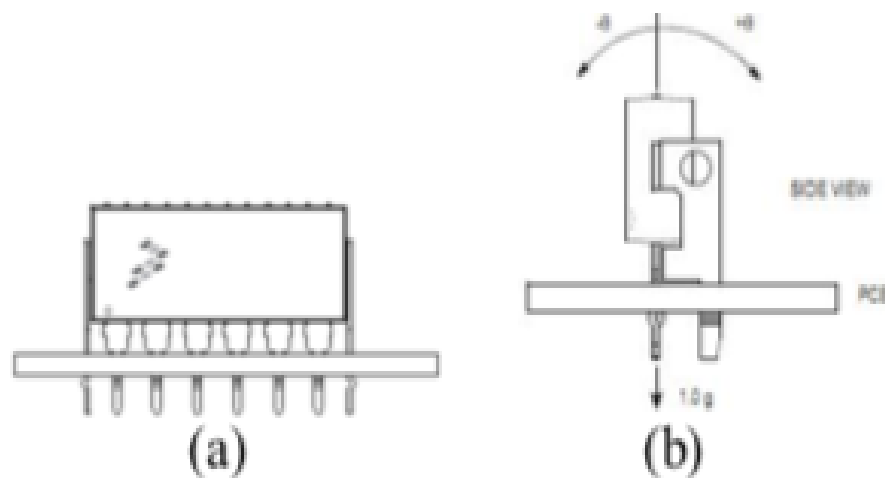
Kemajuan di bidang teknologi saat ini sangat pesat. Berbagai perkembangan teknologi di berbagai bidang banyak membantu manusia. Kemudahan yang diperoleh dengan berkembangnya teknologi sangat besar dirasakan manusia. Selain itu, teknologi sangat menunjang efektivitas dan efisien dalam berbagai kegiatan.

Transportasi merupakan alat utama yang digunakan manusia untuk melakukan aktivitas. Berbagai jenis transportasi sangat mudah didapatkan saat ini. Banyak masyarakat yang memiliki alat transportasi. Kendaraan bermotor merupakan alat transportasi yang sangat banyak dipilih oleh masyarakat. Kendaraan bermotor banyak digunakan di berbagai tempat

Namun, dibalik perkembangan teknologi tersebut khususnya pada kendaraan, tentunya berimplikasi pada berbagai aspek lain. Banyaknya penggunaan kendaraan bermotor membuat kasus kecelakaan semakin banyak. Pemahaman para pengendara mengenai aturan berlalu lintas mempengaruhi terjadinya kecelakaan. Kecelakaan banyak terjadi disebabkan berbagai faktor. Diantaranya yaitu, faktor kelalaian manusia, kondisi lingkungan, dan kondisi kendaraan.

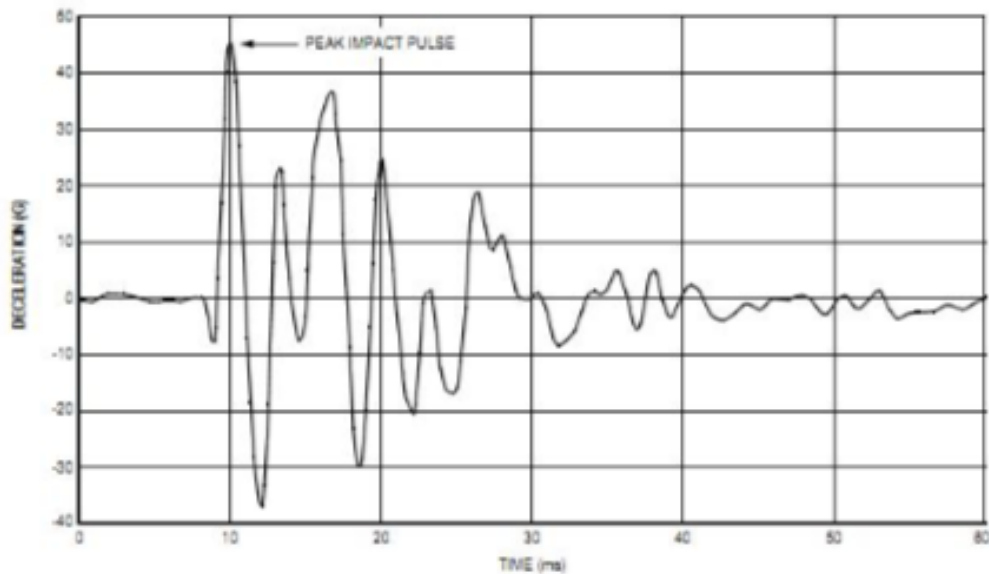
Menurut F.D. Hobbs (1995), kecelakaan lalu lintas merupakan kejadian yang sulit diprediksi kapan dan dimana terjadinya. Kecelakaan tidak hanya trauma, cedera, ataupun kecacatan tetapi juga kematian. Kasus kecelakaan sulit diminimalisasi dan cenderung meningkat seiring penambahan panjang jalan dan banyaknya pergerakan dari kendaraan.

C.S Chua seorang Engineer Sensor Application, dalam Application Notinya untuk Freescale Semiconductor memaparkan konsep pengukuran tabrakan sebuah objek menggunakan akselerometer. Selama tabrakan, akselerometer akan diposisikan seperti yang diperlihatkan pada gambar 3 (a) dan (b) untuk mengukur perlambatan yang dialami oleh benda tersebut dari dc hingga 400 Hz.



Gambar 3. Tabrakan sebuah objek menggunakan *Accelerometer*  
(a) Tampak Depan, (b) Tampak Samping

Sebuah grafik hasil percobaan mobil mainan yang menabrak permukaan keras ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Respon *Accelerometer* Ketika Tabrakan

Gambar 4 dapat dilihat bahwa karakteristik yang paling menonjol pada sebuah tabrakan adalah nilai puncak. Nilai puncak merupakan nilai tertinggi yang dicapai saat terjadi benturan hebat yang menyebabkan percepatan dan perlambatan secara singkat dengan nilai yang sangat besar.

Menurut Carter, E.C., Homburger, W.S., (1978), kecelakaan lalu lintas sebagai suatu peristiwa yang terjadi akibat kesalahan fasilitas jalan dan lingkungan, kendaraan serta pengemudi sebagai bagian dari sistem lalu lintas, baik berdiri sendiri maupun saling terkait.

