



**RANCANG BANGUN ALAT UKUR SUDUT PUNGGUNG UNTUK
MEMPERMUDAH PERHITUNGAN RULA MENGGUNAKAN MPU-6050**



Oleh:
FAHMI ANDRIANSYAH
16410200031

FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS DINAMIKA
2020

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR SUDUT PUNGGUNG UNTUK
MEMPERMUDAH PERHITUNGAN RULA MENGGUNAKAN MPU-6050**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan

Program Sarjana Teknik



UNIVERSITAS
Dinamika

Oleh:

Nama : Fahmi Andriansyah

NIM : 16410200031

Jurusan : S1 Teknik Komputer

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS DINAMIKA**

2020

Tugas Akhir

RANCANG BANGUN ALAT UKUR SUDUT PUNGGUNG UNTUK MEMPERMUDAH PERHITUNGAN RULA MENGGUNAKAN MPU-6050

Dipersiapkan dan disusun oleh

Fahmi Andriansyah

NIM : 16410200031

Telah diperiksa, diuji dan disetujui oleh Dewan Pembahas
pada: Senin, 27 Januari 2020

Susunan Dewan Pembahas

Pembimbing:

I. Dr. Susijanto Tri Rasmana, S.Kom., M.T.

NIDN: 0727097302

II. Weny Indah Kusumawati, S.Kom., M.MT.

NIDN: 0721047201

Pembahas:

Ira Puspasari, S.Si., M.T.

NIDN: 0710078601

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana



Fakultas Teknologi dan Informatika
UNIVERSITAS

Dinamika

Dr. Jusak

NIDN: 0708017101

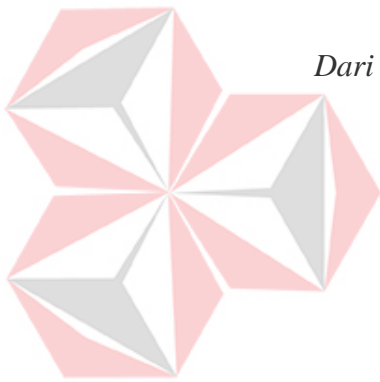
Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika

UNIVERSITAS DINAMIKA

“Isi otakmu sebagai makhluk akademisi,

Bentuk karaktermu melalui organisasi,

Dari keduanya akan dapat memaknai prioritas dan toleransi.”



UNIVERSITAS
Dinamika

Fahmi Andriansyah.



Saya persembahkan karya ini untuk orang-orang yang sudi berjuang demi kepentingan umum.

UNIVERSITAS
Dinamika

SURAT PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI DAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Sebagai mahasiswa Universitas Dinamika, saya:

Nama : Fahmi Andriansyah
NIM : 16410200031
Program Studi : S1 Teknik Komputer
Fakultas : Teknologi dan Informatika
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : **RANCANG BANGUN ALAT UKUR SUDUT
PUNGGUNG UNTUK MEMPERMUDAH
PERHITUNGAN RULA MENGGUNAKAN MPU-
6050**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Seni, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Dinamika Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalti Free Right*) atas seluruh isi sebagian karya ilmiah saya tersebut diatas untuk disimpan, dialihmediakan dan dikelola dalam bentuk pangkalan data (*database*) untuk selanjutnya didistribusikan atau dipublikasikan demi kepentingan akademis dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.
2. Karya tersebut diatas adalah karya asli saya, bukan plagiat baik sebagian maupun keseluruhan. Kutipan, karya atau pendapat orang lain yang ada dalam karya ilmiah ini adalah semata hanya rujukan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.
3. Apabila dikemudian hari ditemukan dan terbukti terdapat tindakan plagiat pada karya ilmiah ini, maka saya bersedia untuk menerima pencabutan terhadap gelar kesarjana yang telah diberikan kepada saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, Januari 2020

METERAI
TEMPEL
6593BAFF280854270
6000
ENAM RIBURUPIAH
menyatakan
Fahmi Andriansyah
NIM: 16410200031

ABSTRAK

Pekerjaan dengan posisi badan yang salah dan perancangan alat yang tidak ergonomis mengakibatkan pengerahan tenaga yang berlebihan dan beresiko terjadinya keluhan musculoskeletal dan kelelahan dini. *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) merupakan suatu metode perhitungan untuk mengetahui kesalahan sikap badan saat melakukan pekerjaan. Adapun proses perhitungan metode *Rapid Upper Limb Assessment* hingga saat ini adalah dengan menggunakan pengambilan gambar menggunakan kamera untuk kemudian dilakukan perhitungan sudut pada setiap posisi kerja dengan teknik *antropometri*. Dengan demikian diperlukan alat yang mampu membaca perubahan sudut badan bagian atas untuk mempermudah perhitungan pada metode *Rapid Upper Limb Assessment*. Penelitian ini berfokus pada alat ukur sudut punggung yang mampu bekerja dengan membaca perubahan sudut punggung saat melakukan pekerjaan. Data sudut punggung yang diperoleh sensor MPU6050 diklasifikasikan kedalam nilai skor sesuai ketentuan *Rapid Upper Limb Assessment*. Keluaran alat ukur dan interval waktu posisi badan saat bekerja akan disimpan pada database MySQL, dan ditampilkan melalui *website* lokal. Dari hasil pengujian *noise* alat ukur, didapatkan perolehan nilai sudut menggunakan *complementary filter* lebih baik daripada menggunakan data *roll* dengan nilai alfa sebesar 0,93. Nilai *delay* pengiriman data dari *microcontroller* menuju database sebesar 0 dalam satuan detik. Alat ukur dapat mendeteksi sudut tegak pada tubuh manusia dengan rata-rata nilai pengujian sebesar $0,687^{\circ}$. Dari hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata simpangan pengujian sudut saat badan tidak tegak sebesar $0,575^{\circ}$, alat ukur dapat mengklasifikasikan sudut berdasarkan skor *Rapid Upper Limb Assessment*. Dengan demikian alat ukur sudut punggung diharapkan mampu mempermudah perhitungan sudut *Rapid Upper Limb Assessment*.

Kata Kunci: MySQL, MPU6050, DS1307, RULA

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Alat Ukur Sudut Punggung Untuk Mempermudah Perhitungan RULA Menggunakan MPU-6050”, yang merupakan prasyarat untuk memperoleh gelar sarjana di Universitas Dinamika. Sholawat serta salam tidak lupa penulis curahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW. Didalam buku laporan penelitian Tugas Akhir ini dibahas mengenai pembuatan alat ukur sudut punggung yang dapat mengklasifikasikan perubahan sudut punggung untuk mempermudah melakukan perhitungan resiko kesalahan sikap kerja berdasarkan metode *Rapid Upper Limb Assessment*.

Pada kesempatan yang sangat berharga ini, penulis menyampaikan ucapan rasa terimakasih kepada:

1. Segenap keluarga Bapak Irfan Erfianto, telah memberikan kepercayaan, motivasi, serta materi kepada penulis untuk menempuh pendidikan di Universitas Dinamika.
2. Rekan-rekan Dewan Perwakilan Mahasiswa Universitas Dinamika, yang selalu memberikan masukan kepada penulis untuk memaksimalkan masa studi.
3. Prof. Dr. Budi Jatmiko, M.Pd, selaku Rektor Universitas Dinamika.
4. Bapak Pauladie Susanto, S.Kom., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Komputer Universitas Dinamika.

5. Dr. Susijanto Tri Rasmana, S.Kom., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan dukungan penuh berupa motivasi, saran, dan wawasan bagi penulis selama pelaksanaan Tugas Akhir dan pembuatan laporan penelitian Tugas Akhir.
6. Ibu Weny Indah Kusumawati, S.Kom., M.MT., selaku Dosen Pembimbing II yang memberikan dukungan penuh berupa motivasi dan saran bagi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian Tugas Akhir.
7. Ibu Ira Puspasari S.Si., M.T, selaku Dosen Pembahas yang memberikan saran bagi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian Tugas Akhir.
8. Rekan-rekan Demisioner serta pengurus Gerakan Peduli Sosial yang telah sudi melanjutkan pergerakan penulis dalam mengaktualisasikan peran mahasiswa kepada masyarakat melalui kegiatan sosial.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian Tugas Akhir.

Dalam laporan penelitian Tugas Akhir ini penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Nyeri Punggung / <i>Low Back Pain</i>	5
2.2 Rapid Upper Limb Assessment.....	6
2.3 <i>Complementary Filter</i>	8
2.4 Mikrokontroler	10
2.4.1 Node MCU	10
2.4.2 Port I/O Mikrokontroler.....	11
2.5 MySQL.....	13
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Analisis Kebutuhan Sistem	15
3.2 Prosedur Penelitian.....	16
3.3 Desain dan Perancangan Alat.....	17
3.3.1 Perancangan Perangkat Keras	17
3.3.2 Perancangan Program Alat Ukur	18
3.4 Implementasi Database	22

3.5 Implementasi Desain <i>Hardware</i>	22
3.6 Implementasi Desain Alat Ukur Sudut Punggung	24
3.7 Implementasi Tampilan <i>Website</i> Lokal.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Pengujian DS1307.....	25
4.1.1 Tujuan Pengujian DS1307.....	25
4.1.2 Alat yang Digunakan	25
4.1.3 Prosedur Pengujian DS1307	26
4.1.4 Hasil Pengujian DS1307.....	27
4.2 Pengujian Pengiriman Data NodeMCU ke <i>Database</i>	27
4.2.1 Tujuan Pengujian Pengiriman Data ke <i>Database</i>	27
4.2.2 Alat Yang Digunakan	28
4.2.3 Prosedur Pengujian Pengiriman Data ke <i>Database</i>	28
4.2.4 Hasil Pengujian Pengiriman Data.....	30
4.3 Pengujian <i>Noise</i> Perubahan Sudut MPU6050.....	31
4.3.1 Tujuan Pengujian <i>Noise</i> Perubahan Sudut MPU6050.....	31
4.3.2 Alat Yang Digunakan	32
4.3.3 Prosedur Pengujian <i>Noise</i> Perubahan Sudut MPU6050	32
4.3.4 Hasil Pengujian Pengiriman Data.....	34
4.4 Pengujian Ketepatan Sudut	35
4.4.1 Tujuan Pengujian Ketepatan.....	35
4.4.2 Alat Yang Digunakan	35
4.4.3 Prosedur Pengujian Ketepatan Sudut dan Waktu	36
4.4.4 Hasil Pengujian Ketepatan Sudut	38
4.5 Pengujian Sudut Pada Tubuh Manusia	39
4.5.1 Tujuan Pengujian Sudut Pada Tubuh Manusia.....	40
4.5.2 Alat Yang Digunakan	40
4.5.3 Prosedur Pengujian Sudut Pada Tubuh Manusia.....	40
4.5.4 Hasil Pengujian Sudut Pada Tubuh Manusia	41
4.6 Pengujian Ketahanan dan Kontinuitas Alat Ukur	45
4.6.1 Tujuan Pengujian Ketahanan dan Kontinuitas Alat Ukur ..	45

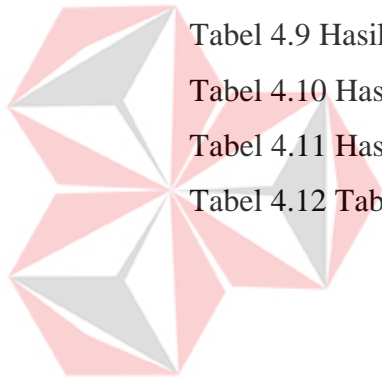
4.6.2	Alat Yang Digunakan	45
4.6.3	Prosedur Pengujian	46
4.6.4	Hasil Pengujian Ketahanan dan Kontinuitas Alat Ukur	47
BAB V	PENUTUP	49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN.....		53
BIODATA		92



UNIVERSITAS
Dinamika

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Skor bagian batang tubuh (<i>Trunk</i>)	8
Tabel 4.1 Konfigurasi pin DS1307	26
Tabel 4.2 Delay pengiriman data	31
Tabel 4.3 Konfigurasi pin DS1307	32
Tabel 4.4 Hasil pengujian perubahan sudut	34
Tabel 4.5 Konfigurasi pin MPU6050.....	36
Tabel 4.6 Parameter sudut pengujian	37
Tabel 4.7 Hasil pengujian ketepatan sudut	38
Tabel 4.8 Tabel pengujian sudut badan tegak.....	41
Tabel 4.9 Hasil pengujian sudut <i>antropometri</i> dan alat ukur.....	44
Tabel 4.10 Hasil pengujian responden 1	47
Tabel 4.11 Hasil pengujian responden 2.....	47
Tabel 4.12 Tabel saat koneksi terputus.....	48



