

# Sistem Peringatan Dini Menggunakan Deteksi Kemiringan Kepala pada Pengemudi Kendaraan Bermotor yang Mengantuk

Mustofa Amirullah, Hendra Kusuma, dan Tasripan  
Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
E-mail: mustofaamirullah24@gmail.com

**Abstrak**—Tingginya tingkat kecelakaan yang disebabkan oleh *human error* masih menjadi permasalahan yang dihadapi di Indonesia. Sebesar 69,7% kecelakaan kendaraan bermotor disebabkan oleh *human error*. Kondisi pengemudi yang mengantuk merupakan salah satu faktor penyebab *human error*, sehingga diperlukan sebuah sistem keamanan dalam berkendara untuk menekan permasalahan tersebut. Ketika seseorang berada dalam kondisi mengantuk, terdapat kondisi khusus yang dapat diidentifikasi. Salah satu kondisi tersebut adalah perubahan posisi kepala yang terjadi secara tiba – tiba. Pada tugas akhir ini, dirancang suatu sistem peringatan dini untuk pengemudi yang mengantuk berdasarkan perubahan posisi kepala (perubahan sebesar 10 cm dalam waktu 18 ms). Sistem dirancang *wearable* dalam bentuk *headgear* yang dilengkapi dengan sensor *accelerometer* MPU-6050 GY-521 dan dipasang pada kepala pengemudi mobil.

Proses pengenalan kondisi kantuk dapat diperoleh dengan cara mengidentifikasi perubahan nilai percepatan pada sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z yang terjadi serentak. Perubahan posisi kepala untuk kondisi kantuk dideteksi dengan cara memberikan nilai ambang (*threshold*) untuk tiap sumbu. Deteksi kantuk yang dilakukan di dalam mobil, dilakukan sebanyak 10 kali pergerakan kepala, dengan nilai ambang untuk sumbu X sebesar 1, sumbu Y sebesar 3.5 dan sumbu z sebesar 0.5. Dari 10 kali pergerakan kepala, 7 pergerakan kepala berhasil terdeteksi dan 3 pergerakan tidak berhasil terdeteksi. Persentase keberhasilan dari pengujian tersebut sebesar 70%.

**Kata Kunci**—*Wearable*, Deteksi Kondisi Kantuk, Perubahan Posisi Kepala, *Accelerometer*.

## I. PENDAHULUAN

STATISTIK angka kecelakaan yang melibatkan kendaraan bermotor di Indonesia terbilang cukup tinggi. Hal tersebut dapat dilihat dari data angka kecelakaan yang dikeluarkan KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi) sejak 2010 sampai 2016 telah terjadi 41 investigasi kecelakaan dengan korban meninggal sebanyak 443 jiwa. Salah satu penyebab kecelakaan berasal dari kesalahan pengemudi (*human error*). Sebesar 69,7% kecelakaan kendaraan bermotor disebabkan oleh *human error*, sedangkan sisanya disebabkan oleh sarana dan prasarana yang tidak memadai. Penyebab *human error* yang sering ditemukan adalah kondisi pengemudi yang mengantuk. Kantuk merupakan suatu transisi kondisi antara sadar dan tidur yang menyebabkan penurunan fungsi pada semua indra.

Deteksi pengemudi yang mengantuk dapat dilakukan dengan analisa keadaan fisiologis, perubahan pola wajah pengemudi, dan perilaku saat berkendara[1]. Salah satu data

analisis fisiologi dapat diperoleh dengan menganalisa respon sinyal jantung atau ECG (*Electrocardiography*). Tingkat keberhasilan mendeteksi kantuk menggunakan ECG cukup tinggi, akan tetapi untuk menampilkan sinyal jantung diperlukan perhitungan matematis yang cukup rumit untuk menghasilkan hasil yang presisi. Selain itu, penggunaan ECG juga tidak praktis karena membutuhkan waktu lama untuk set up sistem dan pergerakan pengemudi juga mempengaruhi sensitivitas pembacaan sensor ECG[2]. Deteksi kantuk melalui perubahan pola wajah pengemudi dapat dilakukan dengan cara metode komputasi *computer vision*, yaitu dengan memanfaatkan kamera untuk mengambil gambar wajah pengemudi untuk diolah dengan program komputasi. Proses pengambilan gambar oleh kamera dapat di pengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar. Seperti contoh intensitas cahaya sekitar yang berubah – ubah, sehingga metode ini kurang efektif untuk mendeteksi kantuk pada pengemudi[3].