Menurut Oglesby, C.H. (1988), suatu kecelakaan kendaraan bermotor, seperti halnya kecelakaan lainnya adalah kejadian yang berlangsung tanpa diduga atau diharapkan. Pada umumnya ini terjadi dengan sangat cepat. Selain itu, kecelakaan adalah puncak rangkaian kejadian yang naas. Apabila, dengan berbagai cara, mata rantai kejadian



ini dapat diputuskan, maka kemungkinan terjadinya kecelakaan akan dapat dicegah.

Menurut Oglesby, C.H., Hicks.R.G., (1988), untuk menghilangkan atau mengurangi kemungkinan kecelakaan, pembangunan fasilitas baru atau rekontruksi fasilitas yang ada pada standar yang menghapuskan sebagian besar bahaya adalah penyelesaian yang ideal. Tetapi karena dana yang tersedia terbatas, perhatian harus difokuskan pada tempat yang paling sering terjadi kecelakaan. Dengan adanya informasi yang tepat tentang medan dan sifat kecelakaan, insinyur kemudian dapat mengembangkan skema perbaikan dengan menggunakan perangkat seperti pembuatan garis, rambu, sinyal, kerb, pulau kanalisasi, penghalang, lampu atau peralatan lain, dan bahkan mungkin rekonstruksi, yang efektif dalam situasi yang serupa.

Menurut Austroads, (2002) kecelakaan lalu lintas dipengaruhi oleh faktor manusia, kendaraan, dan lingkungan jalan, serta interaksi dan kombinasi dua atau lebih faktor tersebut.

#### 1) Faktor manusia (*human factors*)

Faktor manusia merupakan faktor yang paling dominan dalam kecelakaan. Manusia menggunakan jalan sebagai pejalan kaki dan pengemudi kendaraan. Pejalan kaki tersebut menjadi korban kecelakaan dan dapat juga menjadi penyebab kecelakaan. Pengemudi kendaraan merupakan penyebab kecelakaan yang utama. Hampir semua kejadian kecelakaan diawali dengan pelanggaran aturan lalu lintas. Faktor manusia dalam tabrakan kendaraan mencakup semua faktor yang berhubungan

dengan perilaku pengemudi dan pengguna jalan lain yang dapat berkontribusi terhadap tabrakan. Contoh yang termasuk perilaku pengemudi antara lain: pandangan dan ketajaman pendengaran, kemampuan membuat keputusan, dan kecepatan reaksi terhadap perubahan kondisi lingkungan dan jalan.

## 2) Faktor kendaraan (*vehicle factors*)

Kendaraan bermotor sebagai hasil produksi suatu pabrik, telah dirancang dengan suatu nilai faktor keamanan untuk menjamin keselamatan bagi pengendaranya. Kendaraan harus siap pakai sehingga harus dipelihara dengan baik agar semua bagian mobil berfungsi dengan baik, seperti mesin, rem kemudi, ban, lampu, kaca spion, dan sabuk pengaman. Dengan demikian pemeliharaan kendaraan tersebut diharapkan dapat:

- a. Mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas.
- b. Mengurangi jumlah korban kecelakaan lalu lintas pada pemakai jalan lainnya.
- c. Mengurangi besar kerusakan pada kendaraan bermotor

## 3) Faktor kondisi jalan dan kondisi alam

Faktor kondisi jalan dan kondisi alam juga berpengaruh sebagai penyebab kecelakaan lalu lintas. Kondisi jalan yang rusak dapat menyebabkan kecelakaan lalu lintas. Begitu juga tidak berfungsinya marka, rambu, dan alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL) dengan optimal juga dapat menyebabkan kecelakaan lalu lintas. Ahli jalan raya dan ahli lalu lintas merencanakan jalan dan aturan-aturannya dengan spesifikasi

standar yang dilaksanakan secara benar dan perawatan secukupnya supaya keselamatan transportasi jalan dapat terwujud. Hubungan lebar jalan, kelengkungan, dan jarak pandang memberikan efek besar terjadinya kecelakaan.

Jalan dibuat untuk menghubungkan suatu tempat ke tempat lain dari berbagai lokasi baik di dalam kota maupun di luar kota. Berbagai faktor kondisi jalan yang sangat berpengaruh dalam kegiatan berlalu lintas. Hal ini mempengaruhi pengemudi dalam mengatur kecepatan (mempercepat, memperlambat, berhenti) jika menghadapi situasi seperti:

a. Lokasi atau letak jalan

Jalan di dalam kota (di daerah pasar, pertokoan, perkantoran, sekolah, perumahan) dan jalan di luar kota (pedesaan).

b. Cuaca

Hari hujan juga mempengaruhi unjuk kerja kendaraan seperti jarak pengereman menjadi lebih jauh, jalan menjadi lebih licin dan jarak pandang menjadi lebih pendek

## **2. Arduino**

Menurut Sulaiman (2012:1), arduino merupakan platform yang terdiri dari software dan hardware. Hardware Arduino sama dengan mikrokontroler pada umumnya hanya pada arduino ditambahkan penamaan pin agar mudah diingat. Software Arduino merupakan software open source sehingga dapat di download secara gratis. Software ini digunakan untuk membuat dan memasukkan program ke dalam Arduino.

Pemrograman Arduino tidak sebanyak tahapan mikrokontroler konvensional karena Arduino sudah didesain mudah untuk dipelajari, sehingga para pemula dapat mulai belajar mikrokontroler dengan Arduino.

Menurut Sulaiman (2012:1) Arduino terdiri dari mikrokontroler megaAVR seperti ATmega8, ATmega168, ATmega328, ATmega1280, dan ATmega 2560 dengan menggunakan Kristal osilator 16 MHz, namun ada beberapa tipe Arduino yang menggunakan Kristal osilator 8 MHz. Catu daya yang dibutuhkan untuk mensupply minimum sistem Arduino cukup dengan tegangan 5 VDC. Port Arduino ATmega series terdiri dari 20 pin yang meliputi 14 pin I/O digital dengan 6 pin dapat berfungsi sebagai output PWM (Pulse Width Modulation) dan 6 pin I/O analog. Kelebihan Arduino adalah tidak membutuhkan flash programmer eksternal karena di dalam chip mikrokontroler Arduino telah diisi dengan bootloader yang membuat proses upload menjadi lebih sederhana. Untuk koneksi terhadap komputer dapat menggunakan RS232 to TTL Converter atau menggunakan Chip USB ke Serial converter seperti FTDI FT232.

Abdul Kadir (2013:16) menyatakan Arduino Uno adalah salah satu produk berlabel Arduino yang sebenarnya merupakan suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler ATmega328 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer).

