

PENGEMBANGAN SISTEM PENGGERAK RODA PADA
MEKANISME KERJA ALAT UJI SUSPENSI
MENGUNAKAN MOTOR BLDC



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Strata Satu Terapan (S1-T) Program Studi Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

HALIMAN ABRAHAN JUNIOR SUMADI . 444 17 015
SRI SASMITA ANUGRAH PUTRI . 444 17 005

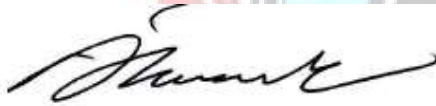
PROGRAM STUDI S1-T TEKNIK MEKATRONIKA
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2021

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Pengembangan Sistem Penggerak Roda pada Mekanisme Kerja Alat Uji Suspensi Menggunakan Motor BLDC” oleh Haliman Abrahan Junior Sumadi NIM 444 17 015 dan Sri Sasmita Anugrah Putri NIM 444 17 005 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada Program Studi Teknik Mekatronika Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 06 September 2021

Pembimbing I,



Dr. Ir. Simon Ka'ka, M.T.
NIP. 19590913 198803 1 001

Pembimbing II,



Mukhtar, S.Pd., M.Eng.
NIP. 19880525 201903 1 013

Mengetahui:

Koordinator Program Studi



Dr. Ir. Simon Ka'ka, M.T.
NIP. 19590913 198803 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, senin tanggal 06 September 2021, tim penguji ujian sidang skripsi telah menerima skripsi dari mahasiswa: Haliman Abrahan Junior Sumadi NIM 444 17 015 dan Sri Sasmita Anugrah Putri NIM 444 17 005 dengan judul “Pengembangan Sistem Penggerak Roda pada Mekanisme Kerja Alat Uji Suspensi Menggunakan Motor BLDC.”

Makassar, 06 September 2021

Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi :

- | | | | |
|----|---|------------|--|
| 1. | Ir. Remigius Tandioaga, M.Eng.Sc. | Ketua | 
(.....) |
| 2. | Imran Habriansyah, S.ST., M.T. | Sekretaris | 
(.....) |
| 3. | Dr.Eng. Abdul Kadir Muhammad,
S.T., PG.Dip, M.Eng. | Anggota | 
(.....) |
| 4. | Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T. | Anggota | 
(.....) |
| 5. | Dr. Ir. Simon Ka'ka, M.T. | Anggota | 
(.....) |
| 6. | Mukhtar, S.Pd., M.Eng. | Anggota | 
(.....) |

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkah, rahmat dan hidayah-Nya yang senantiasa dilimpahkan kepada penulis, sehingga penulis bisa menyelesaikan proposal skripsi dengan judul "Pengembangan Sistem Penggerak Roda pada Mekanisme Kerja Alat Uji Suspensi Menggunakan Motor BLDC" sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) pada Program Studi S1 Terapan Teknik Mekatronika, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menghadapi banyak hambatan serta rintangan, namun pada akhirnya penulis dapat melaluinya berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara moral maupun spiritual. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan penuh kerendahan hati penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Orang Tua penulis serta keluarga tercinta atas dukungan doa, kasih sayang serta materinya yang tak terhingga nilainya.
2. Bapak Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si, Ph.D. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Dr. Ir. Simon Ka'ka, M.T. selaku Koordinator Program Studi S1-T Teknik Mekatronika Politeknik Negeri Ujung Pandang sekaligus dosen Pembimbing I yang dengan ikhlas telah memberikan petunjuk, bimbingan, arahan dan dukungan selama penulis menyelesaikan Skripsi.

5. Bapak Mukhtar, S.Pd., M.Eng. selaku dosen Pembimbing II yang dengan ikhlas telah memberikan petunjuk, bimbingan, arahan dan dukungan selama penulis menyelesaikan Skripsi.
6. Bapak Dr.Eng. Abdul Kadir Muhammad, S.T., PG.Dip, M.Eng. selaku wali kelas 4 S1-T Teknik Mekatronika sekaligus dosen pengarah yang sangat gigih memberikan motivasi semangat kerja dalam menyelesaikan Skripsi ini.
7. Seluruh dosen, staf jurusan dan teknisi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan Skripsi ini.
8. Rekan-rekan sesama mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang khususnya program studi S1-T Teknik Mekatronika yang selalu memberikan do'a, semangat dan dukungan moril dalam menyelesaikan Skripsi ini.
9. Semua pihak yang tidak sempat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.

Akhir kata penulis panjatkan doa semoga Tuhan berkenan melimpahkan berkah dan rahmat-Nya membalas budi Bapak/Ibu sekalian. Peneliti menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan kelemahan baik isi maupun penyajiannya sehingga saran dan kritik yang bersifat membangun diharapkan demi kesempurnaan Skripsi ini.

Makassar, 06 September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Hlm.
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
SURAT PERNYATAAN.....	xiv
RINGKASAN	xvi
SUMMARY	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Cara Kerja Suspensi	4
2.1.1 Suspensi Pasif.....	5
2.1.2 Suspensi Aktif	7
2.2 Mekanisme Suspensi Pasif dan Kondisi Struktur Pembebanan Seperempat Kendaraan	7

2.3 Sistem Penggerak Roda	8
2.4 Komponen Mekanik Sistem Penggerak Roda	9
2.4.1 Roda Gigi dan Rantai (Sproket)	9
2.4.2 <i>Driver Roller</i> dan Kerangka Badan	10
2.5 Komponen Elektrik Sistem Pengukuran pada Alat Uji Suspensi	11
2.5.1 Arduino Uno	11
2.5.2 Sensor Ultrasonic HC-SR04	14
2.5.3 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	15
2.5.4 Modul <i>SD Card</i>	17
2.5.5 Motor BLDC	19
2.5.6 Catu Daya	20
2.6 Perhitungan Daya pada Motor	21
2.6.1 Torsi Motor	21
2.6.2 Daya Motor	22
2.6.3 Kontrol Kecepatan Motor	25
2.6.4 Rumus Kecepatan Putaran Mesin	25
2.7 <i>Road Map</i> Penelitian Alat Uji Suspensi	27
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	29
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	29
3.3 Prosedur/Langkah Kerja	33
3.3.1 Studi Literatur	35
3.3.2 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	35
3.3.3 Rancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	39
3.3.4 Langkah-Langkah Pengujian Alat	42
3.3.5 Penarikan Kesimpulan	45
BAB IV METODE PENELITIAN	46
4.1 Hasil Perancangan Mekanik Alat Uji Suspensi	46
4.2 Hasil Motor BLDC sebagai Penggerak Roda Kendaraan Seperempat Mobil	47

4.2.1 Pengujian Motor BLDC dalam Keadaan Tanpa Beban	
Tambahan.....	48
4.2.2 Pengujian Motor BLDC dalam Keadaan Dengan Beban	
Tambahan.....	50
4.3 Hasil Alat Uji Suspensi Menggunakan Motor BLDC.....	52
4.3.1 Tekanan 1 bar Hambatan 1 cm.....	53
4.3.2 Tekanan 1.5 bar Hambatan 1 cm.....	56
4.3.3 Tekanan 2 bar Hambatan 1 cm.....	59
4.3.4 Tekanan 25.bar Hambatan 1 cm	62
4.3.5 Tekanan 3 bar Hambatan 1 cm.....	64
BAB V PENUTUP	66
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	68



DAFTAR GAMBAR

	Hlm.
Gambar 2.1 Sistem Suspensi pada Kendaraan	4
Gambar 2.2 Model Suspensi. (a) Pasif dan (b) Aktif	6
Gambar 2.3 Model Suspensi Pasif pada Seperempat Kendaraan	8
Gambar 2.4 <i>Belt Conveyor</i>	9
Gambar 2.5 Roda Gigi	10
Gambar 2.6 <i>Driver Roller</i> dan Kerangka Badan	11
Gambar 2.7 Arduino Uno	14
Gambar 2.8 Sensor Ultrasonik HC-SR04	15
Gambar 2.9 Alphanumeric LCD 16x2	16
Gambar 2.10 Modul Micro SD	17
Gambar 2.11 Motor BLDC	20
Gambar 2.12 Catu Daya	21
Gambar 2.13 Hubungan Antara Torsi, Gaya, dan Jarak	22
Gambar 2.14 Road Map Penelitian Alat Uji Suspensi	27
Gambar 3.1 Diagram Aliran Metode Perancangan	34
Gambar 3.2 <i>Wiring</i> Pembacaan Data	36
Gambar 3.3 <i>Wiring Power</i> Motor BLDC	36
Gambar 3.4 Panel Elektronika	37
Gambar 3.5 Desain Tampak Depan	38
Gambar 3.6 Konstruksi Mekanik Penggerak Roda	39
Gambar 3.7 Langkah-Langkah Pengujian Alat	40

Gambar 3.8 Diagram Blok Penggerak Roda.....	42
Gambar 3.9 Pengukuran Memakai <i>clamp multimeter</i>	43
Gambar 3.10 Alat Ukur Tekanan	43
Gambar 3.11 Katup <i>On/Off</i>	44
Gambar 3.12 Posisi Sensor Ultrasonik	44
Gambar 3.13 Letak LCD pada Alat Uji Suspensi	45
Gambar 3.14 Pembacaan <i>Data Logger</i> pada Microsoft Excel.....	45
Gambar 4.1 Hasil Perancangan Alat Uji Suspensi Keseluruhan.....	46
Gambar 4.2 Grafik Arus Motor BLDC dalam Keadaan Tanpa Beban Tambahan.....	48
Gambar 4.3 Grafik Tegangan Motor BLDC dalam Keadaan Tanpa Beban Tambahan.....	49
Gambar 4.4 Grafik Arus Motor BLDC dengan Beban Tambahan.....	50
Gambar 4.5 Grafik Tegangan Motor BLDC dengan Beban Tambahan	51
Gambar 4.6 Tampilan LCD dari Pengkonversian bar ke kg	52
Gambar 4.7 Grafik simpangan gerak harmonik pada tekanan 1 bar dan hambatan U 1 cm	55
Gambar 4.8 Grafik simpangan gerak harmonik pada tekanan 1.5 bar dan hambatan U 1 cm	58
Gambar 4.9 Grafik simpangan gerak harmonik dengan tekanan 2 bar dan hambatan U 1 cm	61
Gambar 4.10 Grafik simpangan gerak harmonik dengan 2.5 bar dan hambatan U 1 cm	63
Gambar 4.11 Grafik simpangan gerak harmonik dengan tekanan 3 bar dan hambatan U 1 cm	65
Gambar L. 1 Uji Coba Motor BLDC	72
Gambar L. 2 Pembuatan Dudukan Motor BLDC	72

Gambar L. 3 Pengambilan Data73
Gambar L. 4 Alat Uji Suspensi74
Gambar L. 5 Gambar Motor BLDC74



DAFTAR TABEL

	Hlm.
Tabel 2.1 Deskripsi Sepesifikasi Board Arduino Uno.....	12
Tabel 3.1 Alat yang Digunakan dalam Penelitian	29
Tabel 3.2 Bahan yang Digunakan dalam Penelitian	31
Tabel 3.3 Perangkat Lunak yang digunakan dalam Penelitian	32
Tabel 3.4 Komponen-Komponen Alat Uji Suspensi	33
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Motor BLDC dalam Keadaan Tanpa Beban Tambahkan	48
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Motor BLDC dalam Keadaan dengan Beban Tambahkan	50
Tabel 4.3 Hasil data simpangan gerak harmonik dengan Tekanan 1 bar dan hambatan U 1 cm.....	53
Tabel 4.4 Hasil data simpangan gerak harmonik dengan Tekanan 1.5 bar dan hambatan U 1 cm	56
Tabel 4.5 Hasil data simpangan gerak harmonik dengan Tekanan 2 bar dan hambatan U 1 cm.....	59
Tabel 4.6 Hasil data simpangan gerak harmonik dengan Tekanan 2.5 bar dan hambatan U 1 cm.....	62
Tabel 4.7 Hasil data simpangan gerak harmonik dengan Tekanan 3 bar dan hambatan U 1 cm	64

DAFTAR LAMPIRAN

	Hlm.
Lampiran 1 Program	69
Lampiran 2 Dokumentasi Kegiatan	72
Lampiran 3 Gambar Alat	74
Lampiran 4 Biodata Penulis	75



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Haliman Abrahan Junior Sumadi

NIM : 444 17 015

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Pengembangan Sistem Penggerak Roda pada Mekanisme Kerja Alat Uji Suspensi Menggunakan Motor BLDC.” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau kutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2021

Haliman Abrahan Junior Sumadi
NIM 444 17 015

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sri Sasmita Anugrah Putri

NIM : 444 17 005

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Pengembangan Sistem Penggerak Roda pada Mekanisme Kerja Alat Uji Suspensi Menggunakan Motor BLDC.” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau kutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2021

Sri Sasmita Anugrah Putri
NIM 444 17 005

PENGEMBANGAN SISTEM PENGGERAK RODA PADA MEKANISME KERJA ALAT UJI SUSPENSI MENGGUNAKAN MOTOR BLDC

RINGKASAN

Pada kendaraan roda empat dibutuhkan kenyamanan dalam mengemudi. Menggunakan sistem suspensi yang berfungsi untuk memaksimalkan performa dari kendaraan. Fungsi spesifik dari suspensi yaitu menyerap getaran oksilasi dan kejutan, menopang beban, memelihara geometris roda, menambah traksi roda, dan meneruskan gaya gerak pengereman.

BLDC motor merupakan salah satu jenis motor sinkron dimana medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan medan magnet yang dihasilkan oleh rotor berputar pada frekuensi yang sama. Dimana dalam penulisan tugas akhir ini digunakan motor BLDC agar dapat mengontrol kecepatan dari sistem penggerak pada alat uji suspensi untuk menggerakkan belt conveyor. Motor BLDC digerakkan oleh sebuah *high power brushledd controlled* yang memiliki rata-rata tegangan 48 [V], rata-rata arus 35 [A], dan rata-rata daya 1000 [W]. Energi motor ini *disupply* dari power supply yang mampu menghasilkan tegangan 50 [V] dan arus 30 [A]. Alat uji suspensi dilengkapi dengan LCD 16x2 untuk menampilkan simpangan saat pembebanan kejut terhadap pegas, dan dilengkapi dengan data logger untuk menyimpan simpangan yang terjadi saat pembebanan kejut menggunakan hambatan setinggi 1 cm terhadap pegas. Rata-rata simpangan yang terjadi pada suspensi dengan tekanan 1-3 bar yaitu 6.4 mm.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa alat uji suspensi mampu menggerakkan roda kendaraan dengan tambahan beban dan kecepatan yang dapat diatur serta dapat mengetahui simpangan yang terjadi pada *body* kendaraan dengan menggunakan *data logger*.