Deteksi perilaku pengemudi merupakan cara yang paling banyak digunakan karena tidak membutuhkan perancangan sistem yang kompleks. Salah satu faktor yang dapat dideteksi dari pengemudi yang mengantuk adalah perubahan posisi kepala[4]. Posisi kepala akan tegak jika pengemudi dalam kondisi tubuh normal dan akan mengalami perubahan posisi secara tiba - tiba jika pengemudi mengantuk. Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, perubahan posisi kepala tersebut akan akan dideteksi menggunakan sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*). Diharapkan dari pengerjaan tugas akhir ini diperoleh data dari pola perubahan kemiringan kepala pengemudi yang mengantuk dan dapat menjadi solusi yang efektif untuk memperkecil tingkat kecelakaan lalu lintas di Indonesia.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Faktor Penyebab Gangguan Fase Tidur

Ketika tubuh terjaga terlalu lama, sistem keseimbangan tidur akan terganggu dan tubuh cenderung akan memerintahkan untuk tidur. Keseimbangan tidur dan jam biologis tubuh dikenal dengan ritme sirkadian[5]. Sistem fungsional tubuh dipengaruhi oleh ritme sirkadian, apabila ritme sirkadian terganggu maka sistem fungsional tubuh juga akan terganggu. Jam biologis sirkadian ini dikendalikan oleh bagian otak yang disebut *Suprachiasmatic Nucleus* (SCN), yaitu sel pada hipotalamus yang merespon cahaya dan sinyal gelap. Sinyal SCN akan dikirimkan ke bagian otak lain yang mengontrol hormon, suhu tubuh, dan fungsi lain yang berperan dalam proses mengantuk dan terjaga. Suatu kondisi yang disebut kantuk didefinisikan sebagai sebuah proses yang dihasilkan dari ritme sirkadian dan kebutuhan untuk tidur.

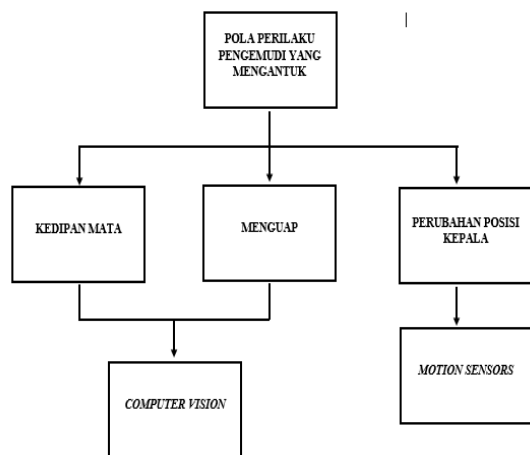
Kantuk merupakan suatu transisi kondisi antara sadar dan tidur yang menyebabkan penurunan fungsi pada semua indra.

Pergeseran ritme sirkadian disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain faktor kondisi fisik seperti kelelahan atau pola hidup yang menyebabkan jam tidur terganggu. Hal tersebut dapat menyebabkan suatu kondisi yang disebut *Delayed Phase Sleep Disorder (DSPD)*. Hormon yang mempengaruhi ritme sirkadian adalah hormon melatonin. Produksi hormon melatonin dapat menyebabkan rasa kantuk dan mengurangi suhu tubuh. Pada kondisi normal, jumlah produksi tertinggi dari hormon melatonin akan terjadi pada tengah malam dan menurun menjelang pagi. Untuk penderita DSPD, siklus produksi hormon melatonin akan terganggu dan akan berdampak negatif pada sistem fungsional tubuh.

**B. Pola Perilaku Pengemudi yang Mengantuk**

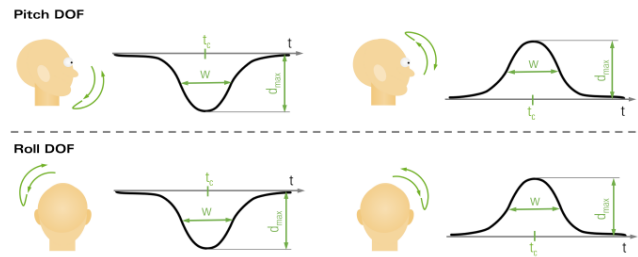
Pengemudi yang mengantuk memiliki pola perilaku yang dapat diamati. Beberapa ciri yang dapat diamati antara lain mata yang lebih sering berkedip, mulut yang lebih sering menguap, serta gerakan jatuh dari kepala pengemudi dan kembali ke posisi awal yang dilakukan secara tiba – tiba.

Untuk pengenalan ciri kedipan mata dan mulut yang menguap umumnya dilakukan dengan metode *computer vision*, yaitu dengan memanfaatkan sebuah kamera yang digunakan untuk mengambil gambar dan diolah dengan menggunakan *software* komputer. Sedangkan untuk pengenalan perubahan posisi kepala secara tiba – tiba dapat dilakukan dengan memanfaatkan pembacaan *motion sensor*. Proses pengenalan ciri pengemudi yang mengantuk menggunakan *motion sensor* memiliki kelebihan, yaitu tidak adanya interferensi atau gangguan lingkungan sekitar daripada menggunakan metode *computer vision*.