UNIVERSITAS
Dinamika

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur ruas-ruas tulang belakang.....	6
Gambar 2.2 Postur bagian batang tubuh (<i>trunk</i>)	8
Gambar 2.3 <i>Complementary filter</i>	9
Gambar 2.4 <i>Datasheet</i> Node MCU ESP8266 V3	11
Gambar 2.5. IMU sensor MPU-6050	12
Gambar 2.6 Tampilan MySQL pada XAMPP	14
Gambar 3.1 Blok diagram sistem.....	15
Gambar 3.2 Tahapan penelitian.	16
Gambar 3.3 Skema rangkaian <i>hardware</i>	17
Gambar 3.4 Skema PCB MPU6050.....	18
Gambar 3.5 Skema PCB <i>microcontroller</i>	18
Gambar 3.6 <i>Flow chart</i> program.....	18
Gambar 3.7 Pengaturan SSID dan password <i>wireless</i>	19
Gambar 3.8 Cek aktivitas RTC	19
Gambar 3.9 Program pengambilan data <i>accelerometer</i> dan <i>gyroscope</i>	20
Gambar 3.10 Implementasi <i>complementary filter</i>	21
Gambar 3.11 Penerapan program RTC.....	21
Gambar 3. 12 Rangkaian <i>microcontroller</i>	22
Gambar 3. 13 Rangkaian MPU6050	22
Gambar 3. 14 Implementasi rangkaian <i>microcontroller</i>	23
Gambar 3.15 Desain <i>packaging microcontroller</i>	23
Gambar 3.16 Implementasi desain alat ukur sudut punggung	24
Gambar 4.1 Tampilan <i>serial monitor</i> deteksi waktu terkini	27
Gambar 4.2 Pembuatan tabel <i>database</i> pengujian	29
Gambar 4.3 Tampilan pengiriman data <i>serial monitor</i>	30
Gambar 4.4 Tampilan data diterima <i>database</i>	30
Gambar 4.5 Skema <i>wiring</i> MPU6050	33
Gambar 4. 6 Tampilan grafik <i>noise</i> pada <i>serial plotter</i>	34

Gambar 4.7 Busur pengujian.....	37
Gambar 4.8 Pengujian sudut 20°	43
Gambar 4.9 Pengujian sudut 45°	43
Gambar 4.10 Pengujian sudut 70°	43
Gambar 4.11 Pengujian sudut 60°	43



UNIVERSITAS
Dinamika

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Alur klasifikasi RULA.....	53
Lampiran 2 Desain <i>field tabel database</i>	55
Lampiran 3 Kode sumber WEB lokal.....	56
Lampiran 4 Tampilan <i>website</i> lokal.....	60
Lampiran 5 <i>Source code</i> pengujian DS1307.....	62
Lampiran 6 <i>Source code</i> pengujian pengiriman data.....	63
Lampiran 7 Fungsi uji kirim data.....	64
Lampiran 8 Hasil delay pengiriman data	65
Lampiran 9 <i>Source code</i> pengujian <i>noise</i> perubahan sudut.....	66
Lampiran 10 Hasil pengujian <i>noise</i> sudut.....	67
Lampiran 11 <i>Source code</i> pengujian ketepatan sudut dan uji sudut tubuh.....	69
Lampiran 12 Parameter pengujian ketetapan sudut	73
Lampiran 13 Hasil pengujian ketetapan sudut.....	74
Lampiran 14 Contoh posisi tegak responden.....	76
Lampiran 15 Kode sumber alat ukur sudut punggung.....	77
Lampiran 16 Hasil pengujian sudut badan tegak.....	83
Lampiran 17 Hasil pengujian ketahanan dan kontinuitas alat ukur	88

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Musculosketol disorder adalah suatu permasalahan sikap yang sering ditemui ditempat kerja, terutama yang berhubungan dengan ketahanan dan kekuatan tubuh manusia saat bekerja. Perancangan alat yang tidak ergonomi dan pekerjaan dengan beban berat yang mengakibatkan penggunaan tenaga badan secara berlebihan dan posisi badan yang salah seperti membungkuk, memutar dan membawa beban dapat memicu terjadinya keluhan *musculosketol* dan kelelahan badan (Pangaribuan, 2009). Karena gangguan pada otot punggung (*low back pain*), diperkirakan setidaknya 70% manusia menderita sakit punggung, baik *kronis* maupun *sporadis*. Di Indonesia jumlah penderita LBP diperkirakan antara 7,6% sampai 37% dari jumlah penduduk yang ada di Indonesia (Lailani, 2013).

RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*). RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) adalah metode penelitian untuk menginvestigasi kesalahan pada anggota badan atas (Wicaksana, 2017). Metode RULA dihitung dengan menggunakan tabel dari posisi tubuh dan tiga tabel untuk menetapkan skor dan nilai evaluasi faktor resiko. Faktor resiko akan diinvestigasi sebagai lima faktor beban eksternal yaitu: tenaga/kekuatan, jumlah pergerakan, penentuan posisi kerja, kerja otot *static*, waktu kerja tanpa istirahat (Rumbekwan, 2016).

Adapun proses perhitungan metode RULA hingga saat ini adalah dengan melakukan pengukuran *antropometri* tubuh. *Antropometri* dicatat melalui

pengambilan gambar dengan kamera untuk kemudian dilakukan perhitungan sudut pada setiap posisi kerja menggunakan busur (Isna, 2019). Dengan demikian nilai perhitungan yang didapatkan masih kurang akurat karena tidak semua posisi kerja dapat terfoto oleh kamera, sehingga diperlukan alat yang mampu membaca perubahan sudut punggung untuk mempermudah perhitungan metode RULA.

Alat ukur sudut punggung merupakan suatu alat pengukur sudut/ derajat perubahan posisi pada salah satu anggota badan bagian atas yaitu punggung, yang dirancang menggunakan sensor MPU-6050 dengan keluaran dalam satuan derajat. *Accelerometer* MPU-6050 sering digunakan untuk menghitung sudut kemiringan, dan hanya dapat melakukan dengan nyata ketika statis dan tidak bergerak. Agar mendapatkan sudut akurat kemiringan, *accelerometer* dapat dikombinasikan dengan *gyroscopoe* dan kombinasi data yang digunakan saat menghitung sudut, sehingga nilai sudut yang didapatkan lebih akurat (Firman, 2016).

Alat ukur sudut punggung ditempatkan pada punggung bagian atas sehingga dapat membaca perubahan sudut secara otomatis. Data sudut dalam satuan derajat dikirimkan ke *database* berdasarkan *interval* waktu perubahan sudut. Nilai perubahan sudut punggung tersebut dapat digunakan sebagai data untuk melengkapi salah satu tabel RULA, khususnya pada *trunk* tabel.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana cara MPU6050 mendeteksi perubahan sudut punggung dengan keluaran berupa satuan derajat?

2. Bagaimana cara sistem memperhitungkan skor sudut punggung berdasarkan metode RULA?

1.3 Batasan Masalah

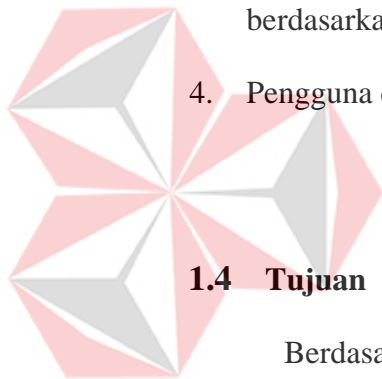
Ruang lingkup penelitian hanya akan dibatasi pada:

1. Klasifikasi skor batang tulang punggung berdasarkan ketentuan RULA.
2. Mengabaikan perhitungan penambahan skor batang tulang jika leher berputar/bengkok dan jika batang tulang bungkuk.
3. Keluaran alat hanya berupa interval waktu dan skor klasifikasi sudut punggung berdasarkan RULA.
4. Pengguna dalam pengujian adalah orang yang memiliki berat badan 45-55 Kg.

1.4 Tujuan

Berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari Tugas Akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Merancang alat yang mampu mendeteksi/mengukur sudut punggung dengan keluaran berupa satuan derajat.
2. Merancang alat yang mampu memperhitungkan skor sudut punggung berdasarkan metode RULA.



UNIVERSITAS
Dinamika

1.5 Manfaat

Manfaat penyusunan Tugas Akhir ini adalah untuk mempermudah tenaga medis dalam mendapatkan data sudut punggung (batang tulang) yang digunakan untuk melakukan perhitungan RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*).

1.6 Sistematika Penulisan

Pembahasan Tugas Akhir ini akan dibagi menjadi 5 (lima) garis besar bab pembahasan, yaitu sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas mengenai berbagai macam teori yang menunjang permasalahan. .

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini disajikan mengenai tahapan perancangan perangkat lunak dan perangkat keras dari alat ukur sudut punggung.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil pengujian dari alat ukur sudut punggung yang memberikan keluaran melalui serial monitor maupun *database*.

BAB V PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan hasil uji coba dan saran yang dapat digunakan sebagai masukan dalam pengembangan alat.

BAB II

LANDASAN TEORI

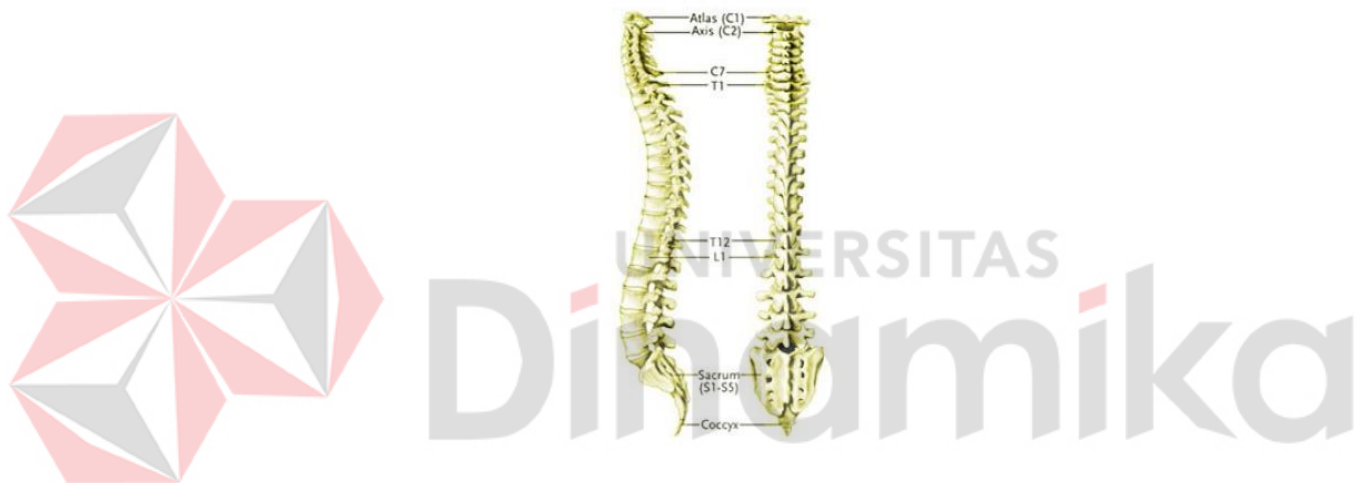
2.1 Nyeri Punggung / *Low Back Pain*

LBP (*low back pain*) merupakan salah satu keluhan yang dapat menurunkan produktivitas kerja manusia (Suharto, 2005). LBP jarang fatal namun nyeri yang dirasakan dapat membuat penderita mengalami penurunan kemampuan melakukan aktivitas sehari-hari, problema kesehatan kerja, dan banyak kehilangan jam kerja pada usia produktif maupun usia lanjut, sehingga merupakan alasan terbanyak dalam mencari pengobatan (Yudianta, 2007).

Analisis dari faktor sosial yang dilakukan oleh Toropstova, individu dan profesi menunjukkan hubungan antara nyeri pinggang dengan pendidikan rendah ($p<0,05$), status perkawinan ($p<0,05$), frekuensi mengangkat ($p<0,05$; OR=1,43), membungkukan badan selama bekerja ($p<0,01$; OR=1,66) begitu juga dengan olahraga yang kurang dengan intensitas merokok yang tinggi. Masa keluhan nyeri pinggang yang kurang dari 2 minggu adalah 88,2% dari seluruh pasien (Toroptsova NV, 1995). Sikap kerja mempunyai hubungan dengan keluhan nyeri punggung bawah. Sikap kerja membungkuk dan memutar selama bekerja sebagai faktor risiko nyeri punggung bawah menunjukkan bahwa sikap kerja membungkuk $>60^\circ$ memperbesar risiko nyeri punggung bawah sebesar 2,68 kali dibandingkan dengan pekerja dengan sikap badan tegak (Samara, 2004).

Biomekanik vertebra lumbal akibat perubahan titik berat badan dengan kompresi perubahan posisi tubuh dan akan menimbulkan nyeri. Ketegangan

(*strain*) otot dan keregangan (*sprain*) *ligamentum* tulang belakang. Bila seorang membungkuk dengan tungkai atas berada pada posisi 90° maka daerah *lumbal* belakang akan menjadi mendatar keluar yang dapat menimbulkan keadaan *kifosis*. Keadaan ini terjadi karena sendi panggul yang hanya berotasi sebesar 60° , mendesak *pelvis* untuk berotasi kebelakang sebesar 30° untuk menyesuaikan tungkai atas yang berada pada sisi 90° (Samara, 2004). Pada kasus yang parah, nyeri punggung dapat mempengaruhi paru-paru, saraf, dan organ lainnya, sehingga menyebabkan rasa sakit dan mempengaruhi kualitas hidup.



Gambar 2.1 Struktur ruas-ruas tulang belakang
(Sumber: Samara, 2004)

2.2 Rapid Upper Limb Assessment

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) merupakan suatu metode penelitian untuk menginvestigasi gangguan pada anggota badan bagian atas. Metode ini dirancang oleh Lynn Mc Atamney dan Nigel Corlett (1993) yang menyediakan sebuah perhitungan tingkatan beban *musculoskeletal* di dalam sebuah pekerjaan yang memiliki resiko pada bagian tubuh dari perut hingga leher atau anggota badan bagian atas (Corlett, 1993).