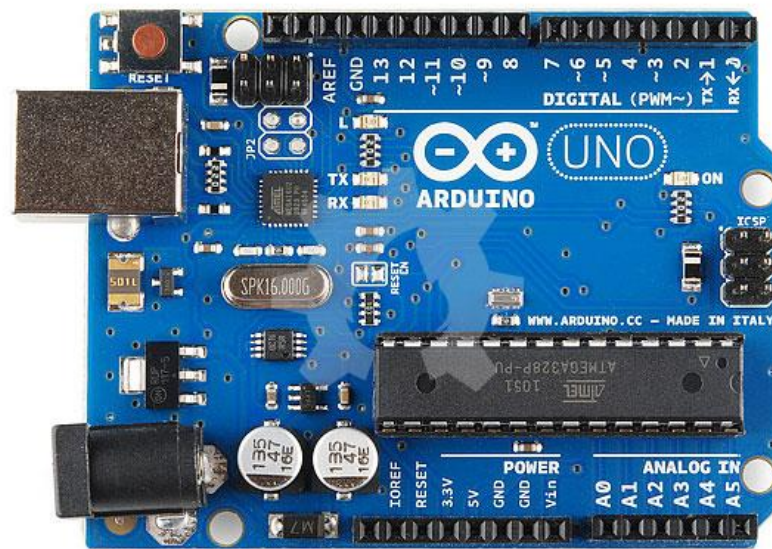
Muhammad Syahwill (2013:64) adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328 yang memiliki 14 pin digital input/output (6 pin digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, clock speed 16 Mhz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset.

Berikut ini merupakan spesifikasi Arduino Uno menurut Muhammad Syahwill (2013:64-67):

- 1) Papan mikrokontroler berbasis ATmega328 yang terdiri memiliki 14 pin digital input/output (6 pin digunakan sebagai output PWM), dan 6 input analog.
- 2) Tegangan operasinya sebesar 5 Volt dengan tegangan input yang disarankan sekitar 7 sampai 12 Volt. Sedangkan batas tegangan input sebesar 6 sampai 20 Volt.
- 3) Pin digital pada board Arduino Uno dapat digunakan sebagai input atau output. Selain itu, ada beberapa pin yang memiliki fungsi khusus, yaitu Serial (Pin nomor 0 sebagai pin RX dan 1 sebagai TX), Interupsi Eksternal (Pin nomor 2 dan 3), PWM (Pin nomor 3,5,6,9,10 dan 11), SPI (Pin nomor 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) dan 13 (SCK)), Led (Pin nomor 13), dan 6 input analog (Berlabel A0 sampai A5).
- 4) Arus DC per pin I/O sebesar 40 mA, sedangkan arus DC untuk pin 3.3V sebesar 50 mA.
- 5) ATmega328 memiliki memori 32 KB (dengan 0.5 KB digunakan untuk bootloader), juga mempunyai 2 KB SRAM dan 1 KB EEPROM.
- 6) Kecepatan clock sebesar 16 MHz mencapai 16 MIPS.
- 7) Arduino uno dapat berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lain. ATmega328 menyediakan UART TTL

(5V) komunikasi serial, yang tersedia di pin digital 0 (Rx) dan 1 (Tx).

Arduino dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Pertama-tama perlu dipahami bahwa kata "*platform*" di sini merupakan sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan mengunggah ke dalam *memory microcontroller*. Cukup dengan menggunakan kabel USB untuk mulai menggunakan Arduino. Selain itu, Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan versi yang telah disederhanakan, sehingga lebih mudah dalam belajar pemrograman. Ada banyak projek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah *platform* karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi.



Gambar 5. Arduino Uno

Gambar diatas menunjukkan papan Arduino Uno yang merupakan salah satu papan paling populer diantara keluarga Arduino dan papan ini merupakan pilihan yang sangat cocok bagi para pemula. Arduino mampu berinteraksi dengan tombol, LED, motor, speaker, GPS, kamera, internet, ponsel pintar bahkan dengan televisi anda. Fleksibilitas ini dihasilkan dari kombinasi ketersediaan software Arduino yang gratis, papan perangkat keras yang murah, dan keduanya yang mudah untuk dipelajari. Hal inilah yang menciptakan jumlah pengguna menjadi sebuah komunitas besar dengan berbagai kontribusinya yang telah dirilis pada berbagai proyek dengan berbasiskan Arduino.

Arduino Uno adalah pilihan yang tepat bagi mereka yang baru pertama kali ingin mempelajari Arduino. Karena Uno merupakan paket lengkap untuk memulai belajar Arduino. Memiliki 14 pin input/output digital (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 pin input analog,

koneksi USB, jack daya, tombol reset, dan masih banyak lagi. Ini semua sudah cukup untuk keperluan belajar mikrokontroler. Hanya dengan menghubungkan papan Arduino ke komputer melalui kabel USB, atau menggunakan adaptor AC-DC, atau menggunakan baterai untuk mengaktifkan papan Arduino.

### 3. Sensor MPU-6050

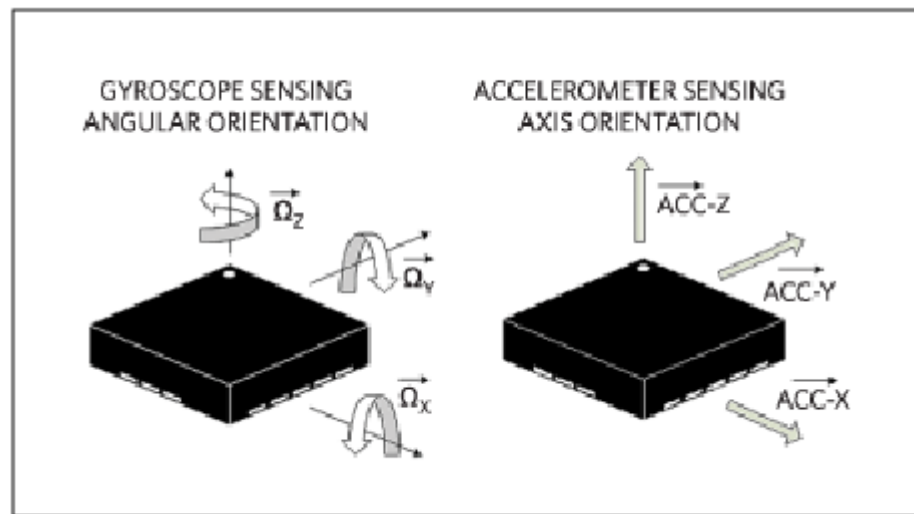
Berdasarkan datasheet sensor MPU6050 adalah perangkat sensor yang terdapat 3-axis accelerometer (sensor percepatan), 3-axis gyroscope (sensor keseimbangan) atau yang dikenal dengan 6DOF (Degrees of Freedom), suhu, dan magnetometer. Sensor MPU6050 merupakan salah satu jenis alat elektronik yang digunakan sebagai pengukur inersia atau yang disebut dengan Inertial Measurement Unit (IMU) yang dapat mengukur kecepatan, orientasi, dan gaya gravitasi. Nilai yang dihasilkan sensor didapat dari gerakan tiga sumbu yaitu x, y, dan z. Sensor ini mampu membaca kemiringan sudut berdasarkan data sensor yang termuat pada modul MPU6050. Akses modul sensor ini menggunakan jalur data I2C.