THE DEVELOPMENT OF A WHEEL-DRIVE SYSTEM ON A COPING MECHANISM USING A BLDC MOTOR

SUMMARY

On a four-wheeler it takes comfort in driving. Using functional suspension systems to maximize performance from vehicles. The specific function of suspension that consists of absorbing oscillation and surprise vibrations, supporting weights, maintaining geometric wheels, adding traction to the wheel, and carrying on the braking style.

The BLDC motor is one of the types of synchronous motors where the magnetic field produced by the stator and the magnetic field produced by the rotor spins at the same frequency. In writing this final assignment was used by the BLDC motor in order to control the velocity of the propulsion system on a conveyor test device to move the belt conveyor. The motor BLDC is controlled by a high power brushless controlled which has an average voltage of 48 [v], an average of 35 [a], and an average power of 1000 [w]. The power supply is supplied from a power supply capable of producing 50 [v] tension and a current of 30 [a]. The suspension test came with a 16x2 LCD to show a junction for the shock junction of the springs, and was equipped with logger data to store the junction when the current charge used a 1 - centimeter roadblock against the springs. The junction mostly comes in a suspension with a pressure of 1-3 bar which is 6.4 mm.

Based on the research and discussions it may be concluded that suspension devices could move the wheels of vehicles with additional loads and fixed speed and could identify the junction with the body of vehicles using the logger data.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman sekarang, di Indonesia penggunaan kendaraan roda empat bukanlah hal yang tabuh. Dalam kehidupan sehari-hari penggunaan kendaraan roda empat menjadi suatu kebutuhan yang tak dapat dihindarkan dalam menunjang setiap aktivitas yang dilakukan. Adapun pada kendaraan roda empat menggunakan sistem suspensi yang berfungsi untuk memaksimalkan performa dari kendaraan.

Suspensi merupakan salah satu alat yang sangat penting dalam setiap kendaraan. Selain memberikan kenyamanan, juga menunjang keamanan dan keselamatan agar pengemudi atau penumpang dapat merasakan kestabilan pada saat berkendara. Sangat banyak jenis sistem suspensi pada kendaraan antara lain suspensi *machpherson stut*, suspensi *double wishbone*, suspensi *multi link*, suspensi *rigid-leafspring*, suspensi *three link-rigid*, suspensi *trailing arm*, suspensi *pneumatic*, suspensi udara, dan lain-lain.

Umumnya suspensi memiliki tiga komponen utama yaitu pegas, peredam kejut, dan lengan suspensi. Fungsi spesifik dari suspensi yaitu menyerap getaran oksilasi dan kejutan, menopang beban, memelihara geometris roda, menambah traksi roda, dan meneruskan gaya gerak pengereman.

Adapun alat uji suspensi yang telah dibuat sebelumnya sudah menggunakan sistem pembebanan awal dengan menggunakan aktuator pneumatik, tetapi pada sistem penggerak roda yang menggunakan motor dc yang terhubung ke *belt conveyor* tidak bekerja sebagaimana mestinya. Jadi, pada skripsi ini penulis

mengangkat judul yaitu " Pengembangan Sistem Penggerak Roda pada Mekanisme Kerja Alat Uji Suspensi Menggunakan Motor BLDC". Aktuator motor DC pada alat uji sebagai sistem penggerak roda pada *belt conveyor* dan torsi dari motor BLDC memberikan gaya angular untuk menggerakkan belt conveyor.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis mengambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengontrol kecepatan pada motor DC untuk menggerakkan sistem penggerak roda ?
2. Bagaimana menampilkan simpangan gerak harmonik saat pembebanan kejut terhadap pegas?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian adalah sebagai berikut :

1. Pengembangan dilakukan pada alat uji suspensi di laboratorium mekatronika.
2. Membuat sistem penggerak roda pada alat uji suspensi kendaraan menggunakan motor BLDC.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam pengerjaan Proposal Skripsi ini adalah:

1. Untuk mengontrol kecepatan dari sistem penggerak roda menggunakan motor BLDC untuk menggerakkan *belt conveyor*.

2. Untuk menampilkan simpangan gerak harmonik saat pembebanan kejut terhadap pegas.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dalam pengerjaan Proposal Skripsi ini yaitu:

1. Mengaplikasikan pengetahuan mekatronika terhadap suspensi kendaraan.
2. Dapat dijadikan sebagai alat uji suspensi pada kendaraan roda empat.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cara Kerja Suspensi

Pengguna (pengendara dan penumpang) kendaraan harus memperhatikan faktor utama yaitu kenyamanan berkendara. Setiap kendaraan pasti mengalami getaran atau guncangan yang diakibatkan baik dari mesin kendaraan atau karena kondisi jalan yang tidak rata. Untuk mengurangi getaran atau guncangan, setiap

kendaraan perlu dilengkapi dengan sistem suspensi. Menurut Jumadiko (2013) menyatakan bahwa "apabila salah satu komponen sistem suspensi mengalami gangguan, maka akan terjadi hal yang tidak diharapkan, sehingga kenyamanan pengendara tidak akan dapat tercapai".

Gambar 2.1 Sistem Suspensi pada Kendaraan

Secara umum sistem suspensi terdiri atas 3 komponen yaitu pegas, peredam kejut, dan lengan suspensi. Fungsi utama sistem suspensi adalah (Crouse, 1993):

1. Menyangga berat kendaraan.
2. Memberikan kenyamanan pengendara terhadap kondisi jalan yang dilalui.
3. Menjaga traksi roda terhadap permukaan jalan.
4. Menjaga kesejajaran roda.

Sistem suspensi terbagi menjadi dua bagian, yaitu sistem suspensi pasif dan sistem suspensi aktif.

2.1.1 Suspensi Pasif

Kebanyakan kendaraan pada saat ini masih menggunakan suspensi aktif. Sistem suspensi pasif, komponen yang digunakan masih konvensional dan memiliki karakteristik tetap, yaitu pegas yang tidak dapat dikontrol secara bersamaan dengan

peredam penyerap getaran (Bagus dkk, 2013). Jadi sistem suspensi pasif ini memiliki konstanta peredaman dengan nilai tertentu (tetap), sehingga memiliki tingkat kenyamanan dan keamanan yang tidak dapat dinamis berubah mengikuti kondisi permukaan jalan yang dilalui oleh kendaraan. Susunan sistem suspensi tersebut diperlihatkan pada Gambar 2.2, dengan:

1. Massa *spring* [m_s],
2. Massa *unspring* [m_u],
3. Pegas suspensi [k_s],
4. Pegas model [k_l],
5. Peredam kejut [c_s].



Gambar 2.2 Model Suspensi. (a) Aktif (b) Pasif

Rumus simpangan getaran bebas dirumuskan oleh Peacock (2007) seperti pada persamaan di bawah ini.

$$F(t) = m.a(t) + c.v(t) + k.x(t) \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

F(t): Gaya yang terjadi [N]

t: Waktu [s]

m: Massa benda [kg]

a(t): Percepatan [m/s²]

c: Konstanta dumper [Ns/m]

v(t): Kecepatan [m/s]

k: Konstanta pegas [N/m]

x(t): Jarak [m]

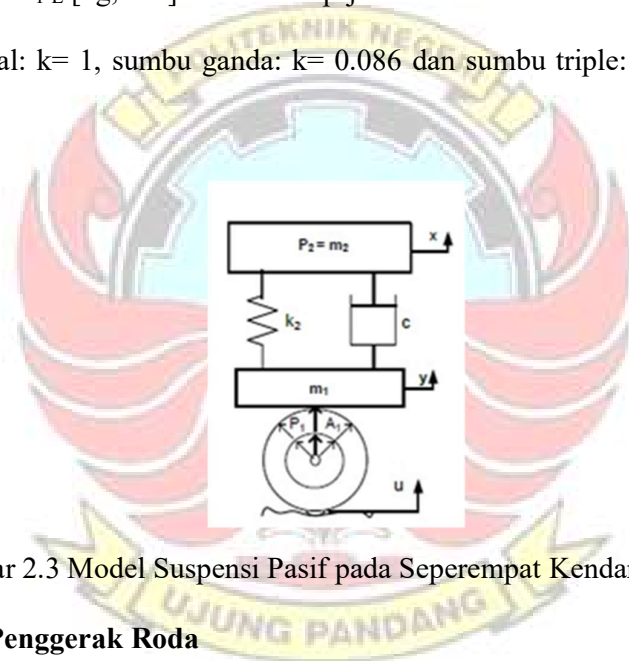
2.1.2 Suspensi Aktif

Saat ini, suspensi aktif ditandai dengan aktuator hidrolik yang ditempatkan secara seri (low bandwidth) atau paralel (high bandwidth) dengan pegas dan peredam. Pegas dan peredam merupakan komponen utama yang menyusun suatu sistem suspensi, yang berfungsi untuk menopang badan kendaraan, meredam getaran ketika kendaraan berinteraksi dengan jalan (Bagus dkk, 2013). Analog yang langsung dapat dihubungkan dengan rangkaian Analog to Digital Converter (ADC). Pada Proposal Skripsi ini lebih difokuskan pada pembahasan suspensi pasif karena suspensi pasiflah yang banyak digunakan pada kendaraan seperempat mobil pada era saat ini.

2.2 Mekanisme Suspensi Pasif dan Kondisi Struktur Pembebanan Seperempat Kendaraan

Mekanisme suspensi pasif dan kondisi struktur pembebanan seperempat

kendaraan ditunjukkan pada Gambar 2.3. Berat badan kendaraan (*mass spring*), m_2 , dengan kekakuan pegas, k_2 , dan koefisien redaman, c , akan membebani poros roda kendaraan (*mass unspring*), m_1 , selanjutnya memberikan gaya aksi terhadap kontur permukaan jalan. Kendaraan kategori sedang: memiliki beban sumbu, $m_1= 480$ kg sampai 600 kg, dan berat kendaraan, $m_2= 1185$ kg sampai 1990 kg. Kondisi pembebanan lebih (*overload*), tergantung pada nilai konstanta, k , dan beban sumbu m_{1-L} [kg, ton] untuk setiap jenis kendaraan. Besarnya nilai k untuk sumbu tunggal: $k= 1$, sumbu ganda: $k= 0.086$ dan sumbu triple: $k= 0.031$ (Ka'ka dkk, 2018).



Gambar 2.3 Model Suspensi Pasif pada Seperempat Kendaraan

2.3 Sistem Penggerak Roda

Belt Conveyor adalah suatu sistem mekanik yang mempunyai fungsi memindahkan barang dari satu tempat ke tempat yang lain. Conveyor banyak nandadipakai di industri untuk transportasi baang yang jurmlahnya sangat banyak dan berkelanjutan. Dalam kondisi tertentu, conveyor banyak dipakai karena mempunyai nilai ekonomis dibanding transportasi berat seperti truk dan mobil pengangkut. Conveyor dapat memobilisasi barang dalam jumlah banyak

dan kontinyu dari satu tempat ke tempat lain. Perpindahan tempat tersebut harus mempunyai lokasi yang tetap agar sistem conveyor mempunyai nilai ekonomis (Suluhito, 2012).

Dimana dalam penelitian tugas akhir ini Belt Conveyor digunakan sebagai simulasi jalan raya yang kecepatannya dikontrol menggunakan driver motor.



Gambar 2.4 Belt Conveyor
(Sumber: Suluhito, 2012)

2.4 Komponen Mekanik Sistem Penggerak Roda

2.4.1 Roda Gigi dan Rantai (Sproket)

Roda gigi digunakan untuk mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat. Roda gigi memiliki gigi di sekelilingnya, sehingga penerusan daya dilakukan oleh gigi-gigi kedua roda yang saling berkait. Roda gigi sering digunakan karena dapat meneruskan putaran dan daya yang lebih bervariasi dan lebih kompak daripada menggunakan alat transmisi yang lainnya, selain itu roda gigi juga memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan alat transmisi lainnya,

yaitu:

- Sistem transmisinya lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan daya yang besar.
- Sistem yang kompak sehingga konstruksinya sederhana.
- Kemampuan menerima beban lebih tinggi.
- Efisiensi pemindahan dayanya tinggi karena faktor terjadinya slip sangat kecil.
- Kecepatan transmisi rodagigi dapat ditentukan sehingga dapat digunakan dengan pengukuran yang kecil dan daya yang besar.

Roda gigi harus mempunyai perbandingan kecepatan sudut tetap antara dua poros. Di samping itu terdapat pula roda gigi yang perbandingan kecepatan sudutnya dapat bervariasi. Ada pula roda gigi dengan putaran yang terputus-putus. Dalam teori, roda gigi pada umumnya dianggap sebagai benda kaku yang hampir tidak mengalami perubahan bentuk dalam jangka waktu lama (Sularso dan Kiyokatsu Suga, 1983). Rantai merupakan pasangan dari roda gigi yang menghubungkan 2 roda gigi.



Gambar 2.5 Roda Gigi
(Sumber: Slideserve, 2011)

2.4.2 *Driver Roller* dan Kerangka Badan

- a. Driver Roller mempunyai fungsi sebagai pemindah barang yang akan ditransportasikan. Saat roller berputar diupayakan tidak bergetar agar tidak merusak barang yang ditransportasikan. Dimensi roller juga harus sama agar yang diangkat tidak tersedat dan roller dapat menempu barang dengan sempurna.
- b. Kerangka Badan mempunyai fungsi untuk menopang roller agar lokasi roller tidak berpindah-pindah. Pemasangan roller dengan kerangka badan ini harus pas agar tidak terjadi getaran yang tidak diinginkan saat roller berputar. Selain itu, kerangka badan ini juga menentukan jarak antara roller yang sesuai agar unit yang akan ditransportasikan tidak jatuh.



Gambar 2.6 *Driver Roller* dan Kerangka Badan

2.5 Komponen Elektrik Sistem Pengukuran pada Alat Uji Suspensi

2.5.1 Arduino Uno

Menurut Kamelia dan Muhammad Surjana Sudariat (2019) menyatakan bahwa “Arduino uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328 (*datasheet*). Memiliki 14 pin *input* dari *output digital* dimana 6 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 pin *input analog*, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP *header*, dan tombol *reset*. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *board* Arduino

uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan ac ke adaptor dc atau baterai untuk menjalankannya”.