Gambar 1. Klasifikasi Pola Perilaku Pengemudi yang Mengantuk

Perubahan posisi kepala secara tiba – tiba terjadi apabila pengemudi dalam kondisi kantuk yang berat (*excessive sleepiness*). Ditambah lagi adanya faktor kelelahan pengemudi yang mengakibatkan kewaspadaan dari pengemudi menurun. Dalam kondisi ini dibutuhkan usaha yang keras oleh pengemudi untuk tetap waspada pada saat mengendalikan kendaraannya. Namun akibat dari menurunnya sistem fungsional tubuh, gerakan jatuh dari kepala pengemudi dan kembali ke posisi awal yang dilakukan secara tiba – tiba. Pergerakan kepala tersebut memiliki arah yang tidak menentu dan dari arah tersebut akan menghasilkan pola yang khusus.



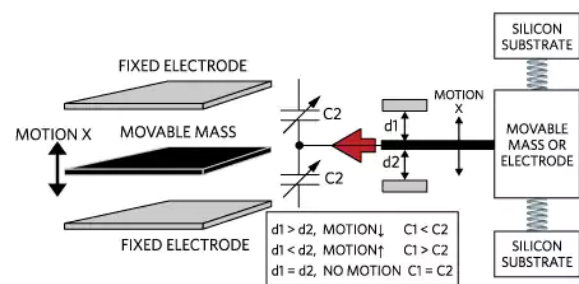
Gambar 2. Contoh Pola Pergerakan Kepala Dari Ciri Pengemudi yang Mengantuk[4]

**C. Sensor MPU-6050 GY-521**

Modul sensor MPU-6050 GY-521 terdiri dari dua buah sensor, yaitu 3 axis *accelerometer* dan 3 axis *gyroscope*. Modul sensor MPU-6050 GY-521 menggunakan teknologi *Micro Electro-Mechanical System (MEMS)*, yaitu sistem integrasi dari struktur mekanik dan elektro-mekanikal yang diproduksi dengan teknik fabrikasi mikro. Selain itu sensor MPU-6050 GY-521 memiliki fitur *Digital Motion Processor (DMP)* yang dapat memproses algoritma dari gerakan gabungan antara sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Sensor ini menggunakan komunikasi I<sup>2</sup>C dengan dua mode kecepatan pengiriman data, yaitu *Standard Mode* sebesar 100kHz dan *Fast Mode* sebesar 400kHz. Dalam modul sensor ini telah dilengkapi regulator 3.3 Volt dan tahanan *pull-up* pada pin SDA dan SCL. Selain itu, terdapat komponen – komponen pendukung pada modul ini untuk memudahkan penggunaan modul sensor ini.

**1) Accelerometer**

*Accelerometer* digunakan untuk mengukur percepatan dari suatu benda yang bergerak, perubahan posisi, dan percepatan gravitasi bumi. Suatu percepatan akan menimbulkan gaya yang akan ditangkap oleh mekanisme pendeteksi gaya yang dimiliki oleh sensor *accelerometer*. Besar percepatan dapat diukur secara tidak langsung dari besar gaya yang berhasil dideteksi. Struktur dari sensor *accelerometer* terdiri dari sebuah transduser kapasitif dan sebuah pegas penggerak yang dirancang dalam ukuran skala mikro.

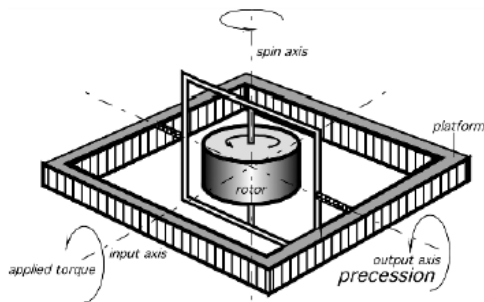


Gambar 3. Mekanisme Cara Kerja Sensor Accelerometer

Sesuai dengan gambar di atas, pegas terhubung dengan beban penggerak dan substrat *silicon* yang tetap. Apabila terdapat suatu pergeseran searah dengan sumbu pegas, maka beban penggerak akan ikut bergerak searah dengan arah sumbu pergerakan dan menyebabkan perubahan nilai kapasitansi. Perubahan besar kapasitansi dari kapasitor inilah yang akan diolah menjadi nilai perubahan percepatan oleh sensor *accelerometer*. Sensor *accelerometer* akan mendeteksi gaya percepatan pada tiga sumbu, yaitu sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z berdasarkan pengaruh percepatan bumi. Percepatan gravitasi bumi diukur dalam satuan *g-force (G)*, dimana 1G sama dengan 9,8 m/s<sup>2</sup>.