Tabel 2. Spesifikasi MPU6050

Part/Item	MPU6050	MPU6000
VDD	2.375V-3.46V	2.375V-3.46V
VLOGIC	1.71V to VDD	n/a
Serial Interface Supported	I2CVLOGIC	I2C, SPI
Pin 8	AD0	/CS
Pin 9	SCL	AD0 / SD0
Pin 23	SDA	SCL /SCLK



Pin 24		SDA / SDI
--------	--	-----------



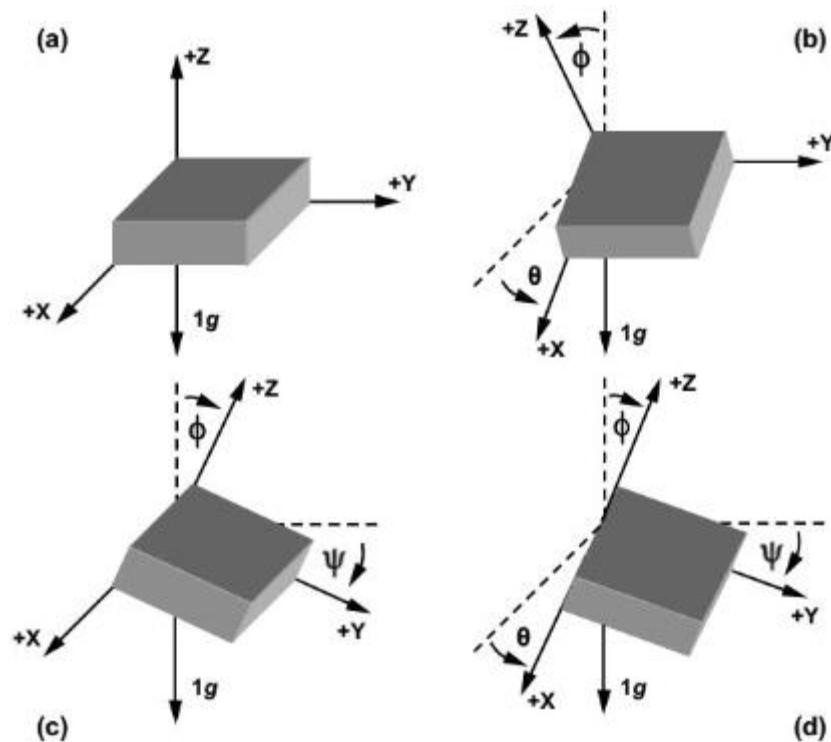
Gambar 6. Perbedaan *Accelerometer* dan *Gyroscope*

### 1) *Accelerometer*

Dasar dari accelerometer yaitu Hukum Newton II yang mengatakan bahwa percepatan yang dialami suatu benda berbanding lurus terhadap gaya dan berbanding terbalik dengan massa benda yang bekerja. Ketika kecepatan suatu benda berubah maka benda tersebut mengalami akselerasi. Akselerasi atau yang sering disebut percepatan merupakan laju perubahan kecepatan terhadap waktu. Sama seperti kecepatan, percepatan juga terbagi menjadi dua yaitu percepatan rata-rata dan sesaat. Percepatan merupakan hasil dari turunan kecepatan terhadap waktu dan kecepatan didapatkan dari hasil turunan dari perpindahan terhadap waktu.

MPU6050 terdiri dari Accelerometer 3-sumbu dengan teknologi Micro Electro Mechanical (MEMs). Accelerometer digunakan untuk mengukur sudut kemiringan atau kemiringan sepanjang sumbu X, Y dan Z

dikarenakan adanya perubahan kecepatan yaitu percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran. seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Accelerometer

Fitur sensor accelerometer pada MPU6050 sebagai berikut:

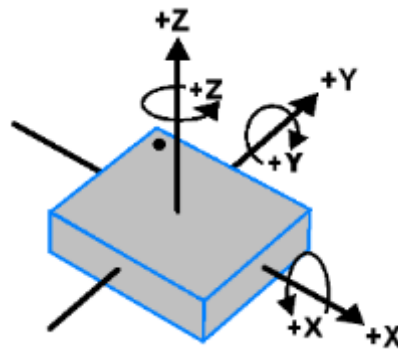
- Digital output dengan 3 axis dengan jangkauan  $\pm 2g$ ,  $\pm 4g$ ,  $\pm 8g$ , dan  $\pm 16g$ .
- Memiliki satuan berupa g (gaya gravitasi)
- Terintegrasi ADC 16bit yang digunakan untuk mendapatkan output digital
- Ketika diletakan pada permukaan datar maka nilai X dan Y Axis yaitu 0g sedangkan Z axis bernilai +1g
- Memerlukan arus 500 micro ampere

- f. Orientation detection dan signaling
- g. Tap detection
- h. User programmable interrupts
- i. High-G interrupt
- j. User self-test

## 2) *Gyroscope*

MPU6050 terdiri dari Girooskop 3-sumbu dengan teknologi Micro Electro Mechanical System (MEMS). Ini digunakan untuk mendeteksi kecepatan rotasi/sudut sepanjang sumbu X, Y, Z dalam satuan derajat per detik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Ketika gyro berputar dan menyentuh sumbu maka Coriolis Effect akan menyebabkan getaran yang terdeteksi oleh MEM didalam MPU6050. Sinyal yang dihasilkan akan diperkuat, didemodulasi, dan disaring untuk menghasilkan tegangan yang sebanding dengan rentang kecepatan sudut.

Gyroscope memiliki output yang eka terhadap kecepatan sudut dari arah sumbu x yang nantinya akan menjadi sudut phi (roll), arah sumbu y akan menghasilkan sudut theta (pitch) dan sumbu z akan menjadi sudut psi (yaw). Data yang masuk kedalam mikrokontroler berupa rad/s dan akan dikonversi menjadi deg/s. terdapat banyak versi dari persamaan yang digunakan dalam pengolahan data gyroscope.