Tabel 2.1 Deskripsi Spesifikasi *Board* Arduino Uno

Sumber : <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

No.	Komponen	Spesifikasi
1	Mikrontroller	Atmega 328
2	Tegangan Pengoperasian	5 [V]
3	Tegangan Input yang Disarankan	7-12 [V]
4	Batas Tegangan Input	6-20 [V]
5	Jumlah I/O digital	14 pin digital (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
6	Jumlah pin Input Analog	6 pin
7	Arus DC tiap pin I/O	40 [mA]
8	Arus DC untuk pin 3,3 v	50 [mA]
9	Memori Flash	32 [KB] (ATmega 328) sekitar, 5 [KB] digunakan oleh bootloader
10	SRAM	2 [KB] (ATmega 328)
11	EPROM	1 [KB] (ATmega 328)
12	Clock Speed	16 [MHz]

Masing-masing dari 14 pin *digital* yang terdapat pada Arduino uno dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, dengan menggunakan fungsi *pinMode ()*, *digitalWrite ()*, dan *digitalRead ()*, beroperasi dengan daya 5 Volt. Setiap pin dapat

memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki *internal pull-up resistor* (secara *default* terputus) dari 20-50 kOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

1. Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) TTL data serial. Pin ini dihubungkan ke pin yang berkaitan dengan *chip* serial ATmega8U2 USB-to-TTL.
2. Eksternal menyela: 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu *interrupt* pada nilai yang rendah, dengan batasan tepi naik atau turun, atau perubahan nilai. Lihat (*attachInterrupt*) fungsi untuk rincian lebih lanjut.
3. PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan *output* PWM 8-bit dengan fungsi *analogWrite ()*.
4. SPI: 10 (SS), 11 (Mosi), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan *SPI library*.
5. LED: 13. Ada *built-in* LED terhubung ke pin *digital* 13. Ketika pin bernilai nilai *HIGH*, LED *on*, ketika pin bernilai *LOW*, LED *off*.

Uno memiliki 6 masukan *analog*, berlabel A0 sampai dengan A5, yang masing-masing menyediakan 10 bit dengan resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

1. I2C: A4 (SDA) dan A5 (SCL). Dukungan I2C (TWI) komunikasi menggunakan perpustakaan *Wire*.

2. *Aref.* Tegangan referensi (0 sampai 5 V saja) untuk *input analog*. Digunakan dengan fungsi *analogReference ()*.
3. *Reset.* Bawa baris ini *LOW* untuk *me-reset* mikrokontroler. Pemrograman arduino uno dapat diprogram dengan menggunakan *software* Arduino.



Gambar 2.7 Arduino uno
(Sumber : Taruna, 2016)

2.5.2 Sensor Ultrasonik HC-SR04

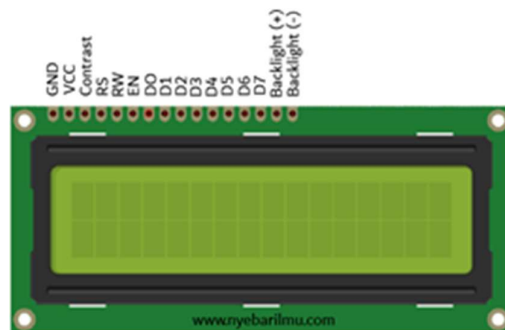
Sensor ini merupakan sensor ultrasonik siap pakai, satu alat yang berfungsi sebagai pengirim, penerima, dan pengontrol gelombang ultrasonik. Alat ini bisa digunakan untuk mengukur jarak benda dari 2 cm – 4 m dengan akurasi 3 mm. Alat ini memiliki 4 pin, pin *Vcc*, *Gnd*, *Trigger*, dan *Echo*. Pin *Vcc* untuk listrik positif dan *Gnd* untuk *ground*-nya. Pin *Trigger* keluarnya sinyal dari sensor dan pin *Echo* untuk menangkap sinyal pantul dari benda (Kamelia dan Muhammad Surjana Sudariat, 2019: 17).



Gambar 2.8 Sensor Ultrasonik HC-SR04
(Sumber: Supatmi, 2013)

2.5.3 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Display status yang umum digunakan untuk melihat kondisi kontrol atau informasi yang kita inginkan yaitu *alphanumeric Liquid Crystal Display (LCD)*. Perangkat ini dibuat dari bahan *Liquid Crystal* beresonansi yang mampu menampilkan dot-dot matrik kecil yang dapat dikombinasikan hingga menampilkan huruf, angka, hingga karakter seperti yang kita inginkan (Kamelia dan Muhammad Surjana Sudariat, 2019).



Gambar 2.9 Alphanumeric LCD 16x2

(Sumber: Setiawan, 2011)

Keterangan:

- GND: catu daya 0 [Vdc].
- VCC: catu daya positif.
- *Contrate*: untuk kontras tulisan pada LCD.
- RS atau *Register Select*:
 - o *High*: untuk mengirim data.
 - o *Low*: untuk mengirim instruksi.
- R/W atau *Read/Write*.
 - o *High*: mengirim data.
 - o *Low*: mengirim instruksi.
 - o Disambungkan dengan *LOW* untuk pengiriman data ke layar.
- E (*enable*): untuk mengontrol ke LCD ketika bernilai *LOW*, LCD tidak dapat diakses.
- D0 – D7 = Data Bus 0 – 7.
- *Backlight +* : disambungkan ke VCC untuk menyalakan lampu latar.
- *Backlight -* : disambungkan ke GND untuk menyalakan lampu latar.

2.5.4 Modul SD Card

Modul *Micro SD Card* merupakan modul untuk mengakses micro SD untuk pembacaan maupun penulisan data dengan menggunakan sistem antarmuka Serial Parallel Interface (SPI). Modul ini cocok untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan media penyimpan data, seperti sistem absensi, sistem antrian, maupun sistem aplikasi data logging lainnya.



Gambar 2.10 Modul Micro SD
(Sumber : Setiawan, 2011)

Control Interface Module

- GND : negatif power supply
- VCC : positif power supply
- MISO, MOSI, SCK : SPI bus
- CS : chip select signal pin Fitur dan spesifikasi
- Mendukung pembacaan kartu memori SD Card biasa (≤ 2 GB) maupun SDHC card (high-speed card) (≤ 32 GB)

- Tegangan operasional dapat menggunakan tegangan 5 V atau 3.3 V
- Arus operasional yang digunakan yaitu 80mA (0.2~200 mA)
- Menggunakan antarmuka SPI
- Pada modul ini sudah terdapat 4 lubang baut guna untuk pemasangan pada rangkaian lainnya
- Ukuran modul yaitu 42 x 24 x 12 mm

Pengertian dari Micro Sd card yaitu kartu memori yang pada umumnya berukuran 11 x 15 mm, dengan berbagai ukuran kapasitas yang digunakan untuk keperluan penyimpanan data maupun pembacaan data yang sudah ada didalamnya.

2.5.5 Motor BLDC

Motor *Brushless* dc adalah salah satu jenis motor sinkron magnet permanen yang disuplai oleh sumber listrik dc pada kontrolnya, dan membutuhkan sumber listrik ac tiga fasa untuk menggerakkan bagian rotor motornya. Sumber listrik ac tiga fasa dibutuhkan karena motor sinkron magnet permanen ini memiliki 3 buah koil pada stator, kemudian hubungan antara koil dan belitan stator trapezoidal akan memberikan *electro motive back trapezoidal* (gaya gerak listrik balik trapezoidal) yaitu tegangan balik yang dihasilkan oleh belitan motor *brushless* dc yang akan menggerakkan rotor. Pergerakan pada rotor ini disebabkan oleh medan magnet pada stator yang pada setiap saatnya hanya dua fasa yang tersuplai sementara satu fasa lainnya tak tersuplai. Fenomena ini mengakibatkan motor ini seperti motor dc,

karena arus yang mengalir pada kumparan stator mirip dengan motor dc meskipun motor ini sebenarnya dialiri dengan arus tiga fasa.

Motor Brushless dc ini menggunakan sistem komutasi elektrik atau sering disebut *electronically comutated motor*. Sistem komutasi elektrik ini diartikan sebagai fungsi dari *switch electronic*. Komutator elektronik ini terdiri dari kombinasi transistor atau biasanya menggunakan MOSFET atau IGBT yang membutuhkan sinyal atau pulsa penyalan, dan dapat mengaktifkan koil dengan waktu yang tepat sehingga dapat menggerakkan motor.

Spesifikasi motor BLDC:

- Tegangan: 48V
- Daya: 1000 watt
- Torsi tanpa gear reduksi: 5 Nm
- Putaran tanpa gear reduksi: 2750 rpm
- Torsi dengan gear reduksi: 25 Nm
- Putaran dengan gear reduksi: 580 rpm





Gambar 2.11 Motor BLDC

2.5.6 Catu Daya

Sebuah catu daya adalah cara yang paling mudah untuk mendapatkan variasi tegangan dc dari sumber ac. Keluarannya sangat murni, berupa garis lurus ketika diamati pada CRO dan dapat divariasikan secara berkesinambungan biasanya dari nol sampai 48 V. Alat ini menyediakan sumber daya yang baik untuk penyetelan atau membuat rangkaian elektronika. Catu daya yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 48 V 30 A. (Linsey, 2004)



Gambar 2.12 Catu Daya

2.6 Perhitungan Daya pada Motor

2.6.1 Torsi Motor

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi

adalah suatu energi. Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Adapun perumusan dari torsi adalah sebagai berikut. Apabila suatu benda berputar dan mempunyai besar gaya sentrifugal sebesar F, benda berputar pada porosnya dengan jari- jari sebesar b, dengan data tersebut torsinya adalah:

$$\tau = F \cdot r \dots\dots\dots(2)$$

τ : Torsi (N.m)

F: Gaya Sentrifugal Benda Yang Berputar (N)

r: Jarak Benda Ke Pusat Torsi (m)



Gambar 2.13 Hubungan Antara Torsi, Gaya, dan Jarak

2.6.2 Daya Motor

Daya pada mesin kendaraan bermotor adalah tenaga yang di hasilkan mesin tersebut. Daya ini di hasilkan oleh Torsi dan Kecepatan Sudut, dalam rumus:

$$P = \tau \cdot \omega \dots\dots\dots(3)$$

➤ Telah di ketahui relasi sebagai berikut :

$$1 \text{ W} = 10^{-1} \text{ kW} \dots\dots\dots(4)$$

$$1 \text{ rad/s} = \frac{30}{\pi} \text{ rpm} \dots\dots\dots(5)$$

Persamaan fisik untuk persamaan (3) dapat ditulis sebagai berikut :

$$P = k \cdot \tau \cdot \omega \dots\dots\dots(6)$$

Dalam hal ini :

$$k = \text{konstanta} = 1 = \frac{W}{\text{Nm} \cdot \text{rad/s}} \dots\dots\dots(7)$$

Dengan mensubstitusikan (4) dan (5) maka :

$$k = 1 \cdot 10^{-3} \frac{10^{-3}}{30/\pi} \frac{\text{kW}}{\text{N rpm}} = \frac{2\pi}{60000} \frac{\text{kW}}{\text{Nm rpm}} \dots\dots\dots(8)$$

Dengan demikian persamaan (3) berubah menjadi :

$$P = \frac{2\pi\tau\omega}{60000} \dots\dots\dots(9)$$

Dalam hal ini,

P : daya (kW)

τ : torsi (Nm)

ω : kecepatan sudut (rpm).

➤ Dengan mengetahui suatu relasi satuan lain :

$$1 \text{ hp} = 745,699872 \text{ W} \text{ atau } 1 \text{ W} = \frac{1}{745,699872} \text{ hp} \dots\dots\dots(10)$$

$$1 \text{ lb}_{\text{ft}} = 1,3558179483314 \text{ Nm} \text{ atau } 1 \text{ Nm} = \frac{1}{1,3558179483314} \text{ lb}_{\text{ft}} \dots\dots\dots(11)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (5), (10) dan (11) ke persamaan (7) maka diperoleh :

$$k = \frac{\frac{1}{745,699872} \text{ hp}}{1,3558179483314 \cdot \frac{30}{\pi} \text{ lbf.ft.rpm}} = \frac{2\pi}{1,3558179483314} \frac{\text{hp}}{\text{lbf.ft.rpm}} = \frac{2\pi}{33000} \frac{\text{hp}}{\text{lbf.ft.rpm}} \dots(12)$$

dengan demikian persamaan (3) berubah menjadi :

$$P = \frac{2\pi\tau\omega}{33000} \dots\dots\dots(13)$$

Dalam hal ini,

P : daya (hp)

τ : torsi (lbf.ft)

ω : kecepatan sudut (rpm)

Lalu, Kecepatan Linier di dapat melalui Kecepatan Sudut pada *sprocket*, dengan rumus berikut:

$$V = \omega \cdot r \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan

V: Kecepatan linier (m/s)

ω : Kecepatan sudut (rad /s)

r: Jari-jari roda (m)

Relasi antara kecepatan sudut ω , dengan kecepatan putar N adalah sebagai berikut :

$$\omega = \frac{\pi N}{30} \dots\dots\dots(15)$$

ω : Kecepatan sudut (rad /s)

N: Kecepatan Putar (rpm)

Kecepatan sudut maupun kecepatan putar membicarakan hal yang sama, hanya berbeda saja menggunakan satuan yang berbeda.

2.6.3 Kontrol Kecepatan Motor

Terdapat beberapa rangkaian untuk mengatur laju putar motor. Sebenarnya penggunaan istilah pengaturan laju kurang tepat karena yang diubah adalah energi listrik menjadi torsi, sedangkan laju ditentukan oleh torsi dan bebannya. Terdapat dua teknik untuk menggerakkan (*drive*) motor yang pertama disebut analog drive yaitu suatu rangkaian interfacing yang digunakan untuk memperkuat sinyal dari pengatur (*controller*) agar cukup untuk menggerakkan motor, biasanya berupa Linear Power Amplifier, sedangkan teknik kedua adalah untuk menggerakkan motor dengan metode *Pulse-width modulation* (PWM). Pada teknik ini daya disuplai ke motor dalam bentuk pulsa dc dengan tegangan yang tetap. Lebar pulsa divariasikan untuk mengatur laju motor, semakin besar lebar pulsa maka semakin besar laju rata-rata motor. *Frekuensi* pulsa sangat besar sehingga membuat motor berputar secara halus.