2) *Gyroscope*

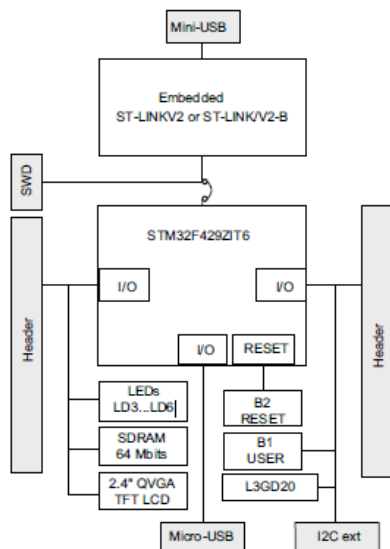
*Gyroscope* merupakan sebuah sensor yang dapat digunakan untuk mengukur kecepatan sudut dari benda yang bergerak terhadap sumbu putar. *Gyroscope* akan menghasilkan sinyal yang nilainya sebanding dengan kecepatan sudut sekitar sumbu tegak lurus terhadap sumbu putar. Satuan kecepatan sudut akan diukur dengan satuan radian per detik (rad/s) atau dalam satuan derajat per detik (<sup>0</sup>/s). Struktur dari sensor gyroscope terdiri dari sistem elektro-mekanikal berupa piringan rotor yang terhubung dengan pegas yang berukuran mikro (MEMS). Ketika rotor berputar bebas, putaran rotor akan cenderung mempertahankan posisi aksial. Sebuah torsi akan dihasilkan pada sumbu *output* saat piringan rotor berputar disekitar sumbu *input*. Hal tersebut akan menghasilkan putaran disekitar sumbu *output*, peristiwa ini disebut kepresisian dari *gyroscope*. Tingkat waktu perubahan momentum sudut yang diberikan pada suatu sumbu sama dengan besar torsi yang diterapkan pada sumbu tersebut.



Gambar 4. Sitem Elektro-Mekanikal Dari Gyroscope[6]

D. *Mikrokontroler STM32F4 Discovery*

*STM32F4 Discovery* merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh STMicroelectronics yang berfungsi sebagai perangkat keras untuk mengatur, memproses, dan media interaktif yang terintegrasi dengan perangkat lunak dalam sebuah sistem. Dalam Tugas Akhir ini mikrokontroler yang akan digunakan adalah *STM32F429I – DISC1* yang merupakan pengembangan dari generasi sebelumnya, yaitu *STM32F429I – DISC0*. Blok diagram perangkat keras *STM32F429I – DISC1* dapat dilihat pada gambar berikut



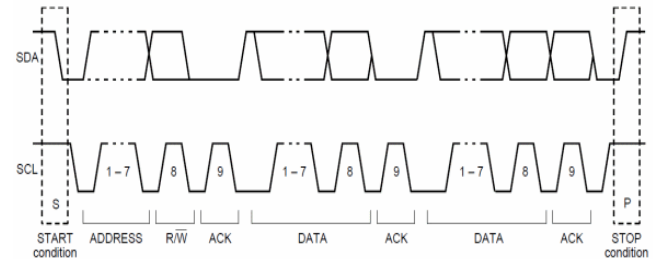
Gambar 5. Blok Diagram STM32F429I – DISC1

*STM32F429I – DISC1* menggunakan prosesor *STM32F429ZIT6* dengan arsitektur ARM Cortex-M4 dengan kecepatan 180MHz yang memberikan performa tinggi pada

saat pemrosesan sistem. Fitur lain yang dimiliki antara lain flash memory sebesar 2Mb dan dan RAM sebesar 256Kb. Selain itu, perangkat keras telah terintegrasi dengan *ST-LINK/V2-B* dengan USB mini konektor sebagai *debugger*.

E. *Inter Integrated Circuit (I<sup>2</sup>C)*

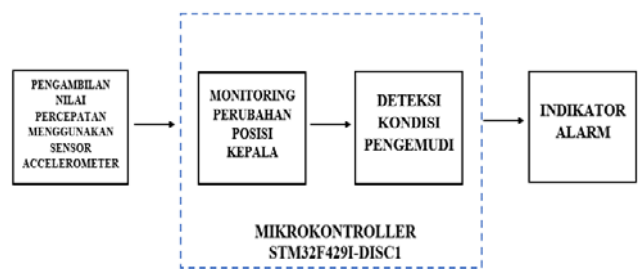
Sistem komunikasi I<sup>2</sup>C hanya memerlukan dua jalur data, yaitu *Serail Data (SDA)* dan *Serial Clock (SCL)*. SDA merupakan jalur yang digunakan untuk transmisi data, sedangkan SCL merupakan jalur yang digunakan sebagai sumber *clock* selama transmisi data. Terdapat format khusus transfer data antara *master* dan *slave*. Jika dilihat dari format khusus tersebut, I<sup>2</sup>C dibedakan menjadi beberapa kondisi sinyal. Yang pertama adalah kondisi *START* dan *STOP*, kondisi *START* merupakan sinyal untuk memulai semua perintah yang ditandai dengan perubahan tegangan SDA dari "1" menjadi "0" pada saat SCL bernilai "1". Kondisi *STOP* merupakan sinyal untuk mrngakhiri semua perintah yang ditandai dengan perubahan tegangan SDA dari "0" menjadi "1" pada saat SCL bernilai "1". Kondisi yang kedua adalah transmisi data antara *master* dan *slave*, umumnya data yang dikirim sebesar 8 bit yang ditransmisikan melalui SDA. Data tersebut terbagi menjadi dua, yaitu 7 bit alamat *slave* dan 1 bit untuk memilih mode *read* (bernilai "1") dan *write* (bernilai "0"). Kondisi yang ketiga adalah *Acknowledge (ACK)* dan *Non-Acknowledge (NACK)*, merupakan respon sinyal yang diberikan oleh selama proses transmisi data antara *master* dan *slave*. Sinyal *ACK* ataupun *NACK* akan muncul pada bit ke 9 setelah transmisi data antara *master* dan *slave* terjadi. Kondisi *ACK* terjadi setelah transfer data oleh *master* berhasil diterima oleh *slave* kemudian *slave* akan merespon sinyal *ACK*, yaitu saat SDA bernilai "0" selama siklus *clock* ke 9. Jika *slave* tidak lagi menerima data yang dikirimkan oleh *master*, *slave* akan merespon sinyal *NACK* yang menggambarkan SDA saat bernilai "1".