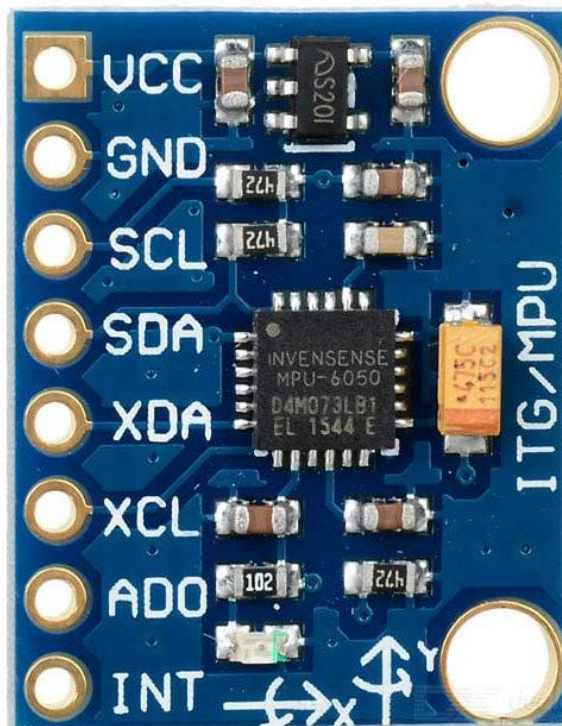


Gambar 8. MPU6050 Orientation and Polarity of Rotation

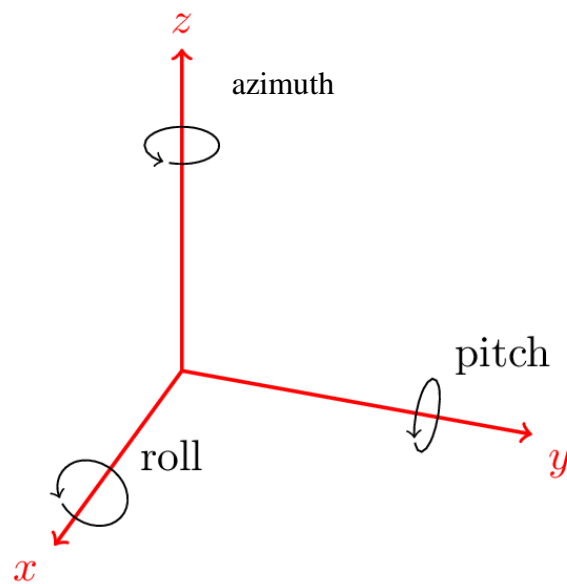
Fitur sensor gyroscope pada MPU6050 sebagai berikut:

- a. Digital output X-, Y-, dan Z- axis sudut kemiringan
- b. Rentang user-programmable  $\pm 250$ ,  $\pm 500$ ,  $\pm 1000$ , dan  $\pm 2000$  derajat per detik
- c. Terintegrasi ADC 16bit
- d. Operating current 3.6mA
- e. User self-test
- f. Digitally-programmable low-pass filter
- g. Improved low-frequency noise performance

Pada sensor MPU-6050 menggunakan komunikasi serial dua arah menggunakan saluran menerima dan mengirim data. Saluran itu terdiri dari SDA (Serial Data) dan SCL (Serial Clock). Jalur SCL berfungsi sebagai jalur sinyal frekuensi yang konstan. Sedangkan SDA berfungsi sebagai jalur transfer data. Di dalam sensor ini terdapat accelerometer dan gyroscope yang sudah terhubung satu sama lain. Sensor ini menggunakan Inter Integrated Circuit (interface I2C-bus) sebagai koneksi antara sensor dan Arduino.



Gambar 9. Modul MPU6050



Gambar 10. Titik Kemiringan atau Putaran Pada Modul MPU-6050

Pada Gambar 10 Letak putaran atau kemiringan dari sensor MPU-6050. *Roll*, *pitch*, dan *azimuth* merupakan titik acuan dari kemiringan pada sistem. Gerakan berputar ke samping merupakan istilah dari *roll*. Kemudian gerakan berputar ke bawah dan atas merupakan *pitch*. Serta gerakan berputar ke samping secara horizontal adalah *azimuth*.

Sensor kecepatan adalah dimana suatu perangkat elektronik dapat mengukur perubahan percepatan dalam keadaan tertentu. Sensor percepatan dapat digunakan untuk mengetahui posisi suatu benda. Sensor percepatan dapat digunakan untuk mendapatkan posisi dari suatu benda dengan melakukan integral percepatan itu sendiri sebanyak dua kali terhadap waktu.

Accelerometer adalah suatu alat untuk mengukur percepatan dan mengukur getaran yang disebabkan gravitasi (inklinasi). Accelerometer dapat digunakan pada pengukur aktifitas gempa dan peralatan-peralatan elektronik seperti mouse komputer dan handphone. Biasanya sensor ini banyak digunakan pada peralatan navigasi. Selain itu accelerometer berfungsi untuk mengukur percepatan, mendeteksi getaran, dan juga untuk percepatan gravitasi. Pendeteksian gerakan berdasarkan pada 3 sumbu yaitu kanan-kiri, atas bawah, dan depan-belakang. Contoh aplikatif accelerometer seperti pada airbag mobil yang mendeteksi percepatan, gadget elektronik, safety installation pada kendaraan.

Secara teknis percepatan adalah laju perubahan dari kecepatan. Percepatan getaran pada umumnya dinyatakan dalam, satuan "g's' peak, dimana satu "g" adalah percepatan yang disebabkan oleh gaya gravitasi

pada permukaan bumi. Sesuai dengan perjanjian internasional satuan gravitasi pada permukaan bumi adalah  $980,665\text{cm/det}^2$  ( $386,087\text{inc/det}^2$  atau  $32,1739\text{ feet/40}$ ). Nilai getaran dari sensor MPU 6050 berbentuk , , yang merupakan selisih getaran  $x_g, y_g, z_g$  terhadap kondisi tanpa getaran  $x_{tg}, y_{tg}, z_{tg}$  dengan persamaan

$$\begin{aligned}\Delta x &= x_g - x_{tg} \\ \Delta y &= y_g - y_{tg} \\ \Delta z &= z_g - z_{tg}\end{aligned}\tag{1}$$