Metode ini tidak membutuhkan peralatan spesial dalam penetapan penilaian postur leher, punggung, dan lengan atas. Setiap pergerakan di beri skor yang telah ditetapkan. RULA dikembangkan sebagai suatu metode untuk mendeteksi postur kerja yang merupakan faktor resiko. Metode didesain untuk menilai para pekerja dan mengetahui beban *musculoskeletal* yang kemungkinan menimbulkan gangguan pada anggota badan atas.

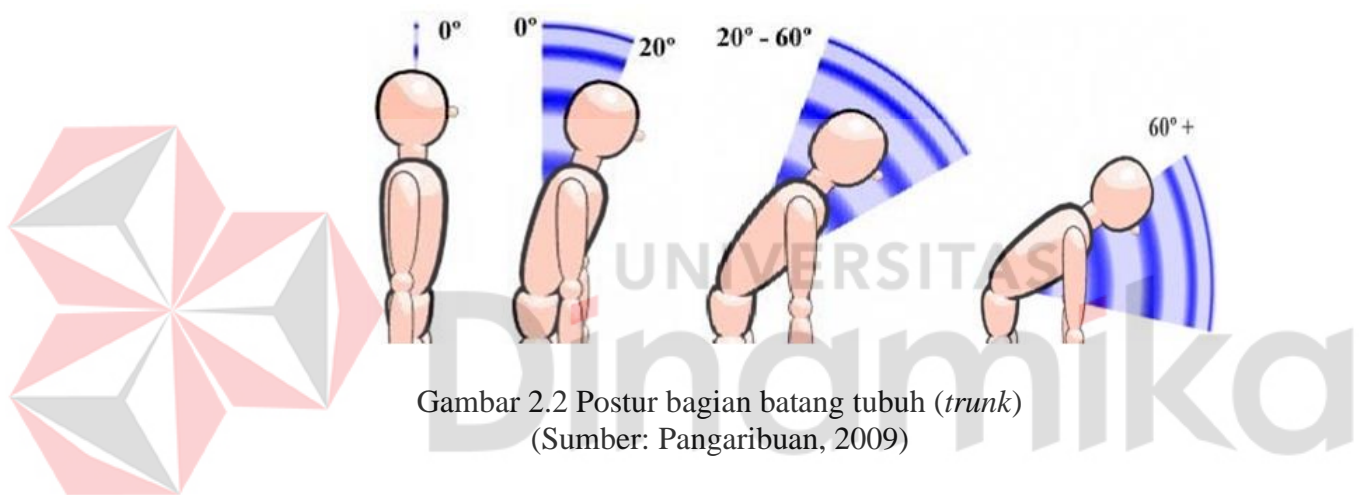
Dalam usaha untuk penilaian 4 faktor beban eksternal (jumlah gerakan, kerja otot statis, tenaga kekuatan dan postur), RULA dikembangkan untuk (Corlett, 1993):

1. Memberikan sebuah metode penyaringan suatu populasi kerja dengan cepat, yang berhubungan dengan kerja yang beresiko yang menyebabkan gangguan pada anggota badan bagian atas.
2. Mengidentifikasi usaha otot yang berhubungan dengan postur kerja, penggunaan tenaga dan kerja yang berulang-ulang yang dapat menimbulkan kelelahan otot.
3. Memberikan hasil yang dapat digabungkan dengan sebuah metode penilaian ergonomi yaitu epidemiologi, fisik, mental, lingkungan dan faktor organisasi.

Pengembangan dari RULA terdiri atas tiga tahapan yaitu :

1. Mengidentifikasi postur kerja
2. Sistem pemberian skor
3. Skala level tindakan yang menyediakan sebuah pedoman pada tingkat resiko yang ada dan dibutuhkan untuk mendorong penilaian yang melebihi detail berkaitan dengan analisis yang yang didapat.

Dalam mempermudah penilaian postur tubuh, maka tubuh dibagi atas 2 segmen grup yaitu grup A dan grup B. Pada penelitian ini penulis akan memberikan uraian tentang pembangian klasifikasi skor RULA yang terfokus pada tulang punggung (*trunk*) yang menjadi fokus penelitian. Adapun penilaian terhadap batang tubuh (*trunk*), merupakan penilaian terhadap sudut yang dibentuk tulang belakang tubuh saat melakukan aktivitas kerja dengan kemiringan yang sudah diklasifikasikan. Adapun klasifikasi kemiringan batang tubuh saat melakukan aktivitas kerja dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Postur bagian batang tubuh (*trunk*)
(Sumber: Pangaribuan, 2009)

Skor penilaian bagian batang tubuh (*trunk*) dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Skor bagian batang tubuh (*trunk*)

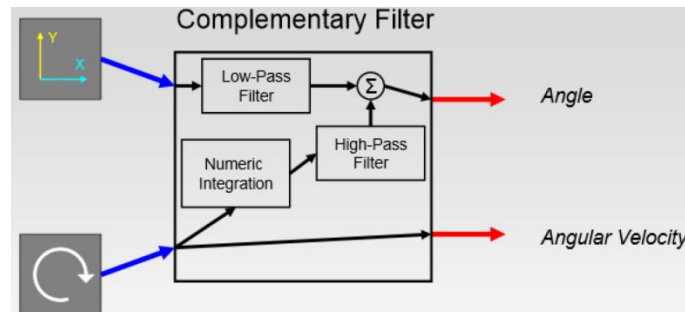
Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
Posisi normal (0^0)	1	+ 1 jika leher berputar/bengkok + 1 jika batang tubuh bungkuk
$>0 - \leq 20^0$	2	
$> 20 - \leq 60^0$	3	
$>60^0$	4	

(Sumber: Pangaribuan, 2009)

2.3 Complementary Filter

Complementary Filter adalah metode *filtering*, yang dapat berfungsi sebagai *filter* nilai sensor agar nilai tersebut memiliki *noise* yang kecil atau bahkan tidak ada, sehingga datanya akurat. Metode ini merupakan gabungan dari *high-pass*

filter yang berasal dari *output gyroscope* yang terintegrasi dan *low-pass filter* yang berasal dari *output accelerometer* yang telah diolah. Metode ini juga membutuhkan nilai waktu konstan dan waktu sampling untuk perhitungan nilai *alfa*, agar lebih jelasnya, berikut diagram blok pada *complementary filter* (Hidayat, 2014):



Gambar 2.3 *Complementary filter*
(Sumber: Hidayat, 2014)

Rumus *complementary filter*:

$$\text{Angle_X} = 0.93 * (\text{Angle_X} + (\text{gyro_Xrate} * dt)) + 0.07 * (\text{Roll}) \quad (2.1)$$

(V.P. Kodgirwar, 2014).

Konsep dasar dari penggunaan *complementary filter* yaitu mengalikan nilai *alfa* dengan operasi *gyroscope* untuk meninggikan nilai *gyroscope*, karena *gyroscope* memiliki nilai percepatan yang lambat, operasi pengalian nilai *alfa* dengan *gyro* ini disebut *High Pass*. Selanjutnya data *roll* yang didapat dari nilai *accelerometer* dikalikan dengan nilai $1 - \text{alfa}$ dengan tujuan mengendalikan nilai percepatan *accelerometer* agar lebih stabil, operasi pengalihan nilai *roll* dengan $1 - \text{alfa}$ disebut *Low Pass*. Hasil perhitungan *accelerometer* dan *gyroscope* dijumlahkan untuk didapatkan nilai sudut yang memiliki *noise* minimum.

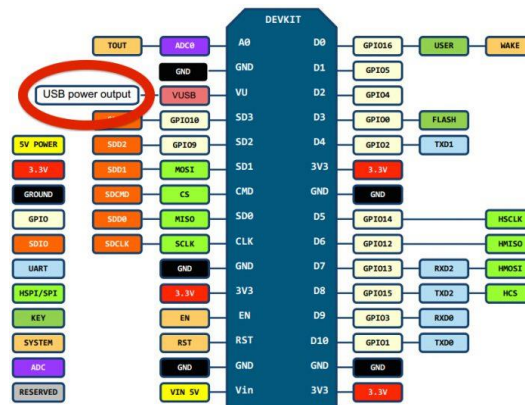
2.4 Mikrokontroler

Menurut Setiawan, mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (*Integrated Circuit*) yang dapat menerima sinyal *input*, mengolahnya dan memberikan sinyal *output* sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya (Setiawan, 2008). Sinyal *input* mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal *output* ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi secara sederhana mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang didalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur *input/output* (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde Gbyte, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde byte/Kbyte.

2.4.1 Node MCU

Mikrokontroller yang digunakan sebagai *master* pada Tugas Akhir ini adalah NodeMCU. NodeMCU adalah sebuah *platform* IoT yang bersifat *opensource*. Terdiri dari perangkat keras berupa *System On Chip* ESP8266 dari ESP8266 buatan *Esperessif System*. NodeMCU bisa dianalogikan sebagai *board* arduino yang terkoneksi dengan ESP8622. NodeMCU telah mem-*package* ESP8266 ke dalam sebuah *board* yang sudah terintergrasi dengan berbagai *feature* selayaknya

microcontroller dan kapasitas akses terhadap *wifi* dan juga *chip* komunikasi yang berupa *USB to serial*, sehingga dalam pemrograman hanya dibutuhkan kabel data USB (Syahwil, 2013).



Gambar 2.4 *Datasheet* Node MCU ESP8266 V3
(Sumber: www.handsontec.com)

2.4.2 Port I/O Mikrokontroler

Menurut (Taufiq, 2015), Port *input/output* (I/O) merupakan bagian atau fitur sebuah mikrokontroler yang memiliki fungsi untuk membangun komunikasi antara mikrokontroler dengan peranti masukan (*input*) atau peranti keluaran (*output*) eksternal. Port I/O mikrokontroler akan berfungsi sebagai jalur masukan/*input* adalah ketika port I/O dihubungkan dengan piranti masukan/*input*. Akan tetapi fungsi ini harus diatur (*setting*) secara program, yaitu dengan mengatur data *register* yang berhubungan dengan port I/O.

A. IMU Sensor MPU6050

Inertial Measurement Unit (IMU) merupakan alat yang memanfaatkan sistem pengukuran seperti *gyroscope* dan *accelerometer* untuk memperkirakan

posisi relatif, kecepatan, dan akselerasi dari gerakan motor. IMU adalah bagian dari *system navigasi* yang dikenal sebagai *Inertial Navigation System* atau INS. Pertama kali didemonstrasikan oleh C.S. Draper tahun 1949, IMU menjadi komponen navigasi umum dari bidang dan kapal. MPU-6050 adalah sebuah modul *Inertial Measurement Unit* (IMU) yang menggunakan chip MPU-6050 dari InvenSense. MPU-6050 sendiri adalah *chip* dengan 3-axis *accelerometer* (sensor percepatan) dan 3-axis *gyroscope* (pengatur keseimbangan), atau dengan kata lain 6 *degrees of freedom* (DOF) IMU.



Gambar 2.5. IMU sensor MPU-6050
(Sumber: www.makerlab-electronics.com)

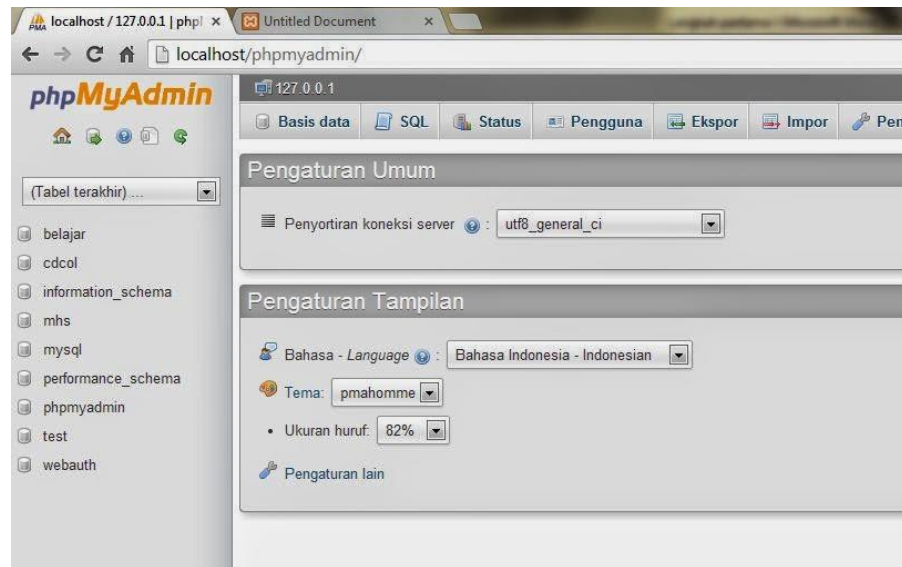
MPU 6050 adalah chip IC *inverse* yang didalamnya terdapat sensor *accelerometer* dan *gyroscope* yang sudah terintegrasi. *accelerometer* digunakan untuk mengukur percepatan, percepatan gerakan dan juga percepatan gravitasi. *Accelerometer* sering digunakan untuk menghitung sudut kemiringan, dan hanya dapat melakukan dengan nyata ketika statis dan tidak bergerak. Untuk mendapatkan sudut akurat kemiringan, sering dikombinasikan dengan satu atau lebih *gyroscopoe* dan kombinasi data yang digunakan untuk menghitung sudut. *Gyroscope* adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, yang berlandaskan pada prinsip-prinsip momentum sudut (Firman, 2016).