Gambar 6. Format Pengiriman Data I2C

III. PERANCANGAN ALAT

A. *Blok Fungsional Sistem*



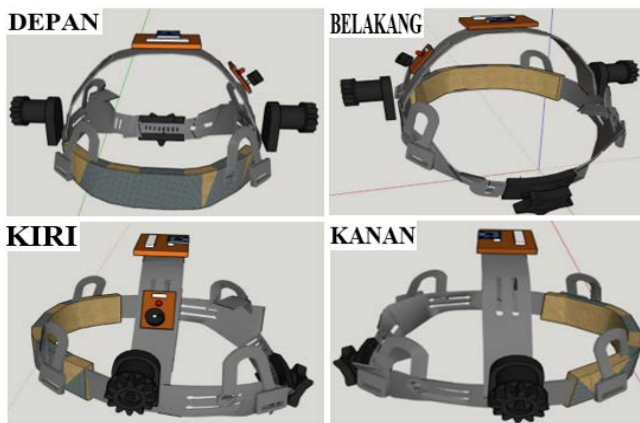
Gambar 7. Blok Fungsional Sistem

Pergerakan kepala pengemudi yang mengantuk merupakan suatu data yang diperoleh melalui proses identifikasi karakteristik seseorang dalam kondisi mengantuk dengan melihat perubahan drastis dari nilai percepatan pada sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z sensor *accelerometer* MPU-6050

GY-521. Sensor *accelerometer* MPU-6050 GY-521 akan mendeteksi perubahan posisi kepala yang terjadi secara tiba – tiba, yaitu kecepatan perubahan posisi kepala mulai dari proses awal kepala jatuh sampai kembali ke posisi awal adalah kurang dari 20ms. Sensor terhubung dengan mikrokontroler STM32F429I-DISC1 menggunakan komunikasi I<sup>2</sup>C. Data yang diterima oleh mikrokontroler berupa data mentah (*raw data*) nilai percepatan dari pembacaan sensor *accelerometer* pada sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z yang ditampilkan dalam satuan *g-force*. Data tersebut akan dibandingkan dengan nilai ambang pada setiap sumbu untuk mendeteksi kondisi dari pengemudi. Apabila sistem dapat mengenali bahwa pergerakan tersebut merupakan pola pergerakan kepala seseorang yang mengantuk, maka indikator alarm akan aktif sebagai tanda peringatan agar pengemudi dapat kembali fokus atau beristirahat terlebih dahulu.

**B. Perancangan Mekanik**

Perancangan mekanik dari Tugas Akhir ini meliputi desain dan realisasi dari *head gear* yang digunakan untuk peletakan sensor MPU-6050 GY-521 dan alarm. *Headgear* dirancang *wearable* dan akan dikenakan di kepala pengemudi untuk mendeteksi perubahan posisi kepala pengemudi saat kondisi mengantuk. *Head gear* memiliki dimensi 22cm x 15cm dan dilengkapi dengan *knob* pada bagian belakang sebagai *adjustment* untuk menyesuaikan dengan ukuran kepala pengemudi. Bahan yang digunakan untuk *headgear* adalah *Polypropylene* (PP) yang bersifat kuat dan ringan, sehingga lebih nyaman saat digunakan.