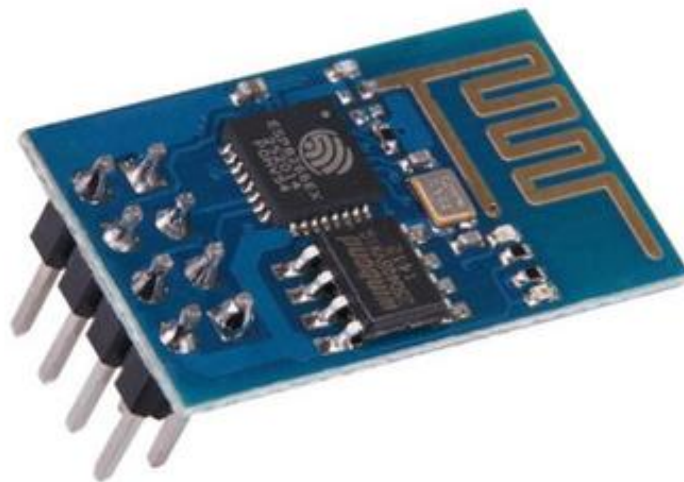
#### 4. Modul ESP8266

Menurut Limantara et al. (2017:3), ESP8266 merupakan modul wifi yang berfungsi sebagai perangkat agar dapat terhubung langsung dengan wifi dan membuat koneksi TCP/IP.

Menurut (Arafat 2016:2), ESP 8266 adalah sebuah chip yang sudah lengkap dimana didalamnya sudah termasuk processor, memori dan juga akses ke GPIO. Hal ini menyebabkan ESP8266 dapat secara langsung menggantikan Arduino dan ditambah lagi dengan kemampuannya untuk mensupport koneksi wifi secara langsung.

Berdasarkan 2 (dua) definisi diatas dapat disimpulkan bahwa ESP8266 adalah modul wifi yang dapat menghubungkan perangkat melalui koneksi IP. Modul wireless ESP8266 merupakan modul low-cost Wi-Fi dengan dukungan penuh untuk penggunaan TCP/IP. Modul ini diproduksi oleh Espressif Chinese manufacturer. Pada tahun 2014, AI-Thinker

manufaktur pihak ketiga dari modul ini mengeluarkan modul ESP-01, modul ini menggunakan AT-Command untuk konfigurasinya. Harga yang murah, penggunaan daya yang rendah dan dimensi modul yang kecil menarik banyak developer untuk ikut mengembangkan modul ini lebih jauh. Pada Oktober 2014, Espressif mengeluarkan software development kit (SDK) yang memungkinkan lebih banyak developer untuk mengembangkan modul ini.



Gambar 11. Modul ESP8266

Modul ESP-01 memiliki form factor 2x4 DIL dengan dimensi 14,3 x 24,8 m. Catu daya yang dibutuhkan adalah 3,3 volt.

## 5. Global Positioning System (GPS)

GPS adalah singkatan dari Global Positioning System merupakan sistem untuk menentukan posisi dan navigasi secara global dengan menggunakan satelit. Sistem yang pertama kali dikembangkan oleh



Departemen Pertahanan Amerika Serikat ini digunakan untuk kepentingan militer maupun sipil (Winardi 2006)

Global positioning system (GPS) merupakan sistem koordinat global yang dapat menentukan koordinat posisi benda dimana saja di Bumi baik koordinat lintang, bujur, maupun ketinggiannya. Teknologi ini sudah menjadi standar untuk digunakan pada dunia pelayaran dan penerbangan di dunia. Kita pun dapat memanfaatkannya untuk kebutuhan kita sendiri. Sistem GPS dapat memberikan data koordinat global karena didukung oleh informasi dari 24 satelit yang ada pada ketinggian orbit sekitar 17.600.000 meter di atas Bumi. Satelit-satelit tersebut terbagi atas 6 bidang orbit yang berbeda dengan masing-masing bidang orbit diisi oleh 4 satelit. Dengan konfigurasi seperti ini, maka setiap titik di Bumi selalu dapat ditentukan koordinatnya oleh GPS menggunakan jaringan GSM atau GPRS untuk memindahkan datanya ke server (Krishna, S. 2010:7452).

Menurut Tokoduino, modul GPS merupakan modul yang sangat mudah digunakan dan dikoneksikan ke *minsys* (*Raspberry Pi*, dll) dengan koneksi serial TTL 3v3 Tduino. Dengan adanya modul GPS ini, *minsys* akan memiliki kemampuan untuk mengetahui posisi (koordinat) dengan bantuan satelit GPS. Modul GPS dapat dilihat pada gambar 12 dibawah ini:



Gambar 12. Modul GPS NEO-6M

Penelitian ini menggunakan modul GPS NEO-6M yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- 1) Waktu yang dibutuhkan untuk menentukan posisi dari kondisi mati total kurang dari 27 detik. Jika sudah dalam keadaan hidup waktu yang dibutuhkan untuk menentukan posisi kurang dari satu detik.
- 2) Sumber catu daya 3-5 V
- 3) Akurasi kecepatan 0.1 m/detik
- 4) Akurasi penetapan lokasi GPS secara horizontal 2.5 m
- 5) Akurasi arah 0.5
- 6) Daya tarik maksimum 4 kali gravitasi, ketinggian maksimum 50km, kecepatan maksimum 5000 m/s (1800 km/jam).

## 6. Algoritma *Fuzzy Logic*

Logika *fuzzy* merupakan salah satu pembentuk *soft computing*. Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau membership function menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika *fuzzy* tersebut.

Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1. Berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai 1 atau 0. Logika *fuzzy* digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (linguistic), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Dan logika *fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah. Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output. *Fuzzy* dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama.

Logika *fuzzy* memiliki tiga metode yaitu metode fuzzy Tsukamoto, Sugeno dan Mamdani dan dari ketiga metode fuzzy ini memiliki mesin inferensi dan defuzzifikasi yang berbeda.

### a. Metode Tsukamoto

Fuzzy Tsukamoto merupakan salah satu metode dari Fuzzy Inference System. Dimana pada metode tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan berbentuk *if-then* harus direpresntasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton.