2.6.4 Rumus Kecepatan Putaran Mesin

$$n_1 D_1 = n_2 D_2, n_2 = \frac{n_1 D_1}{D_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \right) \dots\dots\dots(16)$$

dimana:

n_1 : Putaran Pulley Penggerak (rpm)

D_1 : Diameter Pulley Penggerak (m)

n_2 : Putaran Pulley yang digerakkan (rpm)

D_2 : Diameter Pulley yang digerakkan (m)

Pada Pulley1

$$\omega_1 = \frac{2\pi n_1}{60} \dots\dots\dots(17)$$

$$V_1 = \omega_1 \cdot R_1 \dots\dots\dots(18)$$

$$V_1 = \frac{2\pi n_1}{60} \cdot R_1$$

dimana:

R_1 : Jari-jari Pulley penggerak (m)

V_1 : Kecepatan Linear V-belt (m/s)

ω_1 : Kecepatan sudut pulley penggerak (rad/s)

Pada Pulley2

$$\omega_2 = \frac{2\pi n_2}{60}$$

$$V_2 = \omega_2 \cdot R_2 \dots\dots\dots(19)$$

$$= \frac{2\pi n_2}{60} \cdot R_2$$

dimana :

R_2 : Jari-jari pulley yang digerakkan (m)

V_2 : Kecepatan Linear Belt Conveyor (m/s)



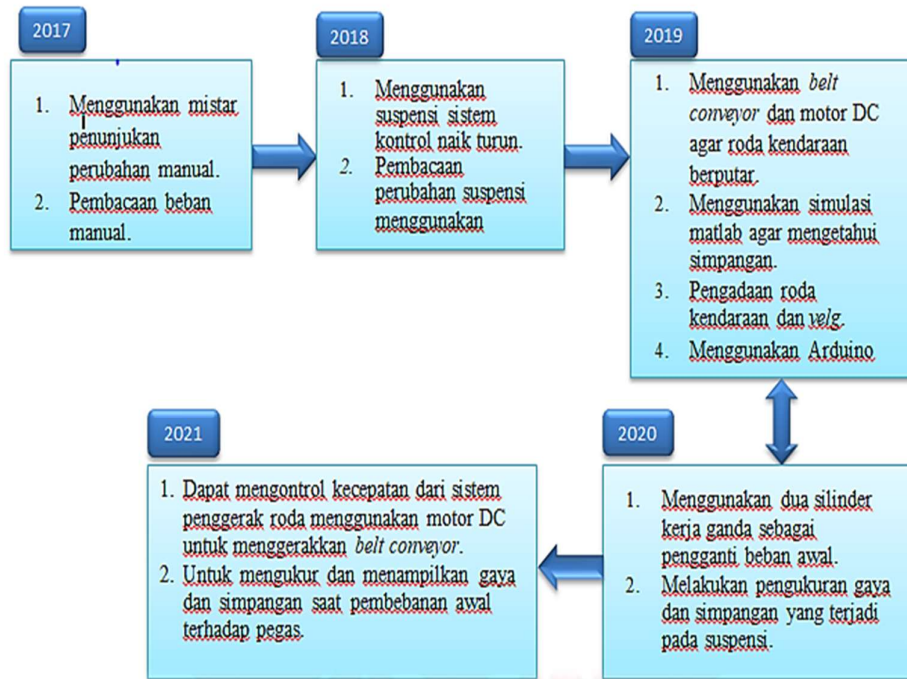
ω_2 : Kecepatan Sudut Pulley yang digerakkan (rad/s)

2.7 Road Map Penelitian Alat Uji Suspensi

Alat uji suspensi ini adalah pengembangan dari hasil penelitian sebelumnya, dimana pada tahun 2017 ini dibuat, penggunaan pembacaan sensor menggunakan mistar dan pembaca beban. Dilanjutkan pada tahun 2018 yaitu mengembangkan sistem suspensi kontrol naik turun, pembacaan perubahan suspensi dan tekanan menggunakan Arduino uno. Dilanjutkan pada tahun 2019, dilakukan pengadaan penggerak putar roda kendaraan berupa *belt conveyor*, dan motor dc agar roda kendaraan berputar. Dilanjutkan pada tahun 2020, memfokuskan untuk menambahkan dua silinder kerja ganda sebagai mekanisme beban awal terhadap pegas dan pembacaan simpangan dan gaya terhadap pegas. Pada tahun 2021, memfokuskan untuk mengganti aktuator motor dc ke motor BLDC sebagai penggerak belt conveyor untuk menggerakkan roda seperempat kendaraan.

ROAD MAP PENELITIAN

"PERANCANGAN SISTEM PENGGERAK RODA PADA MEKANISME KERJA SUSPENSI KENDARAAN MENGGUNAKAN AKTUATOR MOTOR DC".



Gambar 2.14 Road Map Penelitian Alat Uji Suspensi

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian “Perancangan Sistem Penggerak Roda pada Mekanisme Kerja Suspensi Kendaraan Menggunakan Aktuator Motor BLDC” akan dilakukan di Laboratorium Mekatronika & Sistem Otomasi dan Bengkel Mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang. Waktu pengerjaan akan dilakukan \pm 6 bulan, dimulai pada bulan Februari 2021 hingga bulan Agustus 2021.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, diperlukan beberapa alat dan bahan untuk menunjang hasil kerja sesuai dengan apa yang diinginkan. Adapun keperluan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Alat yang Digunakan dalam Penelitian

No	Jenis Alat	Jumlah	Spesifikasi
1	Mesin las listrik	1 buah	Merek Lakoni daya: 900[Watt], power: 220[v] (50[hz]), arus output: 10-120 [Ampere].
2	Laptop	1 buah	Merek: Asus, RAM: 4 [GB], HD: 500 [GB], processor intel: core i5.
3	Gerinda tangan	1 buah	Modern M2300B, Volt: 220 [v] / 50 [Hz], Daya: 540 [Watt], kecepatan tanpa beban: 1100 [rpm].
4	Bor tangan	1 buah	Merek: Tekiro Ryu, tegangan:

Lanjutan Tabel 3.1

			220 [v] / 50 [Hz], daya listrik: 370 [Watt], kecepatan tanpa beban: 0-3200 [rpm].
5	Solder	1 buah	Merek: Spardio, berat: 250 [gram], tipe: KX-60R, Daya: 60 [Watt], tegangan: 220-240 [v] / 50 [Hz].
6	Meteran	1 buah	Merek: Tekiro, panjang: 3 [meter]
7	<i>Clamp Multimeter</i>	1 buah	Merek: UT200, tegangan AC (V) 400/4/40/400/750[V], DC tegangan [V] 400/4/40[V]/400/1000[V], frekuensi (Hz) 10 Hz/100Hz/ 1 KHz/10 KHz/ 1 MHz / 10[MHz].
8	Alat pelindung diri	1 set	
9	Obeng +,-	1 set	
10	Kunci-kunci	1 set	

Tabel 3.2 Bahan yang Digunakan dalam Penelitian

No	Jenis Bahan	Jumlah	Spesifikasi
1	Motor BLDC	1 buah	Tegangan: 48[V], daya: 1000[W],

			top speed: 30 [km/h], beban maksimal: 800 [kg], torsi tanpa <i>gear</i> reduksi: 5 [Nm], putaran tanpa <i>gear</i> reduksi: 2750 [rpm], torsi dengan <i>gear</i> reduksi: 25 [Nm], putaran dengan <i>gear</i> reduksi: 580 [rpm].
2	Catu daya	1 buah	Tegangan maksimal: 50 [V], arus maksimal: 30 [A],
3	Driver motor	1 buah	<i>Rated voltage</i> : 48 [V], <i>rated current</i> : 35 [A], daya: 1000 [W].
5	Rantai	1 buah	
6	<i>Gear</i>	1 set	
7	Mikrokontroler	1 buah	Merek: arduino uno, tegangan pengoperasian 5 [V], tegangan input 7-12 [V], batas tegangan 6-20 [V], jumlah pin I/O digital 14 pin digital 6 keluaran PWM.
8	LCD 16x2	1 buah	Format (character x line) : 16 x 2, logic supply 5V DC, interface parallel MCU interface, dimension 80.8 x 36.0 x 12.5 mm.
9	Sensor ultrasonic	1 buah	Tipe HC-SR04, catu daya 5V DC, arus < 2mA, konsumsi arus 15 mA,

			lebar sudut deteksi 15, jarak deteksi akurat hingga 1 meter, resolusi 3 [mm
12	Box aluminium	1 buah	
13	<i>Card reader</i>	1 buah	Merek: sandisk
14	<i>Micro SD</i>	1 buah	Merek: sandisk

Tabel 3.3 Perangkat Lunak yang digunakan dalam Penelitian

No	Nama Perangkat Lunak
1	Arduino IDE
2	Microsoft Excel
3	Autodesk Inventor
4	MATLAB

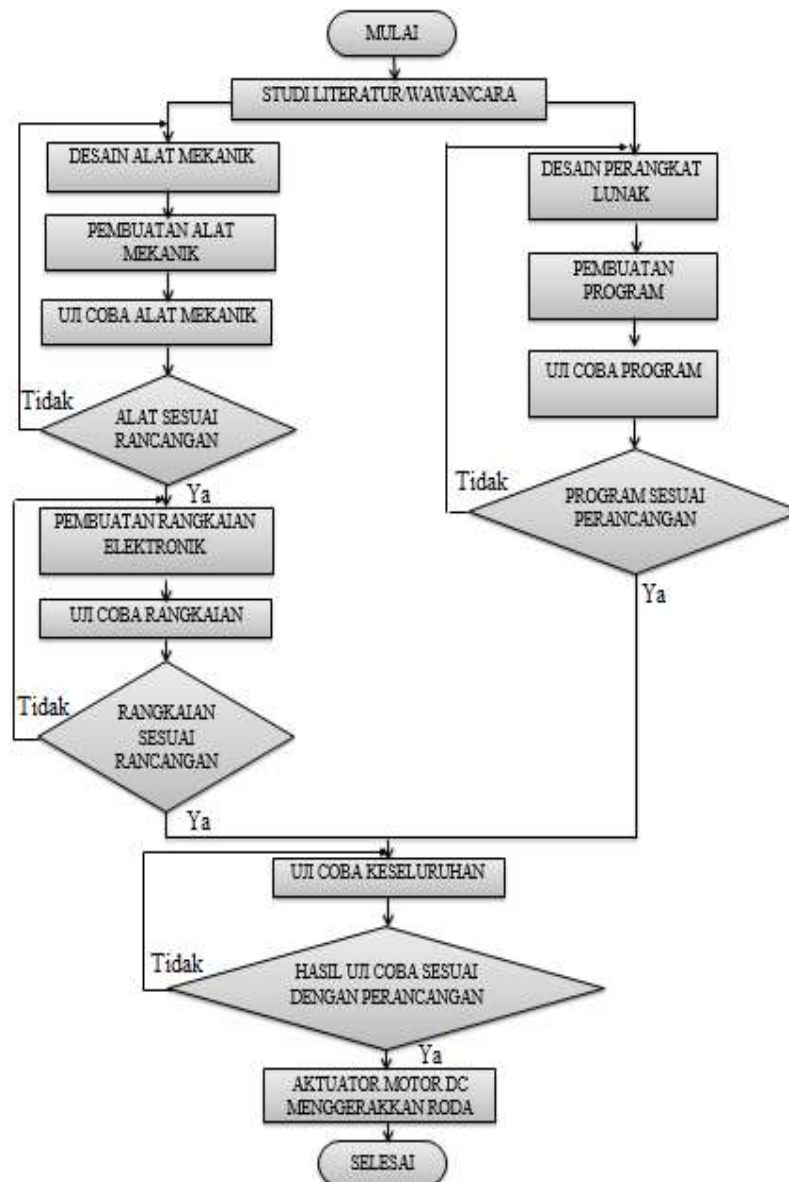
Tabel 3.4 Komponen-Komponen Alat Uji Suspensi

No	Komponen yang Tersedia	Komponen Pengembangan
1	1 buah kompresor	1 buah arduino
2	1 buah rangka baja	1 buah kit RTC dan SD <i>card reader</i>
3	3 buah silinder pneumatik	1 buah sensor ultrasonic

4	1 buah katup 5/2	3 meter kabel tunggal
5	1 buah <i>air filter regulator</i>	1 meter kaber serabut
6	1buah <i>body arm</i>	2 buah <i>switch button</i>
7	1 buah <i>lower arm</i>	10 pasang baut
8	1 buah shock absorber	4 buah besi siku
9	1 buah <i>spiral coil</i>	1 buah motor BLDC
10	1 buah roda kendaraan mobil	1 buah kontroller
11	1 buah <i>belt conveyor</i>	1 buah <i>power supply</i>
12	1 buah motor DC	1 set gear
14	4 buah bearing	1 buah rantai

3.3 Prosedur/Langkah Kerja

Untuk memperoleh suatu alat yang baik dari segi mutu serta mempertimbangkan segi ekonomis, maka langkah-langkah perancangan yang dilakukan diperlihatkan dalam diagram seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Aliran Metode Perancangan

3.3.1 Studi Literatur

Dalam pengembangan mekanisme ini, langkah awal yang dilakukan adalah mencari sebanyak-banyaknya data serta informasi melalui berbagai jurnal ilmiah, media cetak maupun elektronik dimana informasi tersebut harus relevan dengan alat yang dikembangkan.

3.3.2 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

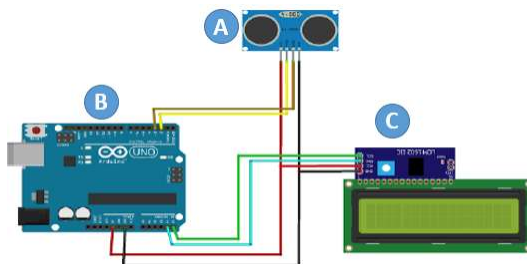
Pembuatan perangkat keras (*hardware*) yaitu meliputi pembuatan rangkaian elektronika dan pembuatan peralatan mekanik.

1) Pembuatan rangkaian elektronika

Proses pembuatan rangkaian elektronika dapat dijelaskan sebagai berikut:

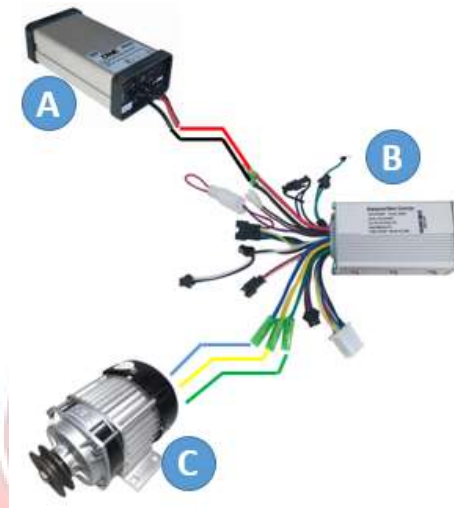
Mengatur letak komponen pada breadboard

1. *Wiring* setiap komponen yang dihubungkan dengan Arduino uno menggunakan kabel *jumper* sesuai dengan rangkaian elektronika.
2. Gunakan selang spiral agar kabel jumper terlihat lebih rapi.
3. Berikut *wiring* rangkaian elektronika:
 - Hubungan antara Sensor Ultrasonic, I2C, LCD dan Arduino. Berikut gambar *wiring*nya



Gambar 3.2 *Wiring* Pembacaan Data
(A) Sensor Ultrasonic, (B) Arduino Uno,
dan (C) I2C

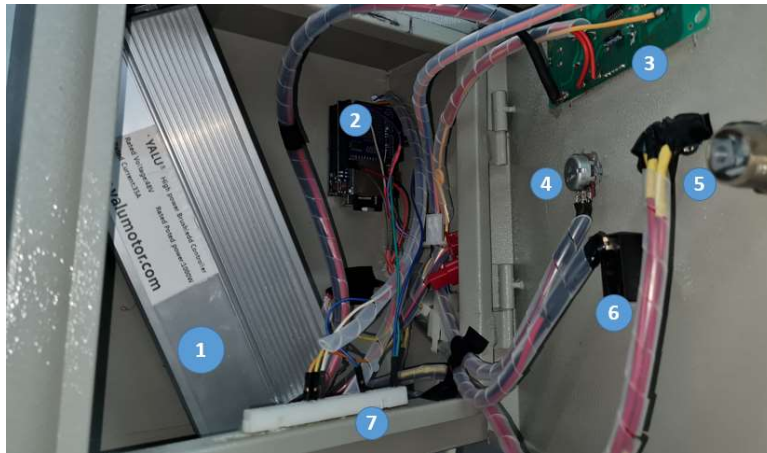
- Hubungan antara *Driver Motor*, *Power Supply*, Motor BLDC. Berikut gambar *wiringnya*.