B. Real Time Clock (DS1307)

Real Time Clock (RTC) merupakan IC yang dibuat oleh perusahaan *Dallas Semi Conduktor*. IC ini memiliki kristal yang dapat mempertahankan frekuensinya dengan baik. *Real Time Clock* (RTC) merupakan suatu *chip* (IC) yang memiliki fungsi sebagai penyimpan waktu dan tanggal. DS1307 merupakan *Real Time Clock* (RTC) dengan jalur data *parallel* yang memiliki *interface serial two-wire* (I2C), sinyal luaran gelombang-kotak terprogram (*Programmable Squarewave*), deteksi otomatis kegagalan-daya (*power-fail*) dan rangkaian *switch*, konsumsi daya kurang dari 500nA menggunakan mode baterai cadangan dengan operasional *osilator*. Tersedia fitur industri dengan ketahanan suhu : -40°C hingga +85 °C. Tersedia dalam kemasan 8-pin DIP atau SOIC (Wibowo, 2015).

2.5 MySQL

MySQL adalah sebuah implementasi dari sistem manajemen basisdata relasional (RDBMS) yang didistribusikan secara gratis dibawah lisensi GPL (*General Public License*). Setiap pengguna dapat secara bebas menggunakan MySQL, namun dengan batasan perangkat lunak tersebut tidak boleh dijadikan produk turunan yang bersifat komersial. MySQL sebenarnya merupakan turunan salah satu konsep utama dalam basisdata yang telah ada sebelumnya; SQL (*Structured Query Language*). SQL adalah sebuah konsep pengoperasian basisdata, terutama untuk pemilihan atau seleksi dan pemasukan data, yang memungkinkan pengoperasian data dikerjakan dengan mudah secara otomatis (Zuliarso, 2012).



Gambar 2.6 Tampilan MySQL pada XAMPP
(Sumber: Koleksi pribadi)



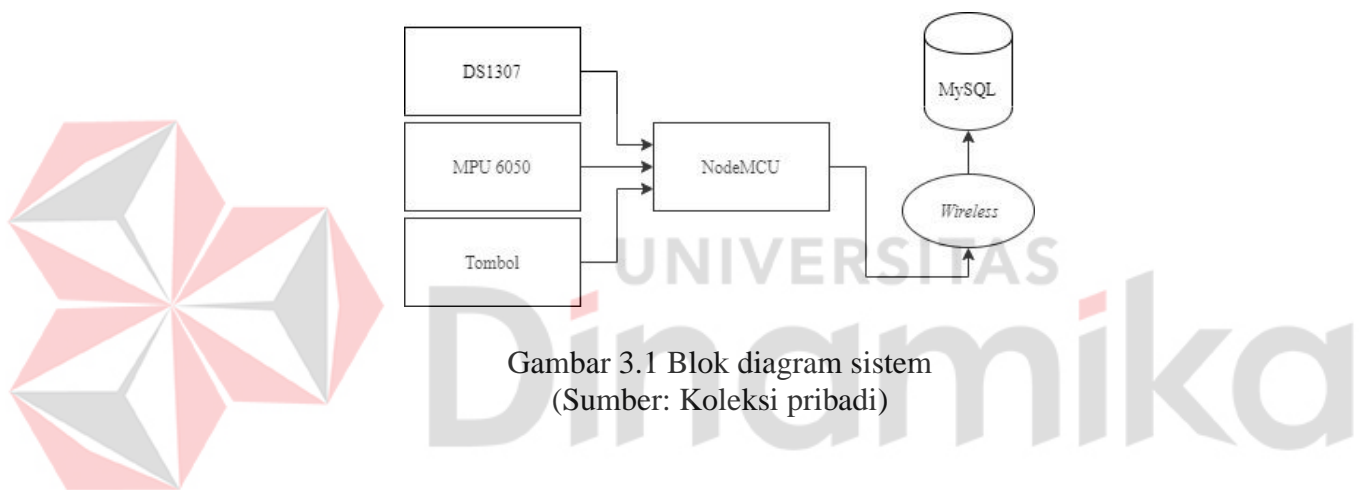
UNIVERSITAS
Dinamika

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Analisis Kebutuhan Sistem

Secara umum kebutuhan sistem dalam perancangan alat ukur sudut punggung untuk mempermudah perhitungan RULA menggunakan MPU 6050 dapat dilihat pada gambar 3.1.

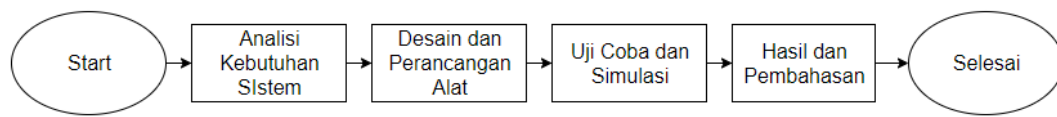


Gambar 3.1 Blok diagram sistem
(Sumber: Koleksi pribadi)

Pada Gambar 3.1. didapatkan beberapa bagian dari topologi sistem, dimana terdapat pusat kontrol berupa NodeMCU yang memiliki *input* berupa tombol, DS1307, dan MPU6050. Cara kerja dari alat ukur sudut punggung ini adalah dengan menerima instruksi dari tombol untuk memulai perhitungan, kemudian data sudut dalam satuan derajat yang diterima oleh NodeMCU dari MPU6050 yang diolah menggunakan metode *complementary filter*, akan diklasifikasikan sesuai dengan ketentuan RULA. Data klasifikasi skor dan *interval* waktu yang diperlukan saat bertahan pada skor tersebut akan dikirimkan oleh NodeMCU dengan komunikasi *wireless* kedalam MySQL yang berperan sebagai *unit output* dari alat ukur.

3.2 Prosedur Penelitian

Berikut ini adalah tahapan dari perancangan alat ukur sudut punggung untuk mempermudah perhitungan RULA menggunakan MPU 6050.



Gambar 3.2 Tahapan penelitian
(Sumber: Koleksi pribadi)

Pembahasan dari setiap langkah pada prosedur penelitian akan dijelaskan dibawah ini:

1. Analisis Kebutuhan Sistem

Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan sistem sebagai bagian dari studi awal bertujuan untuk mengidentifikasi masalah dan kebutuhan spesifik alat.

2. Desain dan Perancangan Sistem

Dari data yang sudah didapatkan dari analisis kebutuhan, pada tahap desain dan perancangan ini desain bisa berupa desain alur sistem kerja dan perancangan *software* maupun *hardware* yang akan memberikan gambaran jelas tentang *project* yang akan dibangun.

3. Uji Coba dan Simulasi

Simulasi bertujuan untuk melihat kinerja awal dari alat yang telah dirancang. Uji coba alat dilakukan untuk memperhitungkan akurasi dan ketepatan fungsi alat dalam melakukan perhitungan..

4. Hasil dan Pembahasan

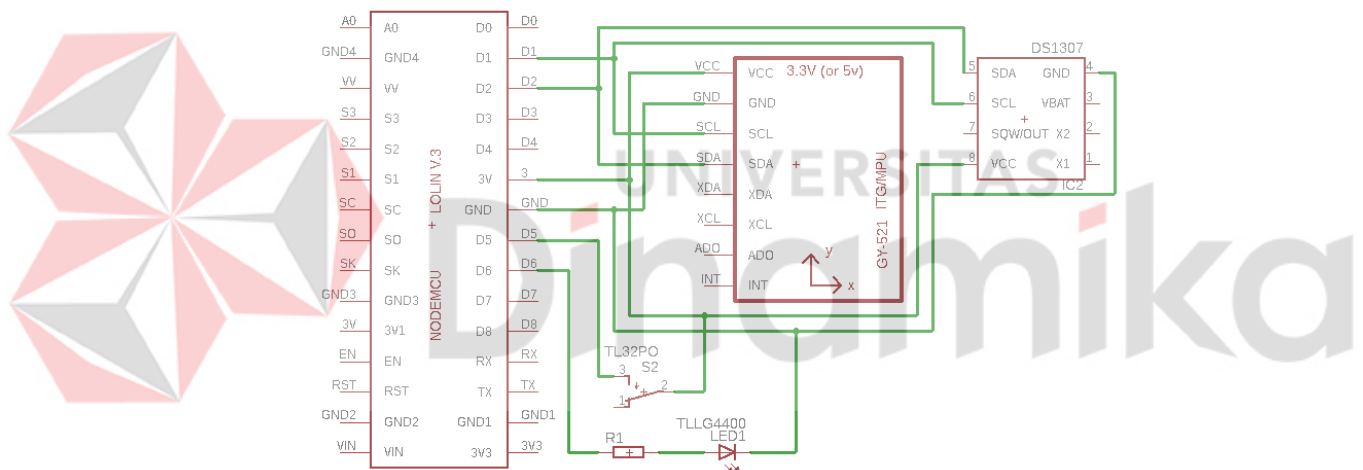
Tahap yang terakhir adalah analisis terhadap hasil dari semua yang telah dilakukan pada proses uji coba alat. Tolak ukur yang digunakan untuk

menganalisis adalah keberhasilan dan kesesuaian hasil dari sistem yang dirancang.

3.3 Desain dan Perancangan Alat

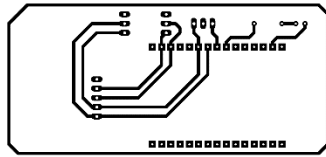
Desain dan perancangan alat ukur sudut punggung meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang akan dijelaskan pada setiap bagian.

3.3.1 Perancangan Perangkat Keras

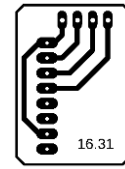


Gambar 3.3 Skema rangkaian *hardware*
(Sumber: Koleksi pribadi)

Pada perancangan perangkat keras tersebut MPU6050 GY 521 dihubungkan dengan topologi bus terhadap DS1307, hal tersebut dilakukan karena NodeMCU hanya memiliki sepasang *port* SDA dan SCL. Pin AD0 pada MPU6050 dihubungkan dengan VCC guna mendapatkan *modul address* yang berbeda dengan DS1307. Adapun skema rangkaian PCB dan hasil penerapan rangkaian, seperti gambar berikut.



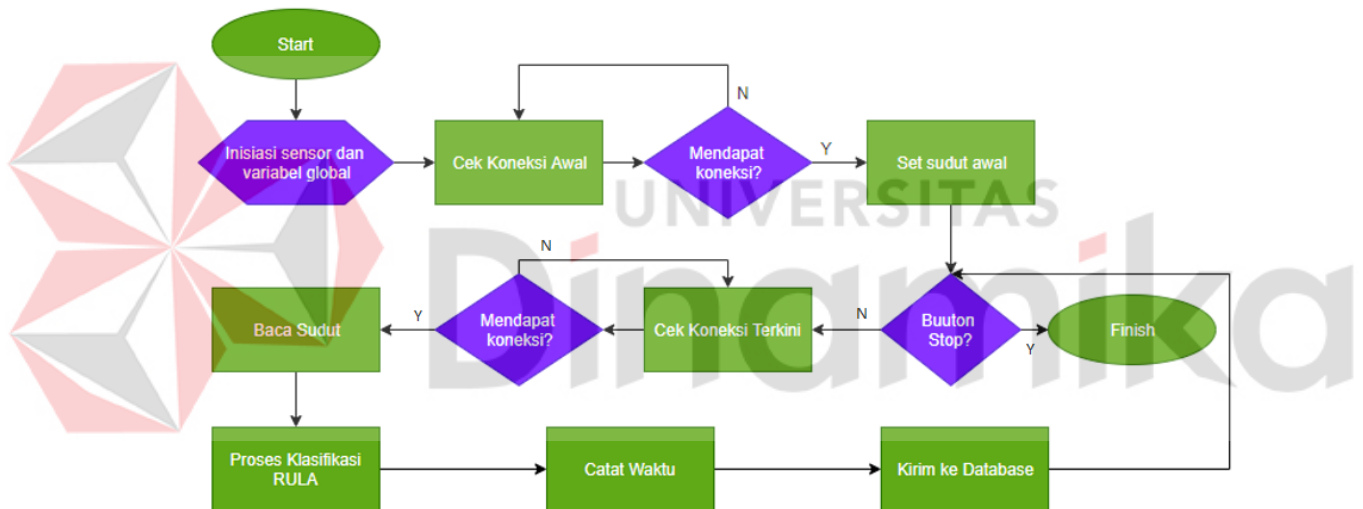
Gambar 3.5 Skema PCB *microcontroller*
(Sumber: Koleksi pribadi)



Gambar 3.4 Skema PCB MPU6050
(Sumber: Koleksi pribadi)

3.3.2 Perancangan Program Alat Ukur

Program alat ukur sudut punggung berjalan berdasarkan diagram alur proses sebagai berikut:




Gambar 3.6 *Flow chart* program
(Sumber: Koleksi pribadi)

Algoritma dimulai dengan menginisiasi sensor dan mendeklarasikan beberapa variabel untuk membantu perhitungan sistem. Selanjutnya sistem akan mencari koneksi *wireless* yang digunakan sebagai media komunikasi antara alat dengan *database* lokal. Waktu awal perhitungan terhitung sejak alat mendapatkan koneksi *wireless* yang selanjutnya akan membaca sudut punggung melalui *input* dari MPU 6050 yang merupakan set data awal pembacaan sudut. Data sudut yang

terbaca MPU 6050 akan dikelompokkan berdasarkan klasifikasi skor RULA. Sistem akan mencatat waktu yang dibutuhkan untuk bertahan dalam suatu *range* dimulai waktu awal memasuki *range* hingga berpindah ke *range* lain dengan menggunakan DS1307. Ketika terjadi perubahan *range* sudut maka sistem akan mengirimkan data perhitungan ke *database* MySQL melalui komunikasi *wireless*, apabila tombol *stop* ditekan maka perhitungan akan diakhiri.