- 1) Fuzzyfikasi: Proses yang dilakukan untuk mengubah masukan sistem yang mempunyai nilai tegas atau crisp menjadi himpunan fuzzy dan menentukan derajat keanggotaannya di dalam himpunan fuzzy
- 2) Pembentukan rules IF-Then: Proses yang dilakukan untuk membentuk rule yang akan digunakan dalam bentuk IF-THEN yang tersimpan dalam basis keanggotaan fuzzy.
- 3) Inferensi: Proses untuk mengubah masukan fuzzy menjadi keluaran fuzzyfikasi tiap rule (IF-THEN) yang telah ditetapkan.
- 4) Defuzzyfikasi: Proses yang digunakan untuk mengubah keluaran fuzzy yang diperoleh dari inferensi menjadi nilai tegas atau crisp. Hasil akhir di peroleh dengan menggunakan persamaan rata-rata pembobotan menggunakan metode rata-rata Weight Average.

$$Z = \frac{\sum(\alpha_i \times z_i)}{\sum \alpha_i} \quad (2)$$

Keterangan : Z= Variabel output

$\alpha_i$ = Nilai  $\alpha$  predikat

$z_i$  = Nilai variabel output

### b. Metode Sugeno

Metode Sugeno mirip dengan metode Mamdani, hanya output (konsekuen) tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier. Ada dua model metode Sugeno yaitu model fuzzy Sugeno orde nol dan model fuzzy Sugeno orde satu. Bentuk umum model fuzzy Sugeno orde nol adalah:

$$\text{IF}(x_1 \text{ is } A_{1i}) \text{ o } (x_2 \text{ is } A_{2i}) \text{ o } \dots \text{ o } (x_N \text{ is } A_{Ni}) \text{ THEN } z = k \quad (3)$$

Bentuk umum model fuzzy Sugeno orde satu adalah:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_{1i}) \text{ o } (x_2 \text{ is } A_{2i}) \text{ o } \dots \text{ o } (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN} \quad (4)$$

### c. Metode Mamdani

Saat melakukan evaluasi aturan dalam mesin inferensi, metode Mamdani menggunakan fungsi MIN dan komposisi antar rule menggunakan fungsi MAX untuk menghasilkan himpunan fuzzy baru. Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama metode Max-Min. Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min. Secara umum dapat dinyatakan sebagai:

$$\mu_{AOB} = \min(\mu_A[x], (\mu_B[x],)) \quad (5)$$

Proses defuzzyfikasi pada metode Mamdani menggunakan metode centroid dengan rumus sebagai berikut:

$$\mathbf{z} = \frac{\int \mu(\mathbf{z}) \cdot \mathbf{z} \, d\mathbf{z}}{\int \mu(\mathbf{z}) \, d\mathbf{z}} \quad (6)$$

## B. Penelitian Terkait

Beberapa penelitian terkait sistem untuk mendeteksi kecelakaan dengan beberapa metode berbeda seperti pada beberapa penelitian:

1. Kau and Chen. Penelitian ini mengusulkan algoritma serta arsitektur untuk deteksi kecelakaan jatuh dan sistem penyelamatan area luas yang sesuai berdasarkan ponsel pintar dan jaringan generasi ketiga (3G). Untuk menrealisasikan algoritma pendeteksian jatuh, sudut yang diperoleh oleh kompas elektronik (*ecompass*) dan urutan gelombang dari *accelerometer* triaksial pada ponsel pintar digunakan sebagai *input* sistem. Setelah kejadian kecelakaan jatuh terdeteksi, posisi pengguna dapat diperoleh oleh *global positioning system* (GPS) atau *Assisted GPS* (A-GPS), dan dikirim ke pusat penyelamatan melalui jaringan komunikasi 3G sehingga pengguna dapat memperoleh pengobatan. Dengan arsitektur *cascaded classification* yang diusulkan, beban komputasi dan masalah konsumsi daya pada sistem ponsel pintar dapat dikurangi.
2. Sankar, et al Penelitian ini memberikan solusi komprehensif untuk deteksi kecelakaan dan manajemen ambulans. Ketika modul deteksi kecelakaan di dalam kendaraan melaporkan kecelakaan, *server* utama secara otomatis mengirim ambulans terdekat ke lokasi kecelakaan. Aplikasi android yang digunakan oleh pengemudi ambulans membantu pengemudi untuk mencapai lokasi dengan cepat dan aman.

Otomatisasi deteksi kecelakaan dan pengiriman ambulans, bersama dengan memberikan panduan kepada pengemudi ambulans tercapai di sini.

3. Valdenegro-Toro, M., et al Di penelitian ini, kecelakaan dideteksi oleh sensor getaran dan giroskop dan segera sebuah pesan dikirim ke nomor kontak darurat menggunakan modul GSM bersama dengan lokasi yang diidentifikasi oleh modul GPS. Jika kendaraan mengalami tabrakan langsung, getaran akan timbul. Jika getaran melebihi nilai ambang batas, maka terdeteksi. Unit pemrosesan pusat dalam sistem akan merasakan bahwa kecelakaan telah terjadi. Sensor detak jantung akan mendeteksi detak jantung pengemudi hanya ketika kecelakaan telah terjadi. Dengan mengirimkan informasi detak jantung, rumah sakit akan mengetahui tentang kondisi pengemudi dan karenanya mereka dapat bereaksi untuk membantu pengemudi.
4. Fahim Bin Basheer, et al Penelitian ini melakukan desain alat khusus untuk mendeteksi kemiringan pada sepeda motor, hasil deteksi kemiringan diproses dalam mikrokontroller dan mengirimkan informasi lokasi terjadinya kecelakaan. Informasi yang dikirimkan akan diterima dengan pesan singkat atau SMS (*Short Message Service*) pada handphone.
5. Hossam M. Sherif, et al Penelitian ini melakukan deteksi kecelakaan kendaraan secara real time menggunakan *wireless sensor network* dan teknologi *frequency identification* (RFID). Sensor mendeteksi kecelakaan dilokasi kendaraan sesaat sebelum kecelakaan dan jumlah

penumpang dalam kendaraan. Sensor tersebut kemudian mengirimkan sinyal peringatan ke stasiun pemantaun. Kemudian stasiun pemantauan yang melacak lokasi terjadinya kecelakaan.

6. Adnan Bin Faiz, et al Dalam penelitian ini menggunakan smartphone sebagai alat untuk mendeteksi kecelakaan dengan memanfaatkan sensor akselerometer dan GPS yang terpasang secara default pada *smartphone*. Data yang dihasilkan dari smartphone tersebut di olah dan ditampilkan kedalam aplikasi android. Hasil analisi data menghasilkan informasi yang dapat dikirim melalui SMS berdasarkan persetujuan user.
7. Sreenithy Chandran, et al Pada penelitian ini menggunakan helem sebagai media untuk mendeteksi kecelakaan dengan menggunakan sensor akselerometer, dan GPS untuk mengrim data. Nilai batas di tentukan pada akselerometer jika terjadi perubahan mendadak melebihi nilai yang telah ditentukan maka akan menginformasikan terjadinya kecelakaan.

### **C. State of The Art**

Penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini. Kemudian penelitian mengusukan sistem deteksi dan pengiriman informasi kecelakaan kepada pihak terkait akan tetaou sistem ini tidak hanya mendeteksi kecelakaan tetapi juga dapat menganalisis tingkat fatalitas yang diderita oleh korban ketika terjadi kecelakaan.