Gambar 3.3 *Wiring Power Motor BLDC*
(A) *Power Supply*, (B) *Driver Motor*, dan (C) *Motor BLDC*

2) Pembuatan Peralatan Mekanik

Pembuatan peralatan mekanik yang dimaksud yaitu pembuatan panel elektronika, panel ini nantinya akan berfungsi sebagai tempat untuk mengamankan rangkaian-rangkaian elektronika yang telah dibuat sebelumnya. Ukuran dari kotak yang digunakan disesuaikan dengan ukuran dari masing-masing rangkaian yang dibuat. Adapun tampilan dalam dari panel elektronika sebagai berikut:



Gambar 3.4 Panel Elektronika

Keterangan:

1. Kontroler motor BLDC
2. Arduino Uno
3. LCD
4. Potensiometer
5. *Speed Switch*
6. *Switch ON/OFF*
7. *Breadboard*

Pada perancangan elektronik cukup sederhana penulis menggunakan LCD sebagai *output* dan sensor ultrasonik sebagai inputnya. Untuk pengontrolan, penulis menggunakan Arduino Uno sebagai *input* dan *output*. Pada pengontrolan motor BLDC penulis menggunakan kontroler bawaan dari motor BLDC, dalam pengambilan data penulis menggunakan modul *SD Card* untuk merekam data atau menyimpan data berupa data logger serta modul RTC untuk merekam waktu pengambilan data. *Data logger* inilah yang akan

diplot pada Microsoft Excel untuk menampilkan simpangan gerak harmonik dari hasil pembacaan sensor.

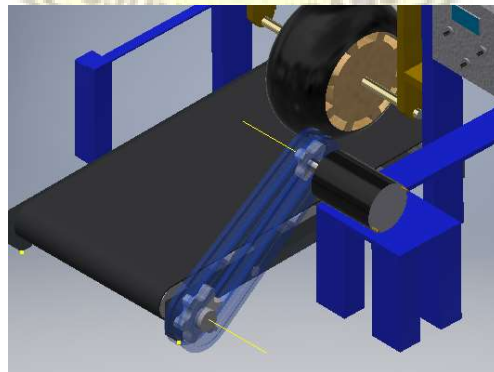
3) Perancangan konstruksi alat uji suspensi keseluruhan



Gambar 3.5 Desain Tampak Depan.

Pada Konstruksi Alat Uji Suspensi Secara Keseluruhan Memiliki tambahan berupa berupa motor BLDC dan sproket merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya. Dengan adanya motor BLDC dan sproket roda kendaraan dapat berputar yang kecepatannya di kontrol menggunakan *driver* motor.

4) Perancangan konstruksi penggerak roda



Gambar 3.6 Konstruksi Mekanik Penggerak Roda

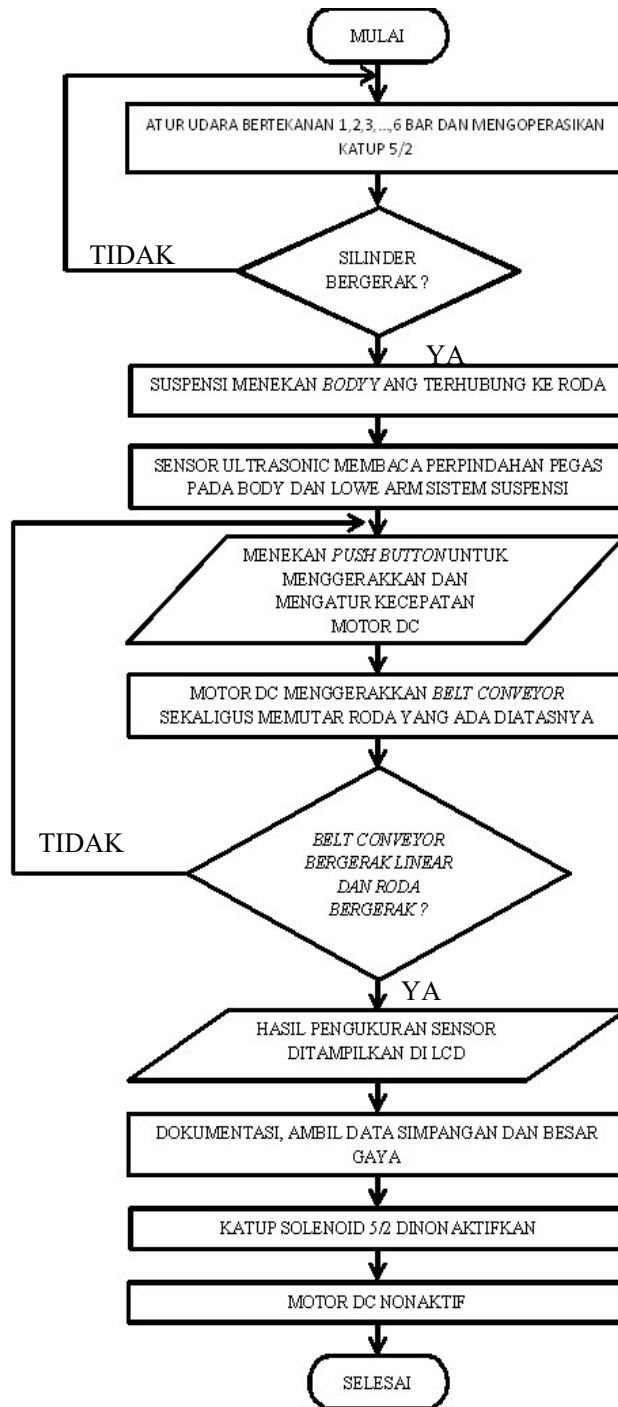
Konstruksi mekanik penggerak roda dirancang sedemikian rupa agar mampu menahan beban dan memutar roda kendaraan yang ada di atasnya yang mana memiliki *belt conveyor* dilengkapi roller sebanyak 5 buah dan memiliki sproket sebagai transmisi daya dari motor BLDC ke *belt conveyor*

3.3.3 Rancangan Perangkat Lunak (*Software*)

1) *Flow Chart*

Flowchart merupakan bagan-bagan yang memiliki arus dan dapat menggambarkan urutan-urutan pemecahan masalah. *Flowchart* dibuat untuk menggambarkan urutan logika dari program yang akan dibuat.





Gambar 3.7 Langkah-Langkah Pengujian Alat

2) Pembuatan Program

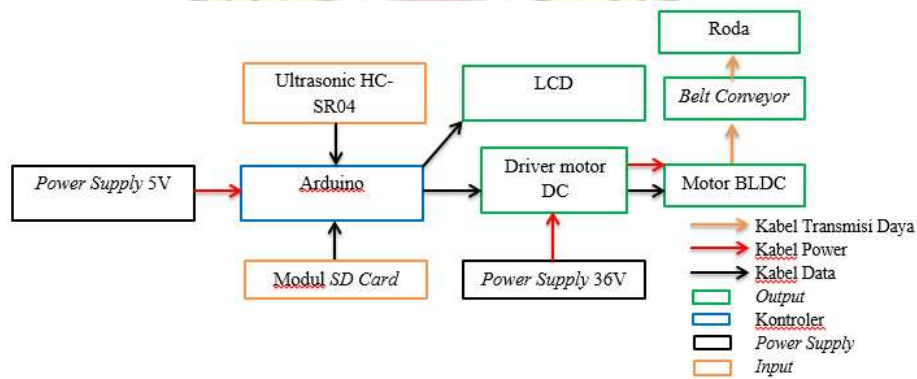
Pembuatan program bertujuan untuk membuat serangkaian instruksi yang ditulis untuk melakukan suatu fungsi spesifik pada Arduino Uno seperti pembacaan sensor ultrasonik, program LCD, RTC, Modul SD Card dan sebagainya.

Program yang dilakukan pada *software* Arduino Uno yaitu mengatur proses kerja dari semua peralatan yang telah dibuat. Adapun program gerakan yang dibebankan pada mikrokontroller Arduino sebagai berikut:

- Sub program untuk tampilan LCD
- Sub program untuk tampilan simpangan
- Sub program untuk menyimpan *data logger*

3) Diagram Blok

Tahap awal perancangan sistem ini memerlukan gambaran awal tentang bagaimana sistem kerja dari alat tersebut. Diagram blok memiliki masukan, kontroler, dan keluaran secara garis besar, perancangan sistem dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.8 Diagram Blok Penggerak Roda

3.3.4 Langkah-Langkah Pengujian Alat

1) Cara pengambilan data kecepatan motor BLDC

- Menghubungkan kabel USB dengan laptop, kemudian upload program alat uji suspensi.
- Memastikan rangkaian elektronik terhubung antara satu sama lain, menggunakan *clamp multimeter* untuk mengukur tegangan motor satuan Volt dan untuk mengukur arus yang masuk pada motor satuan Ampere.
- Mencatat hasil dari pengukuran yang telah dilakukan.

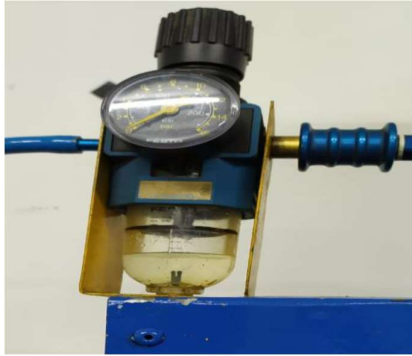
Berikut gambar pengambilan data kecepatan motor BLDC.



Gambar 3.9 Pengukuran Memakai *clamp multimeter*

2) Cara Pengambilan Data Simpangan pada Alat Uji Suspensi

- Memastikan kompresor dalam keadaan ON dan semua rangkaian elektronik terpasang dengan baik.
- Mengatur tekan udara 1-6 bar pada *Air Service Unit (ASU)*. Berikut gambar *Air Service Unit (ASU)*.



Gambar 3.10 Alat Ukur Tekanan

- Menyalakan katup pengoperasian 5/2. Berikut gambar katup pengoperasian 5/2.



Gambar 3.11 Katup *On/Off*

- Silinder menekan suspensi yang terhubung ke roda kendaraan.
- Sensor ultrasonik membaca perpindahan pegas.



Gambar 3.12 Posisi Sensor Ultrasonik

- Kemudian pembacaan sensor tersebut ditampilkan di LCD. Berikut tampilan pembacaan sensor ultrasonik pada LCD.



Gambar 3.13 Letak LCD pada Alat Uji Suspensi

- Hasil pembacaan tersebut terekam dalam bentuk *data logger*.
- Kemudian *data logger* tersebut ditampilkan ke Microsoft Excel. Berikut tampilan *data logger* pada Microsoft Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Start logging on: 2021/7/24								
2	Waktu/jarak: 13:19:11 / 33 mm								
3	Waktu/jarak: 13:19:12 / 96 mm								
4	Waktu/jarak: 13:19:12 / 89 mm								
5	Waktu/jarak: 13:19:12 / 96 mm								
6	Waktu/jarak: 13:19:12 / 92 mm								
7	Waktu/jarak: 13:19:13 / 93 mm								
8	Waktu/jarak: 13:19:13 / 95 mm								
9	Waktu/jarak: 13:19:13 / 91 mm								
10	Waktu/jarak: 13:19:14 / 96 mm								
11	Waktu/jarak: 13:19:14 / 91 mm								
12	Waktu/jarak: 13:19:14 / 94 mm								
13	Waktu/jarak: 13:19:14 / 94 mm								
14	Waktu/jarak: 13:19:15 / 90 mm								
15	Waktu/jarak: 13:19:15 / 98 mm								
16	Waktu/jarak: 13:19:15 / 95 mm								
17	Waktu/jarak: 13:19:16 / 93 mm								
18	Waktu/jarak: 13:19:16 / 96 mm								
19	Waktu/jarak: 13:19:16 / 92 mm								
20	Waktu/jarak: 13:19:16 / 100 mm								

Gambar 3.14 Pembacaan *Data Logger* pada Microsoft Excel

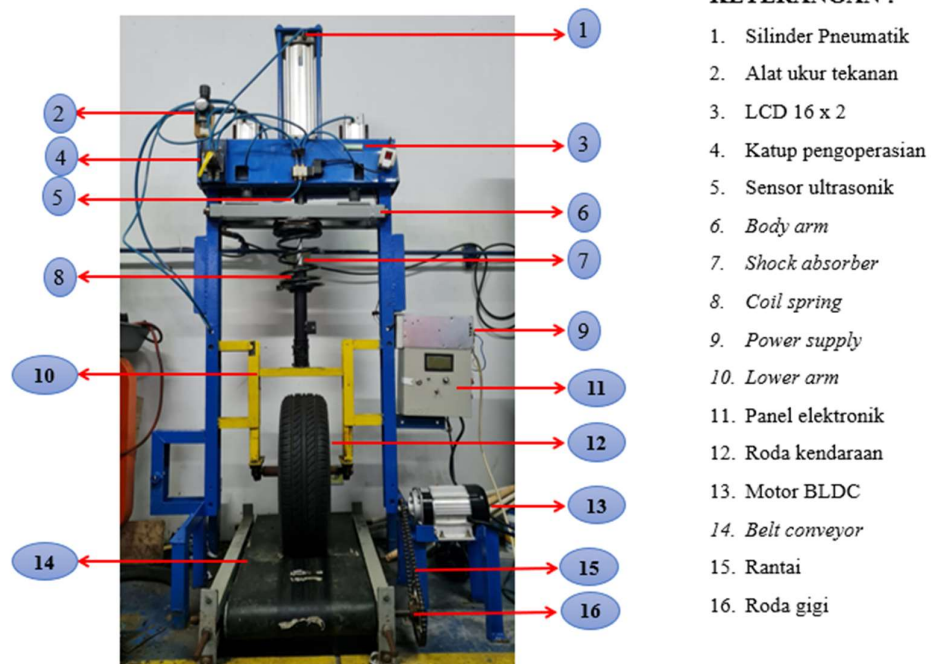
3.3.5 Penarikan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan adalah akhir dari semua proses yang dilakukan setelah pengujian dan pengambilan data pada pembuatan tugas akhir ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Mekanik Alat Uji Suspensi

Setelah melakukan penelitian maka penulis mendapatkan hasil perancangan mekanik alat uji suspensi sebagai berikut:



KETERANGAN :

1. Silinder Pneumatik
2. Alat ukur tekanan
3. LCD 16 x 2
4. Katup pengoperasian
5. Sensor ultrasonik
6. *Body arm*
7. *Shock absorber*
8. *Coil spring*
9. *Power supply*
10. *Lower arm*
11. Panel elektronik
12. Roda kendaraan
13. Motor BLDC
14. *Belt conveyor*
15. Rantai
16. Roda gigi

Gambar 4.1 Hasil Perancangan Alat Uji Suspensi Keseluruhan

Pada Gambar 4.1 terdapat 2 buah silinder kerja ganda, katup kontrol 5/2 aktuasi solenoid serta *pushbutton*, dan sensor ultrasonik untuk mengukur nilai simpangan yang terjadi pada suspensi. Hasil mekanik tampak bagian bawah yaitu sistem penggerak *belt conveyor* dan motor BLDC.