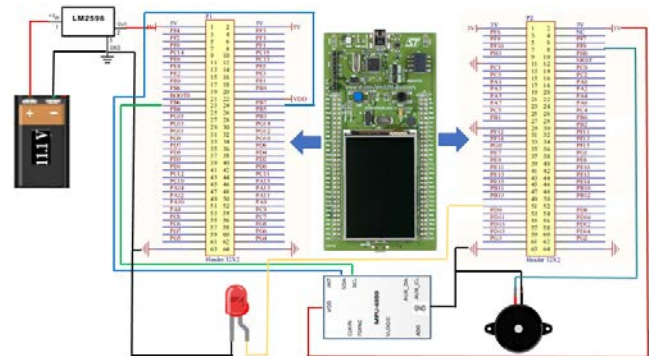


Gambar 8. Desain *Headgear* Dilihat Dari Berbagai Sudut Pandang

**C. Perancangan Perangkat Elektrik**

Sumber daya untuk mikrokontroler STM32F429I-DISC1 menggunakan baterai lipo tiga sel dengan tegangan sebesar 11.1 Volt. Mikrokontroler STM32F429I-DISC1 hanya mampu menerima tegangan masukan maksimal sebesar 5 Volt. Tegangan baterai diturunkan sebesar 5 Volt menggunakan modul LM2596 *step down converter*. Keluaran positif modul *step down converter* dihubungkan dengan pin 5 Volt STM32F429I-DISC1 sedangkan keluaran negatif modul *step down converter* dihubungkan dengan pin *ground* STM32F429I-DISC1. MPU-6050 GY-521 sebagai masukan terhubung dengan STM32F429I – DISC1 melalui komunikasi I<sup>2</sup>C. Pin SCL (*Serial Clock*) terhubung dengan pin PB6 sedangkan pin SDA (*Serial Data*) terhubung dengan pin PB7. Sensor MPU-6050 GY-521 menerima sumber daya dari pin 3 Volt STM32F429I – DISC1. LED berukuran 5 mm digunakan sebagai indikator komunikasi I<sup>2</sup>C antara MPU-6050 GY-521 dengan STM32F429I – DISC1. Apabila

komunikasi I<sup>2</sup>C aktif, maka LED akan aktif. Keluaran dari STM32F429I – DISC1 berupa *buzzer* sebagai alarm indikator kantuk yang terhubung dengan pin PF7. Konfigurasi keseluruhan sistem elektrik dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 9. Konfigurasi Keseluruhan Sistem Elektrik

**D. Perancangan Perangkat Lunak**

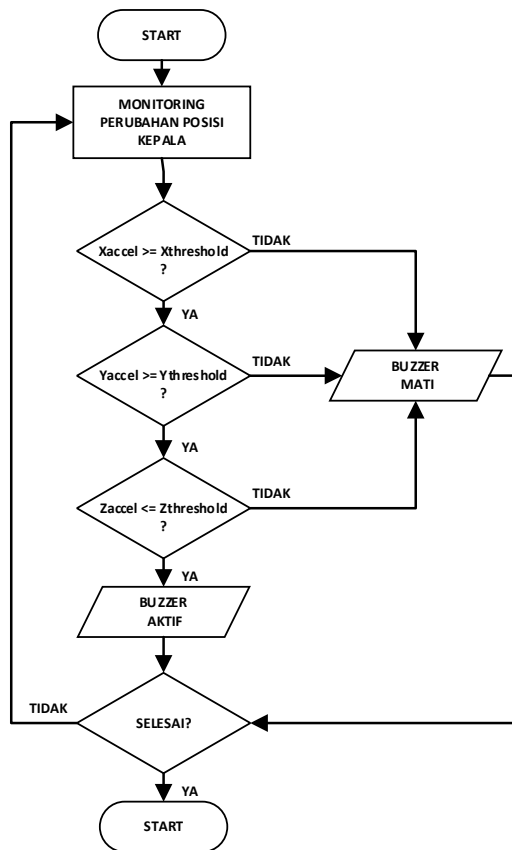
Dalam proses pengambilan data percepatan dari sensor *accelerometer*, STM32F429I – DISC1 sebagai *master* mengirim 8 bit *slave address* MPU-6050 GY-521. Sensor MPU-6050 GY-521 harus dikondisikan dalam *wake up mode* dengan mengakses register 6B dan mengirim data ‘0x00’ sebesar 8 bit. Rentang skala penuh (*full scale range*) sensor *accelerometer* diatur sebesar ±2g dengan cara memberi mengirim data ‘0x00’ sebesar 8 bit pada register 1C. Selanjutnya, STM32F429I-DISC1 akan menerima data sebesar 16 bit dari setiap sumbu sensor *accelerometer* (x,y,dan z) yang dikirimkan oleh register 3B sampai dengan 40 MPU-6050 GY-521. Data tersebut dikonversikan menjadi nilai percepatan dalam satuan *g-force* (g) dengan persamaan sebagai berikut.

$$ax = Data X (16 bit) \times \frac{1}{16384} \tag{1}$$

$$ay = Data Y (16 bit) \times \frac{1}{16384} \tag{2}$$

$$az = Data Z (16 bit) \times \frac{1}{16384} \tag{3}$$

Dimana *ax* adalah nilai percepatan untuk sumbu X dalam satuan ‘g’, *ay* adalah nilai percepatan untuk sumbu Y dalam satuan ‘g’, *az* adalah nilai percepatan untuk sumbu Z dalam satuan ‘g’. Data nilai percepatan dikirim menuju sebuah komputer pengolahan data menggunakan komunikasi serial. *Software* pengolahan data menggunakan MATLAB 2016. *Baudrate* pengiriman nilai percepatan sensor *accelerometer* diatur sebesar 115200. Setelah itu disediakan sebuah *buffer* untuk menyimpan data dari ketiga sumbu sensor *accelerometer*. Nilai yang disimpan dalam *buffer* akan dianalisa apakah terjadi perubahan drastis yang terjadi pada ketiga sumbu sensor *accelerometer* pada saat terjadi pada orang yang mengantuk dengan ciri perubahan posisi kepala secara tiba – tiba.