A. Inisiasi Sensor

Berikut adalah inisialisasi sensor agar dapat digunakan sebagaimana mestinya:



```
Serial.begin(9600);
WiFi.disconnect();
WiFi.begin("gateway", "ripazhakjkszwj");
```

Gambar 3.7 Pengaturan SSID dan password *wireless*
(Sumber: Koleksi pribadi)

```
while (i2cRead(0x75, i2cData, 1));
if (i2cData[0] != 0x68) {
    Serial.print(F("Error reading sensor"));
    while (1);
}
```

Gambar 3.8 Cek aktivitas RTC
(Sumber: Koleksi pribadi)

B. Pengambilan Data MPU6050

MPU6050 merupakan suatu modul yang dapat diakses menggunakan komunikasi SDA dan SCL menggunakan pengalamatan I2C. Berikut adalah program yang digunakan untuk mengambil data *accelerometer* dan *gyroscope*:

```

while (i2cRead(0x3B, i2cData, 14));
accX = (int16_t)((i2cData[0] << 8) | i2cData[1]);
accY = (int16_t)((i2cData[2] << 8) | i2cData[3]);
accZ = (int16_t)((i2cData[4] << 8) | i2cData[5]);
tempRaw = (int16_t)((i2cData[6] << 8) | i2cData[7]);
gyroX = (int16_t)((i2cData[8] << 8) | i2cData[9]);
gyroY = (int16_t)((i2cData[10] << 8) | i2cData[11]);
gyroZ = (int16_t)((i2cData[12] << 8) | i2cData[13]);

```

Gambar 3.9 Program pengambilan data *accelerometer* dan *gyroscope*
(Sumber: Koleksi pribadi)

Dari gambar diatas dapat diketahui alamat *register* yang digunakan untuk mendapatkan nilai *accelerometer* adalah *register* 0x3B hingga 0x40, dan alamat *register* untuk mendapatkan nilai *gyroscope* adalah 0x43 hingga 0x48.

C. Perancangan *Complementary Filter*

Berikut adalah perancangan *complementary filter* guna mendapatkan nilai sudut dengan *noise* kecil. Rumus *complementary filter* sebagai berikut:

$$\text{Angle_X} = 0.93 * (\text{Angle_X} + (\text{gyro_Xrate} * dT)) + 0.07 * (\text{Roll}) \quad (3.1)$$

Keterangan:

Angle_X : nilai *complementary filter*

gyro_Xrate : keluaran *gyroscope*

dT : delta time

Acc_X : keluaran *accelerometer* (V.P. Kodgirwar, 2014)

Dari pemaparan rumus tersebut diperlukan nilai *Roll* dan gyro_Xrate.

Berikut adalah rumus untuk mendapatkan nilai *roll* dan gyro_Xrate:

$$\text{Roll} = \arctan(y/z) * (180/\pi) \quad (3.2)$$

y : Percepatan gravitasi di sumbu y (dalam satuan g)

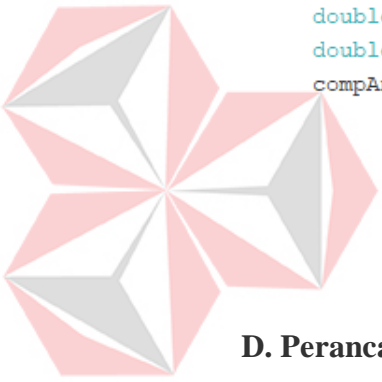
z : Percepatan gravitasi di sumbu z (dalam satuan g) (Hidayat, 2014)

$$\text{Gyro_Xrate} = \text{gyroX} / 131.0 \quad (3.3)$$

gyroX : Nilai *gyro* pada sumbu x

130.0 : Faktor pembagi (LBS) (Hidayat, 2014)

Untuk melakukan konversi ke deteksi kecepatan sudut, *output gyroscope* harus dibagi dengan faktor pembagi yang berbeda pada setiap skala yang dipilih. Karena *microcontroller* yang digunakan memiliki skala pembacaan 250 °/s maka diperluka faktor pembagi sebesar 131 LSB/deg/s. Berikut adalah implementasi program *complementary filter* pada program Arduino IDE.



```
double roll = atan2(accY, accZ) * RAD_TO_DEG;
double gyroXrate = gyroX / 131.0;
compAngleX = 0.93 * (compAngleX + gyroXrate * dt) + 0.07 * roll;
```

Gambar 3.10 Implementasi *complementary filter*
(Sumber: Koleksi pribadi)

D. Perancangan Program DS3017

Lama waktu yang dibutuhkan untuk bertahan pada suatu range pergerakan tulang punggung yang dihitung DS1307 selanjutnya dikirim ke *database*. Berikut adalah penerapan program DS3017:

```
jam_awal[1]=now.hour();
menit_awal[1]=now.minute();
detik_awal[1]=now.second();
```

Gambar 3.11 Penerapan program RTC
(Sumber: Koleksi pribadi)

E. Alur Klasifikasi RULA

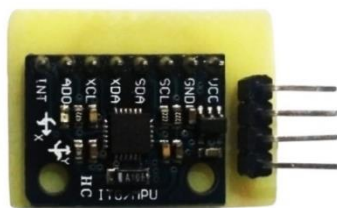
Penentuan skor perubahan sudut punggung didapatkan oleh MPU6050 berdasarkan ketentuan klasifikasi metode *Rapid Upper Limb Assessment*. Adapun proses klasifikasi yaitu memberikan skor 1 ketika sudut punggung bernilai 0° , skor 2 ketika sudut bernilai kurang dari 0° hingga 20° , skor 3 ketika sudut kurang dari 20° hingga 60° , dan pemberian skor 4 jika sudut lebih dari 60° . Adapun alur klasifikasi terdapat pada lampiran 1.

3.4 Implementasi Database

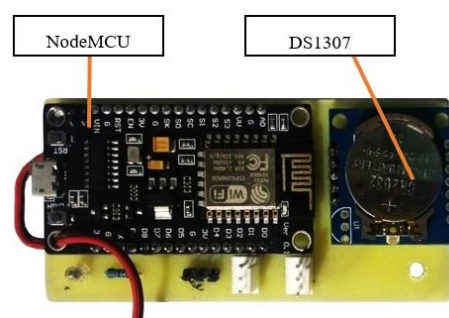
Database yang digunakan oleh alat ini yaitu MySQL. Adapun field yang digunakan pada tabel *database* antara lain *id_update*, *range_update*, *skor_update*, *awal_update*, *akhir_update*, dan *dt_update*. *id_update* merupakan *primary key* dengan tipe data *integer*, dan variabel lainnya menggunakan tipe data *varchar* seperti pada lampiran 2.

3.5 Implementasi Desain Hardware.

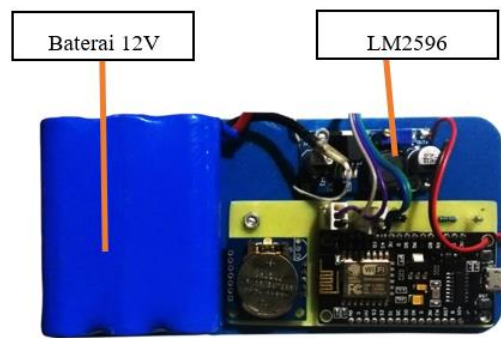
Implementasi rangkaian MPU6050 dan *microcontroller* sebagai berikut:



Gambar 3. 13 Rangkaian MPU6050
(Sumber: Koleksi pribadi)



Gambar 3. 12 Rangkaian *microcontroller*
(Sumber: Koleksi pribadi)



Gambar 3. 14 Implementasi rangkaian *microcontroller*
(Sumber: Koleksi pribadi)

Pada Gambar 3.14 terdapat baterai 12 V yang digunakan sebagai sumber tegangan alat ukur sudut punggung. Namun karena NodeMCU bekerja dengan menggunakan catu daya 5 V maka diperlukan modul *step-down* LM2596 yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari 12 V menjadi 5V.



Gambar 3.15 Desain *packaging microcontroller*
(Sumber: Koleksi pribadi)

Pada Gambar 3.15 terdapat tombol power yang berfungsi untuk meghidupkan maupun mematikan alat dan tombol *start/finish* yang digunakan untuk memulai dan mengakhiri pengukuran sudut punggung. Desain *pacakaging* alat ukur dirancang seperti *handband* untuk mempermudah pergerakan pengguna.

3.6 Implementasi Desain Alat Ukur Sudut Punggung

Untuk mendapatkan nilai sudut punggung yang tepat, alat ukur sudut punggung dilengkapi dengan rompi/korset dengan sensor MPU6050 dibagian punggung, selain untuk mendapatkan sudut yang akurat rompi tersebut juga berfungsi sebagai penjaga postur tubuh. Korset yang digunakan oleh penulis adalah korset khusus penegak badan dengan ukuran M yang dapat digunakan pengguna dengan berat badan 45-55 Kg.



Gambar 3.16 Implementasi desain alat ukur sudut punggung
(Sumber: Koleksi pribadi)

3.7 Implementasi Tampilan Website Lokal

Perancangan web lokal berfungsi untuk menampilkan data hasil perhitungan yang meliputi menu abstrak, *update*, dan *between*. Untuk membuat tampilan web *local*, penulis membuat program dengan ekstensi .php seperti pada lampiran 3, dan selanjutnya disimpan pada folder yang sama pada direktori *htdocs*. Adapun tampilan *website* dapat dilihat pada lampiran 4.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam tahap pengujian sistem terbagi menjadi beberapa bagian uji coba untuk mengetahui kinerja dari alat ukur sudut punggung.

4.1 Pengujian DS1307

Pengujian dilakukan dengan meng-*upload* program untuk mendapatkan nilai waktu dan ditampilkan pada serial monitor. DS1307 yang berfungsi dengan baik dapat memperoleh nilai waktu terkini, tidak terjadi *error* dan dapat ditampilkan pada *serial monitor*.

4.1.1 Tujuan Pengujian DS1307

Untuk memastikan DS1307 yang digunakan dapat berfungsi dengan baik dan dalam kondisi optimal, sehingga ketika digunakan pada alat ukur sudut punggung dapat memberikan hasil yang maksimal.

4.1.2 Alat yang Digunakan

Berikut adalah alat yang dibutuhkan dalam pengujian ini:

- | | |
|---|--------------------------------|
| a. PC (<i>Personal Computer</i>)/Laptop | d. <i>Software</i> Arduino IDE |
| b. NodeMCU ESP8266 V3 | e. Modul DS1307 |
| c. Kabel USB to <i>Micro</i> | |

4.1.3 Prosedur Pengujian DS1307

1. Menghubungkan pin SDA/SCL DS1307 dengan pin SDA/SCL NodeMCU, pin VCC, dan pin GND menggunakan kabel jumper sesuai tabel berikut:

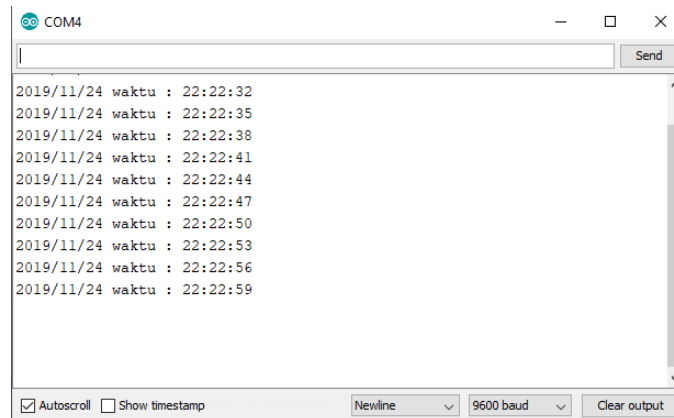
Tabel 4.1 Konfigurasi pin DS1307

DS 1307	NodeMCU
SDA	D2
SCL	D1
VCC	VCC
GND	GND

(Sumber: Koleksi pribadi)

2. Menghubungkan NodeMCU ke komputer/laptop menggunakan kabel USB.
3. Membuka *software* Arduino IDE, lalu membuat program untuk membaca nilai waktu terkini. Adapun program pengujian DS1307 terdapat pada lampiran 5.
4. Menekan tombol *Verify*, apabila tidak memunculkan pesan *error* atau peringatan maka program siap untuk di-*upload* ke NodeMCU dengan cara menekan tombol *upload*. Program dinyatakan berhasil di-*upload* jika terdapat status *Done Uploading* pada jendela pesan.
5. Membuka jendela *serial monitor* dengan menekan tombol yang terletak paling kanan pada *toolbar* Arduino IDE, atau dapat dengan menekan kombinasi Ctrl+Shift+M.
6. Selanjutnya mengamati data yang muncul pada jendela *serial monitor*.

4.1.4 Hasil Pengujian DS1307



Gambar 4.1 Tampilan *serial monitor* deteksi waktu terkini
(Sumber: Koleksi pribadi)

Hasil yang didapatkan oleh serial monitor tampak pada gambar 4.1, menunjukkan program yang di-*upload* berhasil dijalankan dengan baik dan mendapatkan nilai waktu terkini dengan akurat. Berdasarkan pengujian DS1307 dinyatakan dapat berfungsi dengan baik dan tepat.

4.2 Pengujian Pengiriman Data NodeMCU ke *Database*

Pengujian dilakukan dengan meng-*upload* program untuk mengetahui keberhasilan pengiriman data ke *database* dan menampilkan data pada *serial monitor*. Pengujian pengiriman data yang baik adalah yang dapat mengirimkan data ke *database* sesuai dengan kode sumber yang di-*upload* pada NodeMCU.

4.2.1 Tujuan Pengujian Pengiriman Data ke *Database*

Untuk memastikan ESP8266 pada NodeMCU yang digunakan dapat berfungsi dengan baik dan dalam kondisi optimal dengan mengirimkan data dari

NodeMCU ke *database*, sehingga pengiriman data yang digunakan pada alat ukur sudut punggung dapat memberikan hasil yang maksimal.

4.2.2 Alat Yang Digunakan

Berikut adalah alat yang dibutuhkan dalam pengujian ini:

- | | |
|---|--|
| a. PC (<i>Personal Computer</i>)/Laptop | e. <i>Software</i> XAMPP |
| b. NodeMCU ESP8266 V3 | f. <i>Software Text Editor</i> /Sublim |
| c. Kabel USB to <i>Micro</i> | g. <i>Software</i> Google Chrome |
| d. <i>Software</i> Arduino IDE | |

4.2.3 Prosedur Pengujian Pengiriman Data ke Database

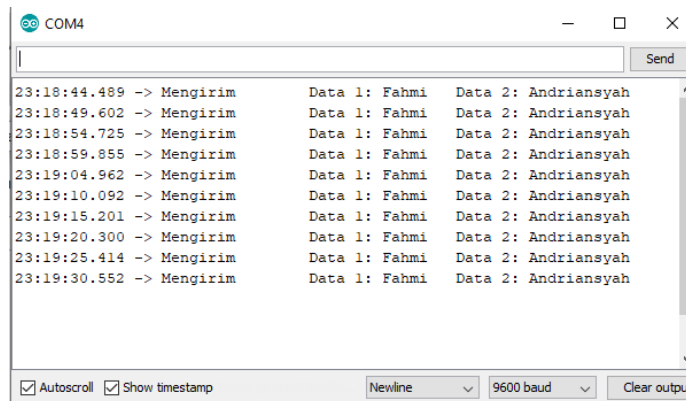
1. Membuka *software* XAMPP kemudian mengaktifkan menu MySQL dengan menekan tombol *start* MySQL, berfungsi untuk melakukan pengolahan *database* MySQL pada paket XAMPP.
2. Membuka *software* Google Chrome (*browser*) dan mengakses link: <http://localhost/phpmyadmin/> untuk melakukan pengolahan *database*.
3. Membuat *database* dan tabel baru sebagai media penyimpanan data. Sebagai contoh penulis menyertakan gambar pembuatan struktur tabel *database*:

Nama	Jenis	Panjang/Nilai	Bawaan	Penyortiran	Atribut	Kosong
id	INT	11	Tidak ada			<input checked="" type="checkbox"/>
Pick from Central Columns						
data1	VARCHAR	20	Tidak ada	latin1_swedish_c		<input type="checkbox"/>
Pick from Central Columns						
data2	VARCHAR	20	Tidak ada	latin1_swedish_c		<input type="checkbox"/>
Pick from Central Columns						
waktu	TIMESTAMP		CURRENT_TIME		on update	<input type="checkbox"/>
Pick from Central Columns						

Gambar 4.2 Pembuatan tabel *database* pengujian
(Sumber: Koleksi pribadi)

4. Membuka *software* Arduino IDE, lalu membuat program seperti pada lampiran 6, untuk mengirimkan *multiple* data string dengan selang waktu 5 detik dari NodeMCU ke database dengan nama database “data” dan nama tabel “coba”.
5. Menekan tombol *Verify*, apabila tidak memunculkan pesan *error* atau peringatan maka program siap untuk di-*upload* ke NodeMCU dengan cara menekan tombol *upload*. Program dinyatakan berhasil di-*upload* jika terdapat status *Done Uploading* pada jendela pesan.
6. Membuka *software* sublime, lalu membuat program untuk memberikan koneksi data dan fungsi *instert* dari NodeMCU ke *database* seperti pada lampiran 7. Selanjutnya menyimpan program dengan nama *connect.php* pada direktori C:\xampp\htdocs.
7. Mengaktifkan *gateway/access point* dengan SSID dan *password* yang telah disesuaikan dengan kode sumber NodeMCU.
8. Mengamati hasil yang ditampilkan pada *serial monitor* dan tabel *database*.

4.2.4 Hasil Pengujian Pengiriman Data



Gambar 4.3 Tampilan pengiriman data *serial monitor*
(Sumber: Koleksi pribadi)

	id	data1	data2	waktu
<input type="checkbox"/> Ubah <input type="checkbox"/> Salin <input type="checkbox"/> Hapus	1	Fahmi	Andriansyah	2019-12-17 23:18:44
<input type="checkbox"/> Ubah <input type="checkbox"/> Salin <input type="checkbox"/> Hapus	2	Fahmi	Andriansyah	2019-12-17 23:18:49
<input type="checkbox"/> Ubah <input type="checkbox"/> Salin <input type="checkbox"/> Hapus	3	Fahmi	Andriansyah	2019-12-17 23:18:54
<input type="checkbox"/> Ubah <input type="checkbox"/> Salin <input type="checkbox"/> Hapus	4	Fahmi	Andriansyah	2019-12-17 23:18:59
<input type="checkbox"/> Ubah <input type="checkbox"/> Salin <input type="checkbox"/> Hapus	5	Fahmi	Andriansyah	2019-12-17 23:19:04
<input type="checkbox"/> Ubah <input type="checkbox"/> Salin <input type="checkbox"/> Hapus	6	Fahmi	Andriansyah	2019-12-17 23:19:10
<input type="checkbox"/> Ubah <input type="checkbox"/> Salin <input type="checkbox"/> Hapus	7	Fahmi	Andriansyah	2019-12-17 23:19:15
<input type="checkbox"/> Ubah <input type="checkbox"/> Salin <input type="checkbox"/> Hapus	8	Fahmi	Andriansyah	2019-12-17 23:19:20
<input type="checkbox"/> Ubah <input type="checkbox"/> Salin <input type="checkbox"/> Hapus	9	Fahmi	Andriansyah	2019-12-17 23:19:25
<input type="checkbox"/> Ubah <input type="checkbox"/> Salin <input type="checkbox"/> Hapus	10	Fahmi	Andriansyah	2019-12-17 23:19:30

Gambar 4.4 Tampilan data diterima *database*
(Sumber: Koleksi Pribadi)

Dari kedua gambar tersebut didapatkan nilai waktu saat pengiriman dilakukan oleh *microcontroller* dan saat data diterima oleh *database*, dikarenakan MySQL hanya mampu membaca nilai waktu maksimal dalam satuan detik maka analisis proses pengirimian data akan didasarkan pada skala satuan detik. Untuk mempermudah proses analisis waktu pengiriman data maka akan ditampilkan sebagaimana tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Delay pengiriman data

No	Waktu Mengirim (Serial Monitor)	Waktu Diterima (MySQL)	Time Delay (s)
1	23:18:44	23:18:44	0
2	23:18:49	23:18:49	0
.	.	.	.
.	.	.	.
10	23:18:30	23:18:30	0

(Sumber: Koleksi pribadi)

Berdasarkan pengujian pengiriman data dinyatakan dapat berfungsi dengan baik dan tidak terdapat permasalahan tentang delay pengiriman data ke *database* dengan *time delay* sebesar 0 dalam satuan detik, untuk hasil delay pengiriman data yang lengkap terdapat pada lampiran 8.

4.3 Pengujian *Noise* Perubahan Sudut MPU6050

Pengujian dilakukan dengan mencari nilai perubahan sudut terbaik melalui perbandingan metode *complementary filter* dan data *roll* menggunakan sensor MPU6050. Nilai perubahan sudut terbaik adalah perubahan sudut yang memiliki nilai *noise* terkecil, metode terbaik akan diterapkan pada alat ukur sudut punggung.

4.3.1 Tujuan Pengujian *Noise* Perubahan Sudut MPU6050

Untuk menentukan metode terbaik dalam mendapatkan nilai perubahan sudut dengan menggunakan sensor MPU6050, sehingga ketika metode digunakan pada alat ukur sudut punggung dapat memberikan hasil yang maksimal.

4.3.2 Alat Yang Digunakan

Berikut adalah alat yang dibutuhkan dalam pengujian ini:

- | | |
|---|--------------------------------|
| a. PC (<i>Personal Computer</i>)/Laptop | d. <i>Software</i> Arduino IDE |
| b. NodeMCU ESP8266 V3 | e. Sensor MPU6050 |
| c. Kabel USB to <i>Micro</i> | f. Kabel <i>Jumper</i> |

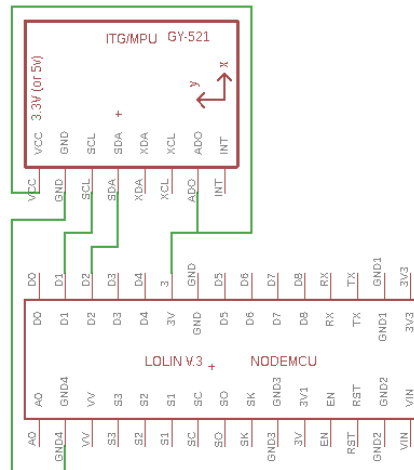
4.3.3 Prosedur Pengujian *Noise* Perubahan Sudut MPU6050

1. Menghubungkan pin SDA/SCL MPU6050 dengan pin SDA/SCL NodeMCU, pin VCC, dan pin GND, sekaligus menghubungkan pin AD0 MPU6050 pada VCC untuk mendapatkan *device address* yang berbeda dengan DS1307 menggunakan kabel jumper sesuai tabel berikut:

Tabel 4.3 Konfigurasi pin DS1307

MPU6050	NodeMCU
SDA	D2
SCL	D1
VCC	VCC
AD0	VCC
	GND

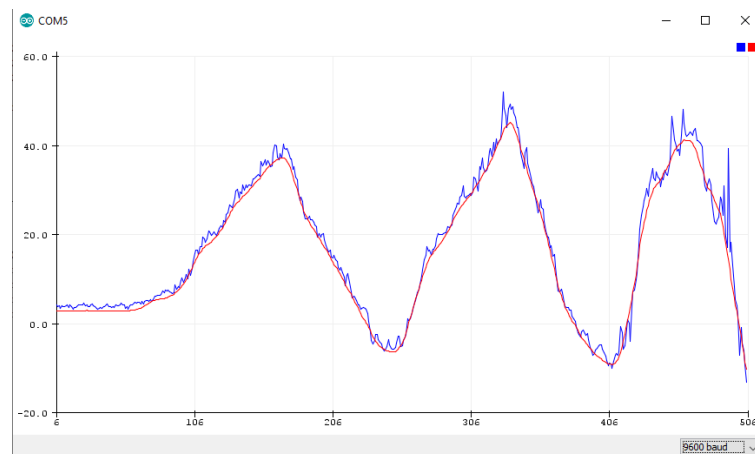
(Sumber: Koleksi pribadi)



Gambar 4.5 Skema *wiring* MPU6050
(Sumber: Koleksi Pribadi)

2. Menghubungkan NodeMCU ke komputer/laptop menggunakan kabel USB.
3. Membuka *software* Arduino IDE, lalu membuat program untuk membaca data MPU6050 melalui metode *Complementary Filter* dan *Roll* sebagaimana terlampir pada lampiran 9.
4. Menyimpan kedua file tersebut dalam ekstensi *.ino* dalam satu folder. Selanjutnya menekan tombol *Verify*, apabila tidak memunculkan pesan *error* atau peringatan maka program siap untuk di-*upload* ke NodeMCU dengan cara menekan tombol *upload*. Program dinyatakan berhasil di-*upload* jika terdapat status *Done Uploading* pada jendela pesan.
5. Membuka jendela *serial plotter* dengan menekan tombol yang terletak paling kanan pada *toolbar* Arduino IDE, atau dapat dengan menekan kombinasi Ctrl+Shift+L.
6. Selanjutnya mengamati data grafik yang muncul pada jendela *serial monitor*.

4.3.4 Hasil Pengujian Pengiriman Data



Gambar 4. 6 Tampilan grafik *noise* pada *serial plotter*
(Sumber: Koleksi pribadi)

Keterangan:

Grafik biru = data *roll* (°)

Grafik Merah = sudut *complementary filter* (°)

Sumbu x = waktu proses (ms)

Sumbu y = parameter sudut (°)

Pada visualisasi data sudut tersebut dapat dilihat bahwa grafik biru memiliki noise yang tinggi sedangkan grafik merah memiliki *noise* minimum. Perubahan nilai sudut dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil pengujian perubahan sudut

No	Nilai Roll (°)	Nilai Complementary Filter (°)
1	5,64	2,79
2	5,69	3,57
.	.	.
.	.	.
42	-28,71	15,96

(Sumber: Koleksi pribadi)

Untuk data keseluruhan dapat dilihat pada lampiran 10. Dengan demikian dapat disimpulkan metode *complementary filter* lebih baik untuk digunakan pada

penelitian ini karena memiliki *noise* yang lebih kecil dan halus dari pada pengambilan sudut melalui data *roll*, sehingga penulis memilih metode *complementary filter* untuk diterapkan pada alat ukur sudut punggung.

4.4 Pengujian Ketepatan Sudut

Pengujian dilakukan dengan meng-*upload* program untuk mendapatkan nilai sudut menggunakan metode *complementary filter* dengan sensor MPU6050. Nilai sudut yang baik adalah sudut yang didapatkan oleh MPU6050 sama dengan perhitungan manual menggunakan busur sudut/*goniometer*.

4.4.1 Tujuan Pengujian Ketepatan

Untuk menentukan akurasi perhitungan sudut pada alat ukur sudut punggung, sehingga ketika alat ukur sudut punggung digunakan oleh pengguna dapat memberikan hasil yang maksimal.

4.4.2 Alat Yang Digunakan

Berikut adalah alat yang dibutuhkan dalam pengujian ini:

- | | |
|---|-----------------------------------|
| a. PC (<i>Personal Computer</i>)/Laptop | e. Sensor MPU6050 |
| b. NodeMCU ESP8266 V3 | f. Kabel <i>Jumper</i> |
| c. Kabel USB to <i>Micro</i> | g. Busur sudut/ <i>goniometer</i> |
| d. <i>Software</i> Arduino IDE | h. <i>Stopwatch</i> |

4.4.3 Prosedur Pengujian Ketepatan Sudut dan Waktu

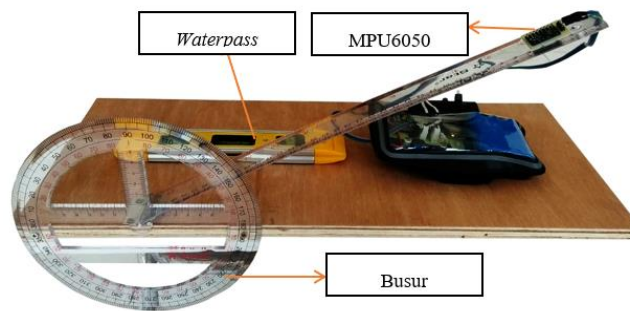
1. Menghubungkan pin SDA/SCL MPU6050 dengan pin SDA/SCL NodeMCU, pin VCC, dan pin GND, sekaligus menghubungkan pin AD0 MPU6050 pada VCC untuk mendapatkan *device address* yang berbeda dengan DS1307 menggunakan kabel jumper sesuai tabel berikut:

Tabel 4.5 Konfigurasi pin MPU6050

MPU6050	NodeMCU
SDA	D2
SCL	D1
VCC	VCC
AD0	VCC
GND	GND

(Sumber: Koleksi pribadi)

2. Menghubungkan NodeMCU ke komputer/laptop menggunakan kabel USB.
3. Membuka *software* Arduino IDE, lalu membuat program untuk membaca data MPU6050 melalui metode *Complementary Filter* seperti pada lampiran 11.
4. Selanjutnya menekan tombol *Verify*, apabila tidak memunculkan pesan *error* atau peringatan maka program siap untuk di-*upload* ke NodeMCU dengan cara menekan tombol *upload*. Program dinyatakan berhasil di-*upload* jika terdapat status *Done Uploading* pada jendela pesan.
5. Mempersiapkan alat pengujian berupa busur sudut dan menempatkan sensor MPU6050 pada batang alat uji untuk mengetahui nilai sudut kemiringan seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.7 Busur pengujian
(Sumber: Koleksi pribadi)

6. Pada gambar 4.7 terdapat busur yang berfungsi sebagai pembanding nilai sudut yang didapatkan MPU6050 dengan perhitungan manual, *waterpass* berfungsi sebagai penentu kedataran bidang, dan MPU6050 yang berfungsi sebagai sensor pembaca sudut.
7. Mempersiapkan *stopwatch* sebagai pewaktu durasi proses pengujian.
8. Menentukan sudut-sudut pengujian sebagai berikut/ terdapat pada lampiran 12:

Tabel 4.6 Parameter sudut pengujian

No	Sudut Busur	Durasi Pengujian	Jumlah Pengujian
1	0°	10 detik	5 kali
2	5°	10 detik	5 kali
.	.	.	.
.	.	.	.
14	65°	15 detik	5 kali

(Sumber: Koleksi pribadi)

9. Membuka jendela *serial monitor* dengan menekan tombol yang terletak paling kanan pada *toolbar* Arduino IDE, atau dapat dengan menekan kombinasi Ctrl+Shift+M.
10. Melakukan pengujian terhadap setiap parameter sudut yang ditentukan dengan durasi 10 detik dan dilakukan pengujian sebanyak 5 kali untuk tiap parameter.

11. Selanjutnya mengamati data sudut yang muncul pada jendela *serial monitor* dan dibandingkan dengan perhitungan sudut.
12. Menghitung nilai rata-rata dari hasil pengujian sudut tiap parameter menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata sudut} = \frac{\text{hasil uji ke 1} + \text{ke 2} + \text{ke 3} + \text{ke 4} + \text{ke 5}}{\text{jumlah pengujian}}$$

4.4.4 Hasil Pengujian Ketepatan Sudut

Data dari MPU6050 dapat diterima oleh nodeMCU dan dapat ditampilkan pada *serial monitor* dengan mengeluarkan nilai waktu dan sudut yang terbaca oleh sensor. Berikut penulis sertakan hasil pengujian ketepatan sensor MPU6050 dibandingkan dengan perhitungan manual menggunakan busur sesuai parameter yang telah ditetapkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil pengujian ketepatan sudut

No	Sudut Busur	Pengujian Ke-	Sudut MPU6050	Waktu Stopwatch	Rata-rata Sudut	Simpangan
1	0°	1	0°	10 detik	0°	0°
		2	0°			
		3	0°			
		4	0°			
		5	0°			
2	5°	1	5°	10 detik	5°	0°
		2	5°			
		3	5°			
		4	5°			
		5	5°			
		5	55°			
.
.

No	Sudut Busur	Pengujian Ke-	Sudut MPU6050	Waktu Stopwatch	Rata-rata Sudut	Simpangan
14	65°	1	65°	10 detik	65°	0°
		2	65°			
		3	64°			
		4	66°			
		5	65°			
Rata-rata simpangan pengujian						0,0286°

(Sumber: Koleksi pribadi)

Dari perhitungan hasil pengujian pada tabel 4.7 didapatkan rata-rata pengujian sudut memiliki rata-rata simpangan pengujian sebesar 0,0286° sehingga dapat disimpulkan pembacaan sensor MPU6050 mendapatkan nilai yang baik dan dapat diimplementasikan pada alat ukur sudut punggung, untuk hasil pengujian ketepatan sudut secara keseluruhan dapat dilihat pada lampiran 13.

4.5 Pengujian Sudut Pada Tubuh Manusia

Pengujian dilakukan dengan mendeteksi sudut yang didapatkan ketika manusia berdiri dengan tegak. Untuk mengetahui nilai sudut tersebut maka nilai sudut akan ditampilkan pada serial monitor. Pada tahap pengujian ini, penulis mengambil data dari 30 responden untuk mengetahui rata-rata sudut tubuh yang didapatkan ketika pada posisi tegak. Karena korset yang digunakan oleh penulis adalah korset khusus penegak badan dengan ukuran M yang dapat digunakan pengguna dengan berat badan 45-55 Kg, maka dibutuhkan responden yang memenuhi syarat tersebut.

4.5.1 Tujuan Pengujian Sudut Pada Tubuh Manusia

Untuk mengetahui nilai rata-rata sudut punggung manusia pada posisi tegak, sehingga tidak terjadi kesalahan perhitungan pada saat diimplementasikan. Selain itu tujuan dari pengujian ini adalah untuk merubah orientasi perhitungan sudut, apabila pada umumnya sudut 0° terhitung pada saat ditarik garis lurus pada bidang datar, maka pada pengujian ini sudut 0° terhitung pada sudut 90° perhitungan normal.

4.5.2 Alat Yang Digunakan

Berikut adalah alat yang dibutuhkan dalam pengujian ini:

- | | |
|---|----------------------|
| a. PC (<i>Personal Computer</i>)/Laptop | d. Kamera |
| b. Alat ukur sudut punggung. | e. <i>Stabilizer</i> |
| c. Busur sudut/ <i>goniometer</i> | f. Kabel USB |

4.5.3 Prosedur Pengujian Sudut Pada Tubuh Manusia

1. Memasang alat ukur sudut punggung pada badan responden.
2. Menghubungkan alat ukur sudut punggung ke komputer/laptop menggunakan kabel USB.
3. Membuka *software* Arduino IDE, lalu membuat program untuk membaca sudut alat ukur seperti pada lampiran 11.
4. Selanjutnya menekan tombol *Verify*, apabila tidak memunculkan pesan *error* atau peringatan maka program siap untuk di-*upload* ke NodeMCU dengan cara

menekan tombol *upload*. Program dinyatakan berhasil di-*upload* jika terdapat status *Done Uploading* pada jendela pesan.

5. Membuka jendela *serial monitor* dengan menekan tombol yang terletak paling kanan pada *toolbar* Arduino IDE, atau dapat dengan menekan kombinasi Ctrl+Shift+M.
6. Menyiapkan posisi tegak responden seperti contoh pada lampiran 14.
7. Selanjutnya mengamati dan mencatat data sudut tegak 30 responden pada jendela *serial monitor*.
8. Menyiapkan posisi tubuh responden dengan sudut 20°, 45°, 60°, dan 70°.
9. Selanjutnya mengamati dan mencatat data sudut responden yang muncul pada jendela *serial monitor* dan membandingkan dengan perhitungan antropometri.
10. Memberikan kesimpulan terhadap pengujian sudut pada tubuh manusia.

4.5.4 Hasil Pengujian Sudut Pada Tubuh Manusia

Data pengujian sudut tegak dari 30 responden disajikan dalam bentuk tabel untuk mempermudah menganalisis hasil pengujian, setiap responden dilakukan pengujian sebanyak 5 kali seperti pada tabel 4.8 berikut:

Tabel 4.8 Tabel pengujian sudut badan tegak.

No	Identitas	BB (Kg)	JK (L/P)	Sudut Uji (°)	Hasil (°)	Waktu uji (s)	Rata-rata (°)
1	Responden 1	53	L	0	0	10	0,6
					0		
					2		
					1		
					0		

No	Identitas	BB (Kg)	JK (L/P)	Sudut Uji (°)	Hasil (°)	Waktu uji (s)	Rata-rata (°)
2	Responden 2	48	P	0	0	10	0,4
					0		
					1		
					1		
					0		
.
.
30	Responden 30	48	P	0	0	10	0,6
					0		
					1		
					0		
					2		
Rata-rata Pengujian							0,687

(Sumber: Koleksi pribadi)

Dari data pada tabel 4.8 tersebut alat ukur sudut punggung memperoleh nilai rata-rata pengujian sudut tegak sebesar $0,687^{\circ}$. Jika didasarkan pada perbandingan antara ketelitian metode RULA sebesar 1° dan nilai rata-rata pengujian sudut tegak kurang dari 1° , maka disimpulkan alat ukur telah memenuhi kriteria ketelitian sudut RULA.

Selanjutnya melakukan pengujian terhadap salah satu responden yang memiliki hasil sudut tegak sesuai dengan parameter yang telah ditentukan untuk melakukan pengujian terhadap sudut 20° , 45° , 60° , dan 70° . Proses pengambilan data dan perhitungan *antropometri* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.8 Pengujian sudut 20°
(Sumber: Koleksi pribadi)



Gambar 4.9 Pengujian sudut 45°
(Sumber: Koleksi pribadi)



Gambar 4.11 Pengujian sudut 60°
(Sumber: Koleksi pribadi)



Gambar 4.10 Pengujian sudut 70°
(Sumber: Koleksi pribadi)

Untuk mempermudah analisis perhitungan *antropometri* pada Gambar 4.8, Gambar 4.9, Gambar 4.10, dan Gambar 4.11 dan perolehan hasil sudut menggunakan alat ukur sudut punggung, maka data akan disajikan pada tabel 4.9 sebagai berikut.