Adapun sistem kerja alat uji suspensi yaitu pada saat udara bertekanan masuk dari kompresor maka silinder pneumatik sebagai pengganti beban dinamis kendaraan membebani permukaan jalan. Udara bertekanan dari kompresor memberikan gaya tekan kompresi secara bervariasi terhadap pegas dan *absorber* yang terdapat pada alat uji suspensi. Jika pegas dan *shock absorber* mengalami pembebanan bervariasi dari tekanan $P=1$ sampai 3 bar, maka akan terjadi simpangan sejauh X mm, hasil simpangan tersebut yang akan direkam modul SD

card dan *micro SD* yang disebut data logger dan akan tampil ke LCD 16×2
Kemudian dari data logger tersebut akan diplot menggunakan MATLAB untuk
menampilkan grafik.

Adapun pada *belt conveyor*, proses kecepatan putar Motor BLDC dikontrol
menggunakan driver motor dari motor BLDC.

4.2 Hasil Motor BLDC sebagai Penggerak Roda Kendaraan Seperempat Mobil

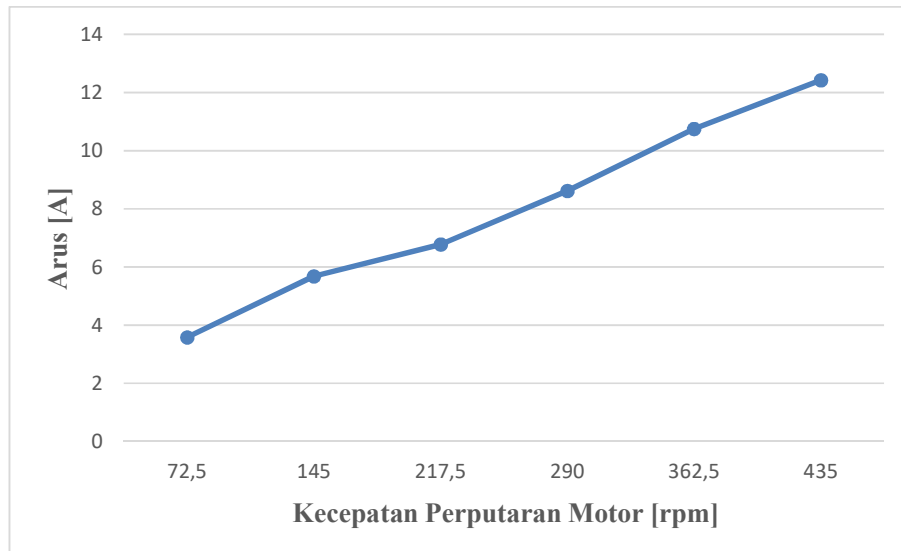
Dalam pengujian kali ini didapatkan hasil bahwa dalam mengontrol
kecepatan pada motor BLDC bergantung pada tegangan dan arus yang masuk ke
motor BLDC yang dimana dapat dilihat dari hasil eksperimen pada tabel dan grafik
di bawah :

4.2.1 Pengujian Motor BLDC dalam Keadaan Tanpa Beban Tambahan

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Motor BLDC dalam Keadaan Tanpa Beban Tambahan

No.	Kecepatan (km/h)	Kecepatan perputaran motor (rpm)	Arus (Ampere)	Tegangan (Voltage)
1	5	72.5	3.58 A	5.42 V
2	10	145	5.68 A	8.05 V
3	15	217.5	6.78 A	10.36 V
4	20	290	8.62 A	12.98 V
5	25	362.5	10.75 A	16.15 V
6	30	435	12.43 A	19.02 V

Dari hasil Tabel 4.1, didapatkan grafik arus dan tegangan motor dalam keadaan tanpa beban tambahan seperti berikut :



Gambar 4.2 Grafik Arus Motor BLDC dalam Keadaan Tanpa Beban Tambahan



Gambar 4.3 Grafik Tegangan Motor BLDC dalam Keadaan Tanpa Beban Tambahan

Berdasarkan Gambar 4.2 dan Gambar 4.3, ditunjukkan grafik arus dan tegangan motor yang digerakkan dalam keadaan tanpa beban tambahan memiliki nilai arus dan tegangan berbanding lurus dengan nilai putaran motor atau ketika nilai putaran motor naik maka nilai arus dan tegangan juga naik.



4.2.2 Pengujian Motor BLDC dalam Keadaan dengan Beban Tambahan

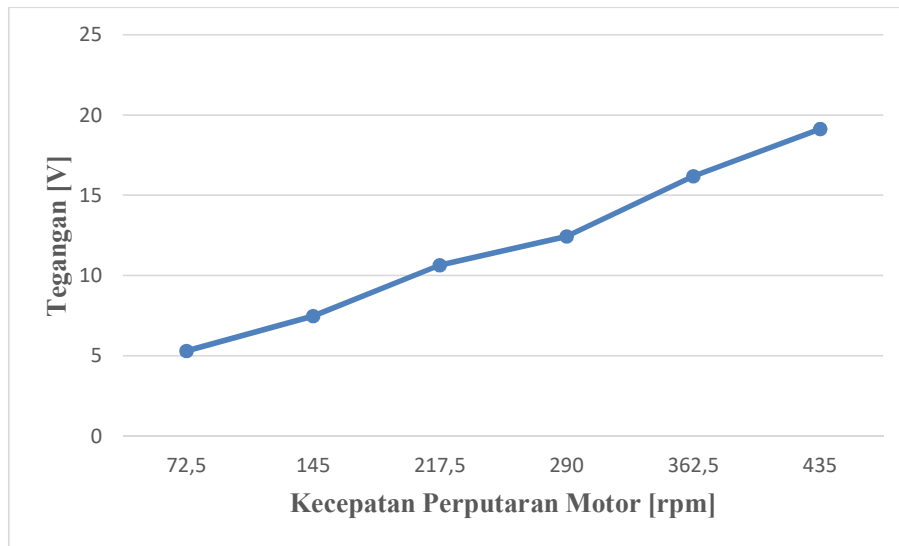
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Motor BLDC dalam Keadaan dengan Beban Tambahan

No.	Kecepatan (km/h)	Kecepatan perputaran motor (rpm)	Arus (Ampere)	Tegangan (Voltage)
1	5	72.5	8.45 A	5.30 V
2	10	145	10.84 A	7.47 V
3	15	217.5	14.38 A	10.64 V
4	20	290	18.30 A	12.45 V
5	25	362.5	22.54 A	16.18 V
6	30	435	25.48 A	19.12 V

Dari hasil Tabel 4.2, didapatkan grafik arus dan tegangan motor dalam keadaan dengan beban tambahan seperti berikut :



Gambar 4.4 Grafik Arus Motor BLDC dengan Beban Tambahan.



Gambar 4.5 Grafik Tegangan Motor BLDC dengan Beban Tambahan

Berdasarkan Gambar 4.4 dan Gambar 4.5, ditunjukkan grafik arus dan tegangan motor yang digerakkan dalam keadaan dengan beban tambahan memiliki nilai arus dan tegangan berbanding lurus dengan nilai putaran motor atau ketika nilai putaran motor naik maka nilai arus dan tegangan juga naik. Tetapi tegangan antara percobaan tanpa beban tambahan dengan percobaan dengan beban tambahan tidak mengalami perubahan yang signifikan, berbanding dengan arus yang mengalami perubahan yang cukup signifikan. Terlihat pada Tabel 4.2 eksperimen bahwa pada keadaan berbeban output controller maksimum, tegangan yaitu 19.12 [Volt] dan arus tertinggi yaitu 25.48 [Ampere] . Jadi, semakin berat beban yang diberi maka arus yang dipergunakan semakin besar, berbeda dengan tegangan yang cenderung konstan.

4.3 Hasil Alat Uji Suspensi Menggunakan Motor BLDC

Penelitian ini menggunakan beban tambahan yang didapat dari tekanan pneumatik. Satuan yang tertera pada tekanan pneumatik yaitu bar, tekanan yang dipakai 1-3 bar yang mana pengkonversian dari satuan bar ke [kg], yaitu:

- 1 bar = 205 [kg]
- 1.5 bar = 255 [kg]
- 2 bar = 305 [kg]
- 2.5 bar = 364 [kg]
- 3 bar = 400 [kg]



Gambar 4.6 Tampilan LCD dari Pengkonversian bar ke [kg]

Berdasarkan Gambar 4.6, dapat dilihat hasil pembacaan sensor dan perhitungan yang dihasilkan oleh mikrokontroler di tampilkan di LCD yang menampilkan nilai simpangan, beban dan gaya pada saat pembebanan awal dengan tekanan 1-3 bar. Maka hasil pengambilan data dapat diolah dan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik seperti berikut :

4.3.1 Tekanan 1 bar (± 205 kg) Hambatan 1 cm

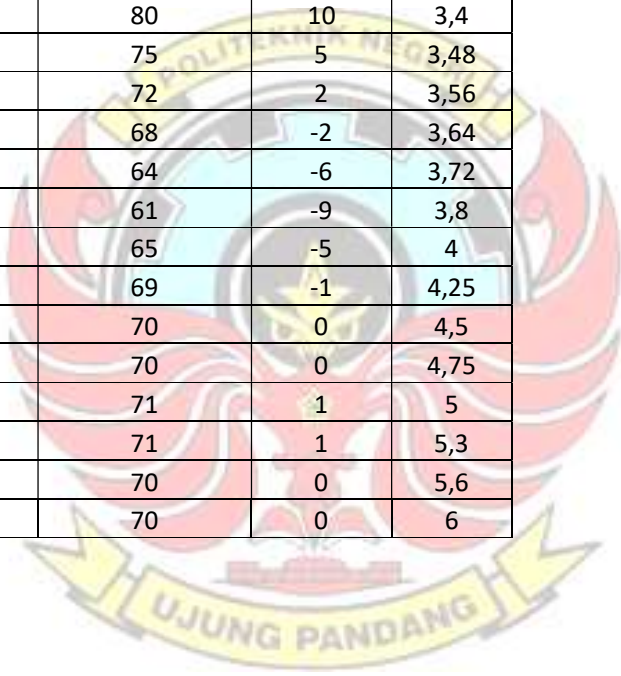
Tabel 4.3 Hasil data simpangan gerak harmonik dengan Tekanan 1 bar dan hambatan U 1 cm

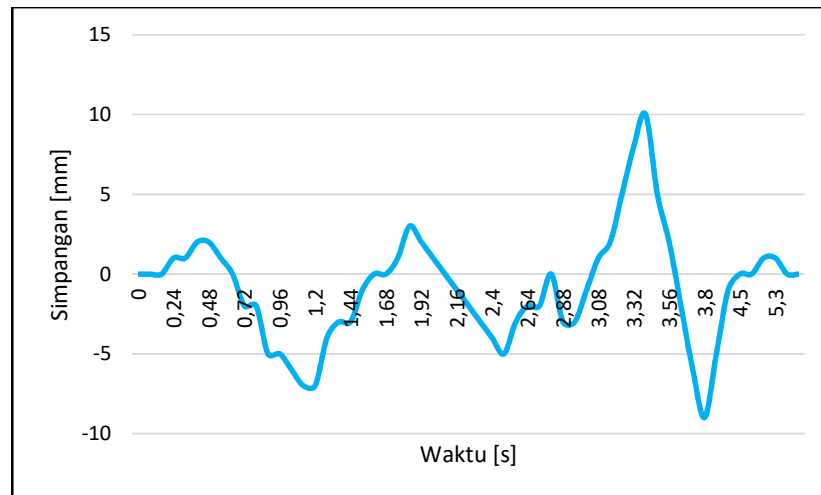
NO	Jarak [mm]	Simpangan [mm]	Waktu [s]
1	70	0	0
2	70	0	0,08
3	70	0	0,16
4	71	1	0,24
5	71	1	0,32
6	72	2	0,4
7	72	2	0,48
8	71	1	0,56
9	70	0	0,64
10	68	-2	0,72
11	68	-2	0,8
12	65	-5	0,88
13	65	-5	0,96
14	64	-6	1
15	63	-7	1,12
16	63	-7	1,2
17	66	-4	1,28
18	67	-3	1,36
19	67	-3	1,44
20	69	-1	1,52
21	70	0	1,6
22	70	0	1,68
23	71	1	1,76
24	73	3	1,84
25	72	2	1,92
26	71	1	2
27	70	0	2,08
28	69	-1	2,16
29	68	-2	2,24
30	67	-3	2,32

Lanjutan Tabel 4.3

31	66	-4	2,4
32	65	-5	2,48

33	67	-3	2,56
34	68	-2	2,64
35	68	-2	2,72
36	70	0	2,8
37	67	-3	2,88
38	67	-3	2,96
39	69	-1	3
40	71	1	3,08
41	72	2	3,16
42	75	5	3,24
43	78	8	3,32
44	80	10	3,4
45	75	5	3,48
46	72	2	3,56
47	68	-2	3,64
48	64	-6	3,72
49	61	-9	3,8
50	65	-5	4
51	69	-1	4,25
52	70	0	4,5
53	70	0	4,75
54	71	1	5
55	71	1	5,3
56	70	0	5,6
57	70	0	6





Gambar 4.7 Grafik simpangan gerak harmonik pada tekanan 1 bar dan hambatan U 1 cm

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.7 menunjukkan hasil simpangan yang telah dilakukan pada alat uji suspensi seperempat mobil di laboratorium mekatronika dengan memperoleh hasil grafik 1 bar U 1 cm dimana saat simpangan awal 0 s dalam satuan waktu maka simpangan jaraknya 70 mm (0 mm), dan pada waktu 0.24 s mengalami kenaikan ke jarak simpangan 71 mm (1 mm), kemudian mengalami penurunan terjauh pada waktu 3.8 s yaitu 61 mm (9 mm). Dimana amplitudo (simpangan terjauh) yaitu pada jarak 80mm (10 mm) pada waktu 3.4 s, kecepatan redaman dari awal sampai berhenti bergetar yaitu 0.24 sampai 5.6 s. Hambatan [U] yang diberikan adalah Gaya reaksi dari kontur jalan terhadap ban, dimana penulis menggunakan balok kecil setinggi 1 cm.