Tabel 3. *State of the Art*

No	Judul	Penulis	Penerbit	Tahun	Relevansi
1.	<i>A Smart Phone-Based Pocket Fall Accident Detection, Positioning, and Rescue System</i>	Kau and Chen	<i>IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics</i>	2015	<p>Penelitian deteksi kecelakaan ini menggunakan sensor pada <i>smartphone</i> yang diletakkan dalam kantung. <i>Smartphone</i> ini memiliki <i>ecompass</i> dan triaksial akselerometer yang menjadi input signal bagi algoritma sebagai indikator penentu <i>fall accident</i>. Setelah signal dibagi ke dalam beberapa aktivitas manusia dalam bentuk <i>waveform</i>. Dari berbagai bentuk <i>waveform</i>, oleh SVM mengklasifikasikan 9 jenis kegiatan manusia. Ketika kecelakaan terdeteksi, dengan jaringan komunikasi 3G mengirimkan informasi kepada <i>call center</i> untuk</p>

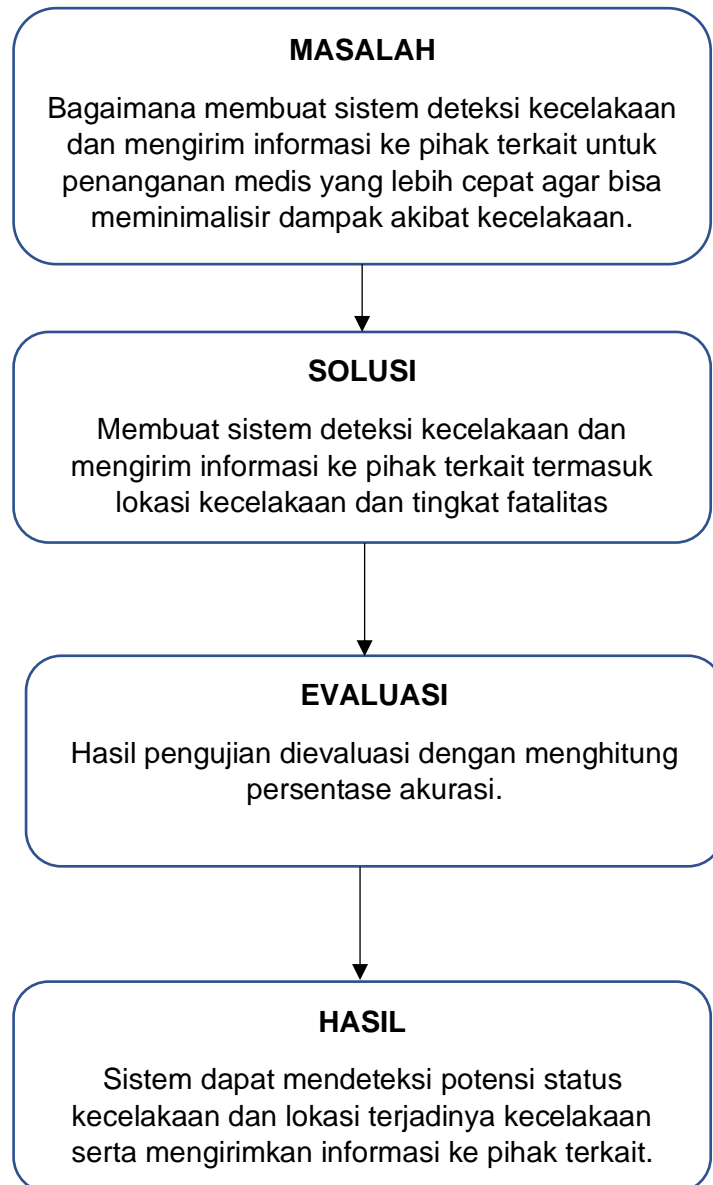
					segera mendapatkan pertolongan. Hasil dari sistem integrasi ini menghasilkan performansi sensitivitas hingga 92% dan 99,75% untuk spesifitas dalam mengklasifikasian aktivitas pengguna <i>smartphone</i> .
2.	<i>A comprehensive solution to road traffic accident detection and ambulance management</i>	Sankar, et al	<i>IEEE 2016 International Conference on Advances in Electrical, Electronic and Systems</i>	2016	Penelitian dimulai dari deteksi kecelakaan hingga korban berada dalam kondisi aman. Modul deteksi kecelakaan yang digunakan yaitu GPS, Akselerometer, <i>Raspberry Pi B+</i> . Deteksi kecelakaan menggunakan algoritme sederhana dengan sudut kemiringan dan akselerometer sebagai dasar dalam mendefinisikan kecelakaan. Desain server utama yang menerima koordinat GPS pengemudi yang mengalami kecelakaan dan melacak posisi ambulans yang memiliki jarak terdekat dan waktu tempuh

			<i>Engineering (ICAEEES)</i>		tercepat dari lokasi kecelakaan. Sistem android kemudian memandu pengemudi ambulans yang terdekat menuju lokasi.
3.	<i>Smart Road Accident Detection and communication System</i>	Vatti et al.	<i>IEEE 2018 International Conference on Current Trends towards Converging Technologies (ICCTCT)</i>	2018	Desain sistem penelitian ini pada prinsipnya mendeteksi getaran yang terdapat pada mobil. Jika getaran melewati nilai ambang batas yang ditetapkan oleh sensor maka sistem menyimpulkan sebagai kecelakaan. Demikian juga, jika mobil tidak mengalami tabrakan melainkan kendaraan terjatuh dengan sudut kemiringan yang besar maka sistem juga akan menyimpulkan hal tersebut sebagai kecelakaan. Kemudian SMS akan terkirim ke kontak

					darurat dengan menggunakan modul GSM dan lokasi kecelakaan dengan sistem GPS.
--	--	--	--	--	---

## D. Kerangka Pikir

Pada Gambar 13 berikut menunjukkan kerangka pikir yang dilakukan pada penelitian ini:



Gambar 13. Kerangka penelitian

Pada tahapan pertama menjelaskan tentang masalah dalam lambatnya pengiriman informasi ketika terjadi kecelakaan sehingga proses penanganan kecelakaan juga menjadi lambat. Kemudian, solusi yang ditawarkan adalah membuat sistem deteksi dan pengiriman informasi kecelakaan kepada pihak yang terkait untuk penanganan yang lebih cepat. Kemudian dilakukan proses evaluasi dengan menghitung nilai persentase akurasi yang dihasilkan oleh sistem.