Tabel 4.9 Hasil pengujian sudut *antropometri* dan alat ukur

No	Parameter Sudut	Hasil <i>Antropometri</i>	Hasil Alat Ukur	Rata-rata	Simpangan rata-rata
1	20°	20°	20°	20,2°	0,2°
			19°		
			21°		
			21°		
			20°		
2	45°	45°	45°	45,8°	0,3°
			45°		
			46°		
			47°		
			46°		
3	60°	60°	61°	61°	1°
			61°		
			60°		
			60°		
			63°		
4	70°	70°	70°	70,8°	0,8°
			72°		
			71°		
			70°		
			71°		
Rata-rata simpangan pengujian					0,575°

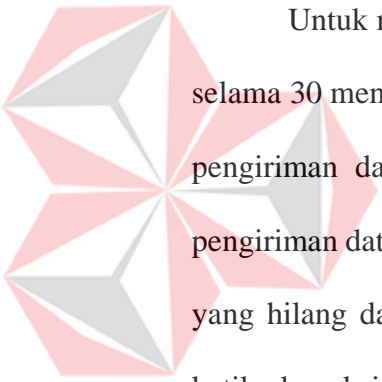
(Sumber: Koleksi pribadi)

Dari perolehan diatas didapatkan nilai rata-rata simpangan pengujian sudut saat badan tidak tegak sebesar 0,575°. Dengan simpangan tersebut dapat disimpulkan bahwa alat ukur sudut punggung dapat mendeteksi sudut badan sesuai dengan pergerakan badan dan dapat diimplementasikan sebagaimana mestinya.

4.6 Pengujian Ketahanan dan Kontinuitas Alat Ukur

Pengujian dilakukan dengan cara meng-*upload* program secara keseluruhan dan memasang alat ukur sudut punggung pada responden. Pengujian ketahanan alat ukur sudut punggung dilakukan dengan menggunakan alat ukur sudut punggung sebagaimana mestinya selama 30 menit. Sedangkan pengujian kontinuitas dilakukan dengan menganalisis data yang terbaca oleh alat ukur dan diterima oleh *database* selama 30 menit.

4.6.1 Tujuan Pengujian Ketahanan dan Kontinuitas Alat Ukur



Untuk mengetahui ketahanan alat ukur sudut punggung apabila digunakan selama 30 menit dan untuk mengetahui keberlanjutan proses perhitungan maupun pengiriman data ke *database* selama 30 menit. Kontinuitas perhitungan dan pengiriman data yang baik adalah ketika dalam waktu 30 menit tidak terdapat data yang hilang dan dapat melakukan perhitungan secara terus menerus sedangkan ketika koneksi *wireless* terputus, data tidak akan dikirimkan ke *database* hingga mendapatkan koneksi kembali..

4.6.2 Alat Yang Digunakan

Berikut adalah alat yang dibutuhkan dalam pengujian ini:

- a. PC (*Personal Computer*)/Laptop
- b. Alat ukur sudut punggung.
- c. *wireless/ gateway*

4.6.3 Prosedur Pengujian

1. Membuka *software* Arduino IDE, lalu membuat program untuk alat ukur sudut punggung sebagaimana terlampir pada lampiran 13 . Selanjutnya menekan tombol *Verify*, apabila tidak memunculkan pesan *error* atau peringatan maka program siap untuk di-*upload* ke NodeMCU dengan cara menekan tombol *upload*. Program dinyatakan berhasil di-*upload* jika terdapat status *Done Uploading* pada jendela pesan.
2. Membuka jendela *serial monitor* pada Arduino IDE
3. Menentukan 2 responden dengan ukuran badan sesuai lingkar badan *size* M.
4. Memasang alat ukur sudut punggung pada badan responden dan Menekan tombol power pada alat ukur.
5. Led pada alat ukur akan berkedip hingga mendapatkan koneksi *wireless* untuk mengirimkan data ke *database* lalu menunggu hingga led berhenti berkedip yang berarti alat ukur sudut punggung telah mendapatkan koneksi *wireless*.
6. Menekan tombol *start* pada alat ukur saat akan digunakan dan melakukan pengujian selama 30 menit lalu menekan tombol *stop* agar alat ukur sudut punggung dapat berhenti melakukan proses.
7. Selanjutnya mengamati data yang dikirimkan oleh alat ukur ke *database* MySQL apakah terdapat posisi kerja yang tidak terbaca atau semua posisi kerja dapat terbaca.
8. Meng-*ekspor* data tabel pada *database* ke dalam ekstensi *.exe* agar dapat mempermudah untuk menganalisis data yang telah didapatkan.
9. Menganalisis ketahanan alat ukur dengan mengamati keseluruhan data yang didapat selama 30 menit apakah dapat diterima oleh *database*.

10. Menganalisis kontinuitas alat dalam membaca sudut punggung dengan mengamati data yang dikirimkan ke *database* berdasarkan waktu. Apakah alat dapat membaca sudut punggung secara terus menerus atau tidak, kecuali saat koneksi *wireless* terputus.

4.6.4 Hasil Pengujian Ketahanan dan Kontinuitas Alat Ukur

Dari pengujian ini alat ukur dapat bertahan dan melakukan proses perhitungan maupun pengiriman data ke *database* selama 30 menit tanpa berhenti, hasil keseluruhan data dicantumkan oleh penulis pada lampiran.

Tabel 4.10 Hasil pengujian responden 1

id_update	range_update (°)	skor_update	awal_update	akhir_update	dt_update (s)
1	1-20	2	15:04:30	15:04:35	5
2	>60	4	15:04:40	15:04:44	4
3	<0	0	15:04:52	15:05:00	8
4	>60	4	15:05:01	15:05:05	4
5	1-20	2	15:05:07	15:05:09	2
.
.
86	<0	0	15:34:21	15:34:34	13

(Sumber: Koleksi pribadi)

Tabel 4.11 Hasil pengujian responden 2

id_update	range_update (°)	skor_update	awal_update	akhir_update	dt_update (s)
1	<0	0	15:20:42	15:20:58	16
2	1-20	2	15:20:59	15:22:35	96
3	20-60	3	15:22:35	15:24:38	123
4	<0	0	15:24:38	15:25:22	44
5	>60	4	15:25:24	15:26:16	52
.
.
31	1-20	2	15:50:46	15:50:50	4

(Sumber: Koleksi pribadi)

Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa jumlah data dalam 30 menit tergantung pada intensitas pergerakan tubuh responden, terbukti bahwa jumlah hasil pengukuran pada responden 1 dan responden 2 tidak sama, untuk lebih data lengkap dapat dilihat pada lampiran 17. Selain itu alat ukur dapat melakukan perhitungan dan pengiriman data secara *continue* dalam waktu 30 menit, kecuali apabila koneksi *wireless* terputus maka alat ukur tidak dapat mengirimkan data pada saat tidak terdapat koneksi *wireless*. Berikut adalah data saat koneksi terputus.

Tabel 4.12 Tabel saat koneksi terputus

id_update	range_update (°)	skor_update	awal_update	akhir_update	dt_update (s)
.
68	1-20	2	15:17:33	15:17:56	23
69	<0	0	15:18:02	15:18:08	6
70	1-20	2	15:25:47	15:25:51	4
71	20-60	3	15:26:00	15:28:13	133
.
.

(Sumber: Koleksi pribadi)

Pada kolom *id_update* 69 dan 70 tabel 4.12 terdapat jeda waktu hingga 7 menit. Hal tersebut terjadi saat alat ukur kehilangan koneksi *wireless*. Alat ukur dapat melanjutkan proses pengiriman data saat alat mendapatkan koneksi *wireless*. Dari pengujian ketahanan dan kontinuitas alat ukur, dapat disimpulkan bahwa alat ukur dapat melakukan perhitungan dan mengirimkan data ke *database* secara terus menerus, terkecuali saat koneksi *wireless* yang digunakan untuk pengiriman data terputus dan pada saat power alat ukur menunjukkan kondisi *off*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan Alat Ukur Sudut Punggung Untuk Mempermudah Perhitungan RULA Menggunakan MPU-6050, dapat diambil kesimpulan Sebagai berikut:

1. MPU6050 mampu mendeteksi sudut menggunakan *complementar filter* berdasarkan nilai *alfa* sebesar 0,93 dengan keluaran satuan derajat.
2. Alat ukur mampu memperhitungkan skor RULA dengan mengklasifikasikan nilai sudut punggung berdasarkan penilaian per skor, yaitu 0° mendapatkan skor 1, lebih dari 0° hingga 20° mendapat skor 2, lebih dari 20° hingga 60° bernilai skor 3, dan lebih dari 60° mendapatkan skor 4.
3. Alat ukur sudut punggung memperoleh nilai rata-rata pengujian sudut badan tegak sebesar 0,687°. Jika didasarkan pada perbandingan antara ketelitian metode RULA sebesar 1° dan nilai rata-rata hasil pengujian sudut tegak kurang dari 1°, maka disimpulkan alat ukur telah memenuhi kriteria ketelitian sudut RULA.
4. Dari hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata simpangan pengujian sudut saat badan tidak tegak sebesar 0,575°.

5.2 Saran

Saran untuk pengembangan Alat Ukur Sudut Punggung Untuk Mempermudah Perhitungan RULA Menggunakan MPU-6050 yaitu:

- 1 Alat ukur sudut punggung dapat di kembangkan menjadi yang mampu mendeteksi keseluruhan sudut tubuh yang dibutuhkan pada metode RULA.
- 2 Diperlukan desain produk/ alat yang lebih minimalis dan fungsiaonal untuk mempermudah pergerakan pengguna saat melakukan pekerjaan.
- 3 Diperlukan desain rompi/alat yang fleksibel, sehingga dapat digunakan oleh pengguna tanpa terbatas pada ukuran badan.



UNIVERSITAS
Dinamika

DAFTAR PUSTAKA

Corlett, L. M. (1993). RULA: a survey method for the investigation of world-related upper limb. *Applied Ergonomics*, 24(2): 91-99.

Firman, B. (2016). IMPLEMENTASI SENSOR IMU MPU6050 BERBASIS SERIAL I2C PADA SELF-BALANCING ROBOT. *JURNAL TEKNOLOGI TECHNOSCIENTIA ISSN: 1979-8415*, Vol. 9 No. 1 .

Hidayat, R. (2014). Rancang Bangun Sistem Penstabil Kamera Untuk Foto Udara Berbasis Wahana Quadcopter. *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, Volume 8, No. 2.

Isna, T. (2019). Analisis Postur Kerja dengan RULA Guna Penilaian Tingkat Risiko Upper Extremity Work-Related Musculoskeletal Disorders. Studi Kasus PT. Mandiri Jogja Internasional. *Jurnal Ergonomi Indonesia*, Vol. 05 No.01.

Lailani, T. M. (2013). *Hubungan antara peningkatan indeks massa tubuh dengan kejadian nyeri punggung bawah pada pasien rawat jalan di poliklinik saraf RSUD Dokter Soedarso Pontianak*. Pontianak: Universitas Tanjungpura.

Pangaribuan, D. M. (2009). *ANALISA POSTUR KERJA DENGAN METODE RULA PADA PEGAWAI BAGIAN PELAYANAN PERPUSTAKAAN USU MEDAN*. Medan: Universitas Sumatra Utara .

Rumbekwan, A. J. (2016). *Perancangan Stasiun Kerja Penyolekan Dengan Metode Antropometri Dan Rapid Upper Limb Assesment (RULA)*. Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Setia Budi.

Samara, D. (2004). *Lama Dan Sikap Duduk Sebagai Faktor Resiko Terjadinya Nyeri Pinggang Bawah*. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti.

Setiawan, S. (2008). *Mudah dan Menyenangkan Belajar Mikrokontroler*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Suharto. (2005). Penatalaksanaan Fisioterapi pada Nyeri Pinggang bawah Aspesifik Akibat Joint Block Thorakal dan Lumbal. Dalam *Cerminan Dunia Kedokteran No.146* (hal. 152-154). Cerminan Dunia Kedokteran.

Syahwil, M. (2013). *Panduan Mudah Simulasi & Praktek Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta: Andi.

Taufiq. (2015, 3 2). *Port Input/Output Mikrokontroler - Robotics University*. Diambil kembali dari Port Input/Output Mikrokontroler: <http://www.robotics-university.com/2015/05/port-inputoutput-mikrokontroler-avr-atmega32.html>

Toroptsova NV, B. L. (1995). "Cross Sectional" Study of low back pain among workers at an industrial enterprise in Rusia. *Spain*, Volume 20: No.3:328.

V.P. Kodgirwar, V. K. (2014). Design of Control System for Quadcopter using Complementary Filter and PID Controller. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 3 Issue 4.

Wibowo, S. E. (2015, April 1). *Pengetahuan Dasar RTC DS1307*. Dipetik 10 16, 2019, dari Proyek Arduino: <https://proyekarduino.wordpress.com/2015/04/01/pengetahuan-dasar-rtc-ds1307/>

Wicaksana, B. I. (2017). C143 - PERANCANGAN STASIUN KERJA PENYOLETAN DENGAN METODE ANTROPOMETRI DAN RAPID UPPER LIMB ASSESMENT (RULA). *Simposium Nasional RAPI XVI ISSN 1412-9612*.

Yudianta, A. A. (2007). *Gejala Radikulo-Diskogenik Sebagai Prediktor Diagnosis Radikulopati Lumbosakral Pada Pasien Nyeri Punggung Bawah*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada. Pendidikan Dokter.

Zuliarso, H. F. (2012). Rancang Bangun Sistem Perpustakaan untuk Jurnal Elektronik. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK Volume 17*, 124-132.