4.3.2 Tekanan 1,5 (± 255 kg) bar Hambatan 1 cm

Tabel 4.4 Hasil data simpangan gerak harmonik dengan Tekanan 1.5 bar dan hambatan U 1 cm

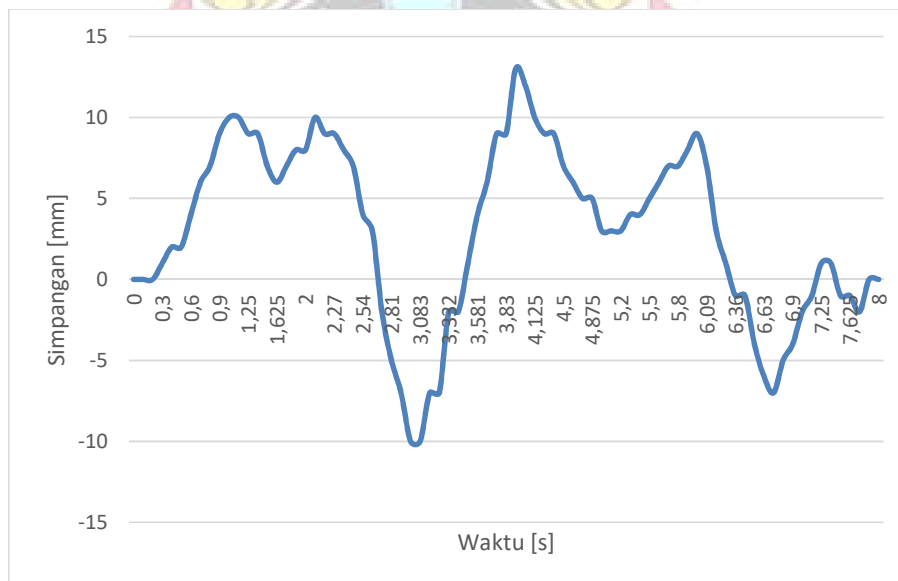
NO	Jarak [mm]	Simpangan [mm]	Waktu [s]
1	79	0	0
2	79	0	0,1
3	79	0	0,2
4	80	1	0,3
5	81	2	0,4
6	81	2	0,5
7	83	4	0,6
8	85	6	0,7
9	86	7	0,8
10	88	9	0,9
11	89	10	1
12	89	10	1,125
13	88	9	1,25
14	88	9	1,375
15	86	7	1,5
16	85	6	1,625
17	86	7	1,75
18	87	8	1,875
19	87	8	2
20	89	10	2,09
21	88	9	2,18
22	88	9	2,27
23	87	8	2,36
24	86	7	2,45
25	83	4	2,54
26	82	3	2,63
27	77	-2	2,72
28	74	-5	2,81
29	72	-7	2,9
30	69	-10	3
31	69	-10	3,083
32	72	-7	3,166
33	72	-7	3,249

Lanjutan Tabel 4.4

34	77	-2	3,332
35	77	-2	3,415
36	80	1	3,498
37	83	4	3,581
38	85	6	3,664
39	88	9	3,747
40	88	9	3,83
41	92	13	3,913
42	91	12	4
43	89	10	4,125
44	88	9	4,25
45	88	9	4,375
46	86	7	4,5
47	85	6	4,625
48	84	5	4,75
49	84	5	4,875
50	82	3	5
51	82	3	5,1
52	82	3	5,2
53	83	4	5,3
54	83	4	5,4
55	84	5	5,5
56	85	6	5,6
57	86	7	5,7
58	86	7	5,8
59	87	8	5,9
60	88	9	6
61	86	7	6,09
62	82	3	6,18
63	80	1	6,27
64	78	-1	6,36
65	78	-1	6,45
66	75	-4	6,54
67	73	-6	6,63
68	72	-7	6,72
69	74	-5	6,81

Lanjutan Tabel 4.4

70	75	-4	6,9
71	77	-2	7
72	78	-1	7,125
73	80	1	7,25
74	80	1	7,375
75	78	-1	7,5
76	78	-1	7,625
77	77	-2	7,75
78	79	0	7,875
79	79	0	8



Gambar 4.8 Grafik simpangan gerak harmonik pada tekanan 1.5 bar dan hambatan U 1 cm

Berdasarkan Tabel 4.4 dan Gambar 4.8 menunjukkan hasil simpangan yang telah dilakukan pada alat uji suspensi seperempat mobil di laboratorium mekatronika dengan memperoleh hasil grafik 1.5 bar U 1 cm dimana saat

simpangan awal 0 s dalam satuan waktu maka simpangan jaraknya 79 mm (0 mm), dan pada waktu 0.3 s mulai mengalami perubahan simpangan sebesar 1 mm (80 mm). Dimana amplitudo yaitu 13 mm (92 mm) pada waktu 3.913 s. Hambatan [U] yang diberikan adalah Gaya reaksi dari kontur jalan terhadap ban, dimana penulis menggunakan balok kecil setinggi 1 cm.

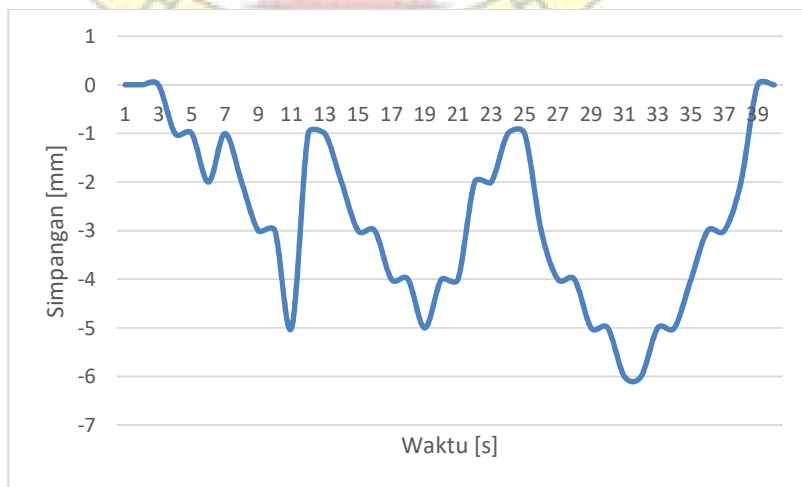
4.3.3 Tekanan 2 (± 305 kg) bar Hambatan 1 cm

Tabel 4.5 Hasil data simpangan gerak harmonik dengan Tekanan 2 bar dan hambatan U 1 cm

NO	Jarak [mm]	Simpangan [mm]	Waktu [s]
1	77	0	0
2	77	0	0,1
3	77	0	0,2
4	76	-1	0,3
5	76	-1	0,4
6	75	-2	0,5
7	76	-1	0,6
8	75	-2	0,7
9	74	-3	0,8
10	74	-3	0,9
11	72	-5	1
12	76	-1	1,125
13	76	-1	1,25
14	75	-2	1,375
15	74	-3	1,5
16	74	-3	1,625
17	73	-4	1,75
18	73	-4	1,875
19	72	-5	2
20	73	-4	2,125
21	73	-4	2,25
22	75	-2	2,375

Lanjutan Tabel 4.5

23	75	-2	2,5
24	76	-1	2,625
25	76	-1	2,75
26	74	-3	2,875
27	73	-4	3
28	73	-4	3,2
29	72	-5	3,4
30	72	-5	3,6
31	71	-6	3,8
32	71	-6	4
33	72	-5	4,125
34	72	-5	4,25
35	73	-4	4,375
36	74	-3	4,5
37	74	-3	4,625
38	75	-2	4,75
39	77	0	4,875
40	77	0	5



Gambar 4.9 Grafik simpangan gerak harmonik dengan tekanan 2 bar dan hambatan U 1 cm

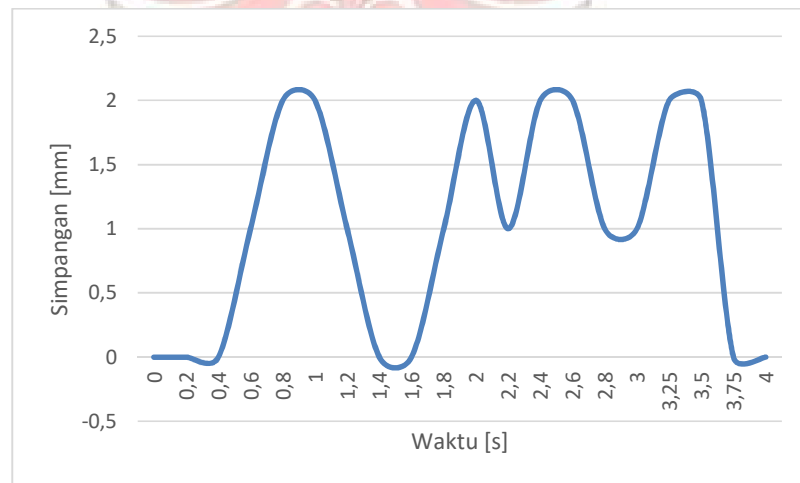
Berdasarkan Tabel 4.5 dan Gambar 4.9 menunjukkan hasil simpangan yang telah dilakukan pada alat uji suspensi seperempat mobil di laboratorium mekatronika dengan memperoleh hasil grafik 2 bar U 1 cm dimana saat simpangan awal 0s dalam satuan waktu maka simpangan jaraknya 77 mm (0 mm), dan pada waktu 0.3 s mulai mengalami perubahan simpangan sebesar 1 mm (76 mm). Dimana amplitudo yaitu 6 mm (pada jarak 71 mm) pada waktu 3.8 s sampai 4 s, kecepatan redaman dari awal sampai berhenti bergetar yaitu 0.3 sampai 4.875 s. Hambatan [U] yang diberikan adalah Gaya reaksi dari kontur jalan terhadap ban, dimana penulis menggunakan balok kecil setinggi 1 cm.

4.3.4 Tekanan 2,5 (± 364 kg) bar Hambatan 1 cm

Tabel 4.6 Hasil data simpangan gerak harmonik dengan Tekanan 2.5 bar dan hambatan U 1 cm

NO	Jarak [mm]	Simpangan [mm]	Waktu [s]
1	85	0	0
2	85	0	0,2
3	85	0	0,4
4	86	1	0,6
5	87	2	0,8
6	87	2	1
7	86	1	1,2
8	85	0	1,4

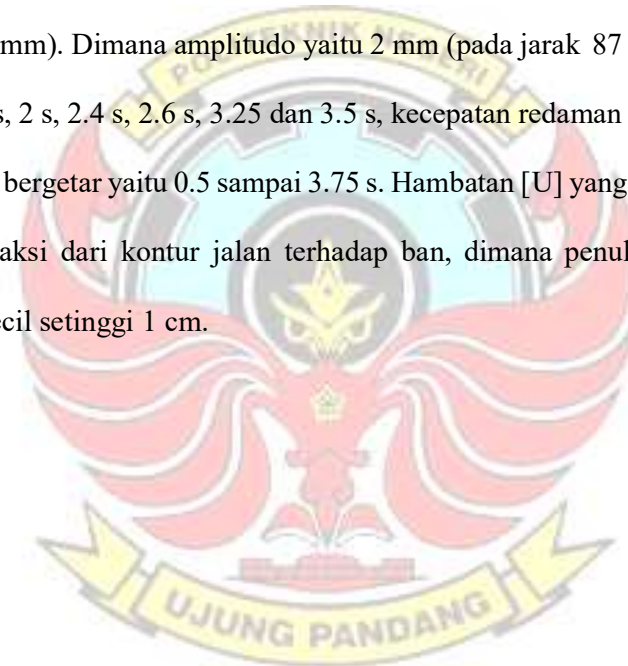
9	85	0	1,6
10	86	1	1,8
11	87	2	2
12	86	1	2,2
13	87	2	2,4
14	87	2	2,6
15	86	1	2,8
16	86	1	3
17	87	2	3,25
18	87	2	3,5
19	85	0	3,75
20	85	0	4



Gambar 4.10 Grafik simpangan gerak harmonik dengan 2.5 bar

dan hambatan U 1 cm

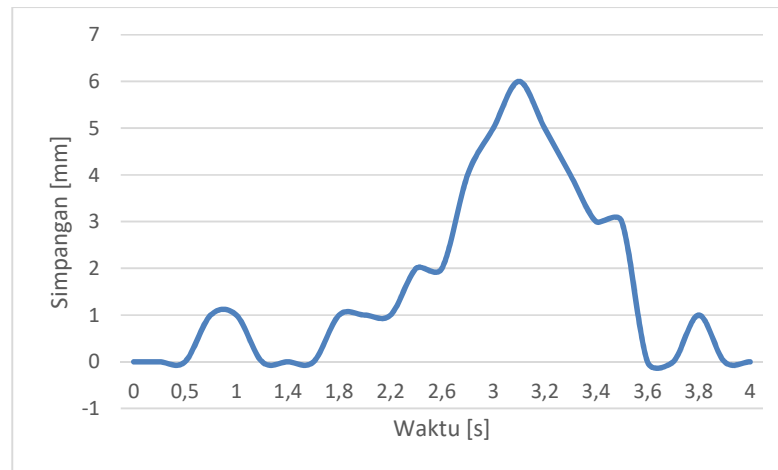
Berdasarkan Tabel 4.6 dan Gambar 4.10 menunjukkan hasil simpangan yang telah dilakukan pada alat uji suspensi seperempat mobil di laboratorium mekatronika dengan memperoleh hasil grafik 2.5 bar U 1 cm dimana saat simpangan awal 0 s dalam satuan waktu maka simpangan jaraknya 85 mm (0 mm), dan pada waktu 0.5 s mulai mengalami perubahan simpangan sebesar 1 mm (86 mm). Dimana amplitudo yaitu 2 mm (pada jarak 87 mm) pada waktu 0.8 s, 1 s, 2 s, 2.4 s, 2.6 s, 3.25 dan 3.5 s, kecepatan redaman dari awal sampai berhenti bergetar yaitu 0.5 sampai 3.75 s. Hambatan [U] yang diberikan adalah Gaya reaksi dari kontur jalan terhadap ban, dimana penulis menggunakan balok kecil setinggi 1 cm.