Gambar 10. Diagram Alir Pengambilan Data dan Ekstraksi Fitur Accelerometer

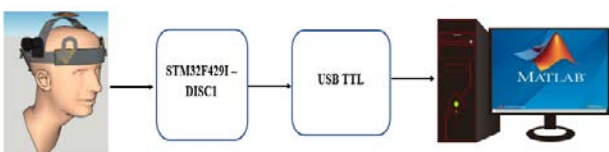
Nilai ambang (*threshold*) diberikan pada tiap sumbu dan digunakan untuk mendeteksi kantuk dari hasil identifikasi perubahan nilai serentak yang terjadi pada sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z. Apabila pola pergerakan kepala dari pengemudi memenuhi kondisi dari nilai ambang yang diberikan, maka pengemudi tersebut terdeteksi sedang dalam kondisi kantuk. Ketika pengemudi terdeteksi dalam kondisi mengantuk, maka indikator *buzzer* menyala sebagai peringatan terhadap pengemudi.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

A. Pengujian Pengambilan Data Accelerometer

Pengambilan data percepatan dari sensor *accelerometer* dilakukan pada saat kepala dalam keadaan diam. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai percepatan dari sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z pada saat pengemudi dalam kondisi normal atau tidak ada perubahan posisi kepala yang terjadi secara tiba – tiba yang diartikan sebagai kondisi kantuk.

Data nilai percepatan dikirim menuju ke sebuah komputer menggunakan komunikasi serial USB TTL untuk ditampung dalam MATLAB 2016 sebagai *software* pengolah data.



Gambar 11 Diagram Blok Pengujian Pengambilan Data Accelerometer

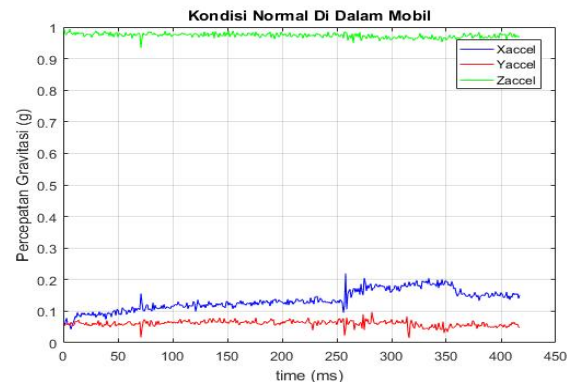
Dari hasil pengujian sensor *accelerometer* diketahui bahwa pada saat dalam kondisi normal atau tidak ada perubahan

posisi kepala yang terjadi secara tiba – tiba, nilai percepatan untuk sumbu X berkisar 0.05g, sumbu Y berkisar 0.05g, dan untuk sumbu Z berkisar 0.98g.

Tabel 1.  
Nilai Percepatan Tanpa Perubahan Posisi Kepala

Time (ms)	ax (g)	ay (g)	az (g)	Keterangan
1	0,056152	0,052734	0,993408	Kepala Diam
2	0,06543	0,05957	0,976563	Kepala Diam
3	0,078125	0,059326	0,97583	Kepala Diam
4	0,060547	0,057373	0,984619	Kepala Diam

Data percepatan dari ketiga sumbu saat kepala diam yang tersimpan pada *buffer* disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 12. Grafik Data Percepatan Saat Kepala Pengemudi Diam

B. Pengujian Proses Monitoring Perubahan Posisi Kepala

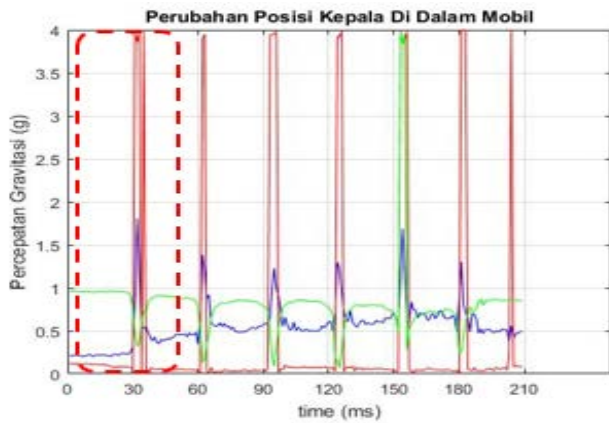
Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik orang dalam kondisi kantuk dengan melihat perubahan drastis dari nilai percepatan pada sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z. Pengujian dilakukan kepada koresponden dengan cara memasang *headgear* yang telah dilengkapi dengan sensor *accelerometer*. Kemudian koresponden akan menirukan perubahan posisi kepala layaknya seperti seseorang yang mengantuk.

Dari hasil pengujian diketahui bahwa pada saat terjadi perubahan posisi kepala, nilai percepatan pada sumbu X berkisar 0.8g sampai 1.8g, untuk sumbu Y berkisar 3.8g sampai 3.9g, dan untuk sumbu Z berkisar 0.35g sampai 0.45g.

Tabel 2.  
Nilai Percepatan Perubahan Posisi Kepala

Time (ms)	ax (g)	ay (g)	az (g)	Keterangan
29	0,252686	0,068359	0,911865	Kepala Diam
30	0,308105	0,049072	0,750244	Kepala Diam
31	0,884033	3,963623	0,450195	Perubahan Posisi Kepala
32	1,810547	3,855225	0,318604	Perubahan Posisi Kepala
33	1,152832	3,961914	0,357666	Perubahan Posisi Kepala
34	0,549561	0,006104	0,620361	Kepala Diam

Sampel 100 data percepatan dari ketiga sumbu saat terjadi perubahan posisi kepala yang tersimpan pada *buffer* disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 13. Grafik Monitoring Perubahan Posisi Kepala

C. Pengujian Proses Deteksi Kantuk

Pemberian nilai ambang (*threshold*) yang diberikan pada tiap sumbu yang akan digunakan untuk mendeteksi kondisi kantuk berdasarkan perubahan posisi kepala pengemudi yang terjadi secara tiba – tiba. Pengujian dilakukan berdasarkan simulasi pergerakan kepala yang menggambarkan kondisi pengemudi mobil yang mengantuk. . Pergerakan kepala terjadi secara acak, namun apabila seseorang berada dalam kondisi duduk tegak lurus, maka titik berat akan condong ke arah depan. Oleh karena itu orang yang mengantuk dalam kondisi tersebut akan mengalami perubahan kepala mengganggu ke arah depan secara tiba – tiba. Kecepatan perubahan posisi kepala mulai dari proses awal jatuh kepala sampai kembali ke posisi awal adalah kurang dari 20ms yang diukur menggunakan *stopwatch*.

Tabel 3. Pengujian Deteksi Kantuk Pengemudi Mobil

No	Pergerakan ke-	Kecepatan Pergerakan (ms)	Jenis Gerakan	Keterangan
1	1	20	Mengantuk	Terdeteksi
2	2	18	Mengantuk	Terdeteksi
3	3	19	Mengantuk	Gagal
4	4	18	Mengantuk	Terdeteksi
5	5	20	Mengantuk	Terdeteksi
6	6	20	Mengantuk	Terdeteksi
7	7	18	Mengantuk	Gagal
8	8	19	Mengantuk	Terdeteksi
9	9	20	Mengantuk	Terdeteksi
10	10	19	Mengantuk	Gagal

Pengujian deteksi kantuk yang dilakukan di dalam mobil terdiri dari 10 kali pergerakan kepala, dengan nilai ambang untuk sumbu X sebesar 1, sumbu Y sebesar 3.5 dan sumbu Z sebesar 0.5. Dari 7 pergerakan kepala berhasil terdeteksi dan 3 pergerakan tidak berhasil terdeteksi. Persentase keberhasilan dari pengujian tersebut sebesar 70%.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Pengemudi yang mengantuk dapat dikenali apabila terjadi perubahan drastis nilai percepatan pada sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z yang terjadi serentak. Nilai percepatan gravitasi untuk pengemudi dalam kondisi mengantuk untuk sumbu X berkisar 0.8g sampai 1.8g, untuk sumbu Y berkisar 3.8g sampai 3.9g , dan untuk sumbu Z berkisar 0.35g sampai 0.45g. Kecepatan perubahan posisi kepala mulai dari proses awal jatuh sampai kembali ke posisi awal adalah kurang dari 20ms yang diukur menggunakan *stopwatch*. Persentase keberhasilan deteksi perubahan posisi kepala untuk pengemudi yang mengantuk mencapai 70% dari 10 kali pengujian pergerakan kepala.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Y. Lin and P. A. Hsiung, "An early warning system for predicting driver fatigue," in *2017 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW)*, 2017, pp. 283–284.
- [2] A. R. Beukman, G. P. Hancke, and B. J. Silva, "A multi-sensor system for detection of driver fatigue," in *2016 IEEE 14th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 2016, pp. 870–873.
- [3] N. Rudigkeit, M. Gebhard, and A. Graser, "An analytical approach for head gesture recognition with motion sensors," in *2015 9th International Conference on Sensing Technology (ICST)*, 2015, pp. 720–725.
- [4] A. Mittal, K. Kumar, S. Dhamija, and M. Kaur, "Head movement-based driver drowsiness detection: A review of state-of-art techniques," in *2016 IEEE International Conference on Engineering and Technology (ICETECH)*, 2016, pp. 903–908.
- [5] M. J. Thorpy and M. Billiard, *Sleepiness : causes, consequences, and treatment*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.
- [6] J. Fraden, *Handbook of modern sensors : physics, designs, and applications*, 3rd ed. New York, USA: AIP Press/Springer, 2004.