4.3.5 Tekanan 3 (\pm 400 kg) bar Hambatan 1 cm

Tabel 4.7 Hasil data simpangan gerak harmonik dengan Tekanan 3 bar dan hambatan U 1 cm

NO	Jarak [mm]	Simpangan [mm]	Waktu [s]
1	73	0	0
2	73	0	0,25
3	73	0	0,5
4	74	1	0,75
5	74	1	1
6	73	0	1,2
7	73	0	1,4
8	73	0	1,6
9	74	1	1,8
10	74	1	2
11	74	1	2,2
12	75	2	2,4
13	75	2	2,6
14	77	4	2,8
15	78	5	3
16	79	6	3,1
17	78	5	3,2
18	77	4	3,3
19	76	3	3,4
20	76	3	3,5
21	73	0	3,6
22	73	0	3,7
23	74	1	3,8
24	73	0	3,9
25	73	0	4



Gambar 4.11 Grafik simpangan gerak harmonik dengan tekanan 3 bar dan hambatan U 1 cm

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.11 menunjukkan hasil simpangan yang telah dilakukan pada alat uji suspensi seperempat mobil di laboratorium mekatronika dengan memperoleh hasil grafik 3 bar U 1 cm dimana saat simpangan awal 0 s dalam satuan waktu maka simpangan jaraknya 73 mm (0 mm), dan pada waktu 0.75 s mulai mengalami perubahan simpangan sebesar 1 mm (74 mm). Dimana amplitudo yaitu 6 mm (pada jarak 79 mm) pada waktu 3.1 s. Hambatan [U] yang diberikan adalah Gaya reaksi dari kontur jalan terhadap ban, dimana penulis menggunakan balok kecil setinggi 1 cm.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan dan pengujian sistem dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada Pengembangan Sistem Penggerak Roda Pada Mekanisme Kerja Alat Uji Suspensi Menggunakan Motor BLDC mampu menggerakkan roda kendaraan dengan tambahan beban ± 400 Kg dengan kecepatan yang dapat diatur hingga 30 km/h.
2. Mekanisme kerja alat uji suspensi dapat menampilkan simpangan gerak harmonik dari posisi suspensi pada saat roda kendaraan yang bergerak diberikan pembebanan kejut berupa hambatan setinggi 1 cm. Pada tekanan 1 bar simpangan terjauhnya yaitu 9 mm, pada tekanan 1.5 bar simpangan terjauhnya yaitu 9 mm, pada tekanan 2 bar simpangan terjauhnya yaitu 6 mm, Pada tekanan 2.5 bar simpangan terjauhnya yaitu 2 mm dan pada tekanan 3 bar simpangan terjauhnya yaitu 6 mm.

5.2 Saran

1. Mengubah sistem mekanik pada konveyor menjadi lebih kuat, agar dapat menahan beban hingga ratusan kilogram.
2. Menambahkan *load cell* untuk dapat mengetahui secara akurat beban dari alat uji suspensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Crouse, William H. 1993. *Automotive Mechanics*, Vol.10. NewYork: McGraw-Hill Education.
- Jumadiko, Selo. 2013. *Konstruksi dan Cara Kerja Sistem Suspensi*. Artikel Sistem Suspensi & Kemudi, (Online), 1 (1): 1-36, (<https://www.scribd.com/>) diakses pada 5 Februari 2021.
- Ka'ka, Simon, dkk 2018. *The Pneumatic Actuators As Vertical Dynamic Load Simulators On Medium Weighted Wheel Suspension Mechanism*. *Journal of Physics*, 962, 10.
- Kamelia dan Muhammad Surjana Sudariat dan Muhammad Surjana Sudariat. 2019. *Rancang Bangun Sistem Penggerak Roda pada Alat Uji Suspensi Seperempat Mobil*. Skripsi. Makassar. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Linsey, Trevor. 2004. *Basic Electrical Installation Work*, Edisi Ketiga. Terjemahan : Mirza Satriawan. Jakarta: Erlangga.
- Oni, B., Sumardi dan Aris, T. 2013. *Desain AutonTuning PID Menggunakan Logika Fuzzy pada Sistem Suspensi Aktif Tipe Paralel Nonlinier Model Kendaraan Seperempat*. *Jurnal Teknik Elektro*, 15(3): 114-120. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Peacock. 2007. *Dynamic Control and Spring*. New York: MIT.
- Setiawan, Afric. 2011. *Aplikasi Mikrokontroler ATMega8535 dan ATMega 16 Menggunakan Bascom-AVR*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- SlideServe. *Transmisi Otomatis*. Diakses dari <https://id.scribd.com/mobile/doc/267844790/Transmisi-Otomatis> pada tanggal 26 Agustus 2021 pukul 23.03 wita.
- Suluhito, Suselo. 2012. *Anatomi Sistem Roller Conveyor*, (online). (<https://suluhmania.wordpress.com/2012/04/04/anatomi-sistemroller-yor/>), diakses 19 januari 2019.
- Sularso dan Kiyokatsu Suga. 1983. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Supatmi S. (2013). *Pengaruh Sensor Ultrasonik Terhadap Pengontrolan Lampu*. Universitas Komputer Indonesia. Bandung.
- Taruna E. (2016). *Pengendalian Lampu Rumah Berbasis Mikrokontroler Arduino Menggunakan Smartphone Android*. Stmik Atma Luhur Pangkalpinang.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Program

```
##include <OneWire.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Library LCD i2c
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
const int chipSelect = 10; //cs or the save select pin from the sd shield is connected to 10.
RTC_DS1307 RTC;
//float celsius, fahrenheit;
int jam,menit,detik;
String waktu, tanggal;
//OneWire ds(8); // temperature sensor on pin 8 (a 4.7K resistor is necessary) //
File dataFile;
DateTime now;

//ultrasonik sensor

int trigpin=3; //penginisal kaki trigpin masuk pin 3
int echopin=2; //penginisial kaki echopin masuk pin 4

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trigpin,OUTPUT); //pin trigpin sebagai OUTPUT
  pinMode(echopin,INPUT); //pin echopin sebagai INPUT
  pinMode(chipSelect,OUTPUT);
  lcd.begin(); //Menunjukkan bahwa lcd memiliki 16 kolom dan 2 baris
  lcd.clear(); //bahwa lcd dalam keadaan bersih tanpa tulisan
  datalog();
}

void datalog() {
  //setup clock
  Wire.begin();
  RTC.begin();
  //check or the Real Time Clock is on
  if (! RTC.isrunning()) {
    Serial.println("RTC is NOT running!");
    // following line sets the RTC to the date & time this sketch was compiled
    // uncomment it & upload to set the time, date and start run the RTC!
    RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
  }
  //setup SD card
  Serial.print("Initializing SD card...");

  // see if the SD card is present and can be initialized:
  if (!SD.begin(10)) {
    Serial.println("Card failed, or not present");
    // don't do anything more:
    return;
  }
  Serial.println("card initialized.");

  //write down the date (year / month / day prints only the start, so if the logger runs for several days
```

you only find the start back at the begin.

```

now = RTC.now();
dataFile = SD.open("contoh.csv", FILE_WRITE);
dataFile.print("Start logging on: ");
dataFile.print(now.year(),DEC);
dataFile.print("/");
dataFile.print(now.month(),DEC);
dataFile.print("/");
dataFile.print(now.day(),DEC);
dataFile.println(" ");
dataFile.close();
}
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  //read the time
  DateTime now = RTC.now();
  String jam=String(now.hour(),DEC);
  String menit=String(now.minute(),DEC);
  String detik=String(now.second(),DEC);
  String waktu=String(jam + ":" + menit + ":" + detik);
  String ultra="";
  //Rumus mencari M, F, dan Jarak
  int duration;
  int distance;
  int F;
  int M;
  digitalWrite(trigpin,LOW); //membaca pin trigpin Low
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigpin,HIGH); //pin trigpin mengirim sinyal
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigpin,LOW); //pin trigpin LOW
  duration = pulseIn(echopin,HIGH); //pin echo membaca atau menerima sinyal
  distance = duration /58.8 * 10 - 34 ; //rumus dalam mm
  F = 0.063 * 0.063 * 3.141592 / 4 * 4484.30 * 2 * distance ; //rumus tampilan gaya
  M = F / 10 + 15 ; //rumus tampilan massa
  //lcd print
  lcd.setCursor(4,0);
  lcd.print("x = ");
  lcd.print(distance);
  lcd.setCursor(14,0);
  lcd.print("mm");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("m=");
  lcd.print(M);
  lcd.setCursor(7,1);
  lcd.print("Kg");
  lcd.setCursor(9,1);
  lcd.print("F=");
  lcd.print(F);
  lcd.setCursor(15,1);
  lcd.print("N");
  lcd.clear();
  //sd card
  //open file to log data in.
  dataFile = SD.open("contoh.csv", FILE_WRITE);
  // if the file is available, write to it:
  // log the temperature and time.
  if (dataFile) {

```

```

dataFile.print("Waktu/jarak: ");
dataFile.print(now.hour(),DEC);
data File.print(":");
dataFile.print(now.minute(), DEC);
dataFile.print(":");
dataFile.print(now.second(), DEC);
dataFile.print(" / ");
dataFile.print(distance);
dataFile.print(" mm");
dataFile.print("\n");
dataFile.close();
  // print to the serial port too:
  Serial.println("data stored");
}
// if the file isn't open, pop up an error:
else {
  Serial.println("error opening datalog.txt");
}
//delay(60000); // this will log the temperature every minute.
delay(30);}

```

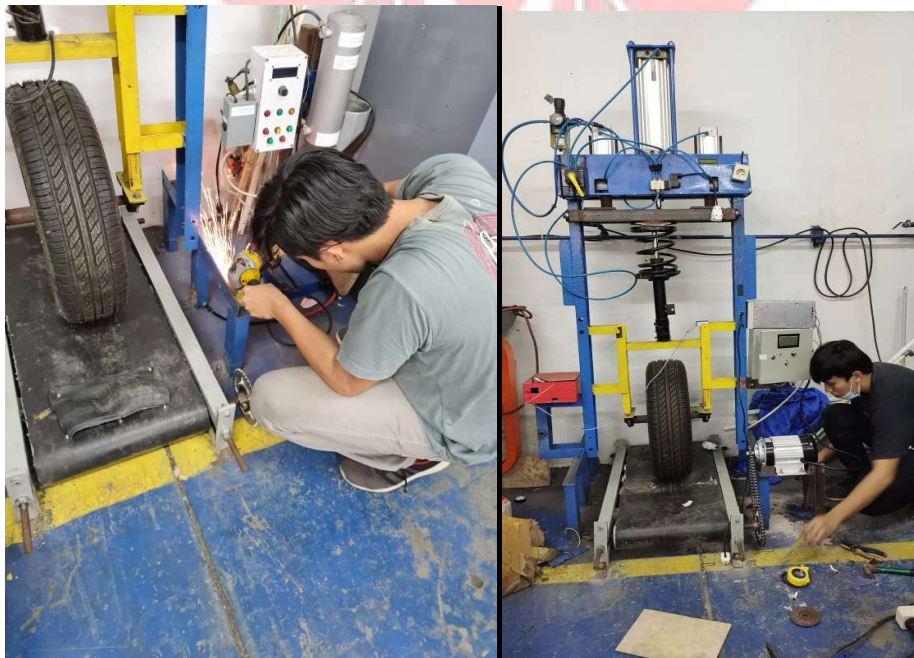
Program Arduino Uno



Lampiran 2 Dokumentasi Kegiatan



Gambar L. 1 Uji Coba Motor BLDC



Gambar L. 2 Pembuatan Dudukan Motor BLDC



Gambar L. 3 Pengambilan Data

Lampiran 3 Gambar Alat



Gambar L. 4 Alat Uji Suspensi



Gambar L. 5 Gambar Motor BLDC

Lampiran 4 Biodata Penulis



Haliman Abrahan Junior Sumadi. Lahir di Makassar pada tanggal 04 Juni 2000 dari ayah Rochman Sumadi dan ibu Dina. Penulis adalah anak tunggal. Tahun 2011 penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SD Inpres. Tamajene. Pada tahun itu juga penulis melanjutkan Pendidikan di SMPN 23 Makassar dan tamat pada tahun 2014 kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Atas di SMAN 5 Makassar Jurusan IPA dan lulus pada tahun 2017. Pada tahun 2017 penulis diterima sebagai mahasiswa program studi Teknik Mekatronika

Jurusan Teknik Mesin di Politeknik Negeri Ujung Pandang. Penulis pernah mengikuti Praktik Kerja Lapangan di PT Pelabuhan Indonesia IV (Persero) cabang Makassar, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan.







Sri Sasmita Anugrah Putri. Lahir di Makassar pada tanggal 12 September 1997 dari ayah Jamaluddin dan ibu Fitriani. Penulis adalah anak pertama dari 6 bersaudara. Tahun 2010 penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SD Inpres Mannuruki 2. Pada tahun itu juga penulis melanjutkan Pendidikan di SMPN 34 Makassar dan tamat pada tahun 2013 kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Atas di MAN 3 Makassar Jurusan IPA dan lulus pada tahun 2016. Pada tahun 2017 penulis diterima sebagai mahasiswa

program studi Teknik Mekatronika Jurusan Teknik Mesin di Politeknik Negeri Ujung Pandang. Penulis pernah mengikuti Praktik Kerja Lapangan di PT Pelabuhan Indonesia IV (Persero) cabang Terminal Petikemas Makassar, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan.

**LAMPIRAN BERITA ACARA PELAKSANAAN
UJIAN SIDANG SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : Haliman Abrahan Junior Sumadi/Sri Susmita Amugrah Putri
NIM : 444 17 015/444 17 005

Catatan/Daftar Revisi Penguji:

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1	Pak Fadir	- Perbaiki Manfaat Penelitian - Perbaiki paragraf kedua - Perbaiki "grafik rimpangan" - Perbaiki Data	
2	Pi Taufik	- Perbaiki Tugun - Perbaiki output speed bit - Perbaiki data graph.	
3.	Imran	- Perbaiki Diagram Blok - - Perbaiki skema Diagram ✓ - Perbaiki program ✓ - Hal 52. ✓	
4.	Pak Remi	- Lihat revisi di hard copy	

Makassar, 06 September 2021
Sekretaris Penguji



Imran Habrisuryah, S.ST., M.T.
NIP. 19881005 201903 1 009

Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik.