

PENGEMBANGAN SISTEM Pengereman dan Catu Daya
Sepeda Listrik Roda Dua



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan sarjana terapan (D-4) Program Studi Teknik Mekatronika Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

KELFIN DIYANTO

44422207

MUHAMMAD ANDHY SATRIO ANWAR

44422216

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2023

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Pengembangan sistem Pengereman dan Catu Daya Sepeda Listrik Roda Dua” oleh Kelfin Diyanto NIM 44422207 dan Muhammad Andhy Satrio Anwar NIM 44422216 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, September 2023

Pembimbing I



Ir. Lewi, M.T.
NIP.19650913 199003 1 005

Pembimbing II

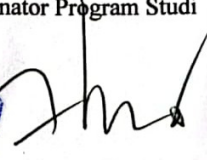


Ir. Remigius Tandioaga, M. Eng. Sc.
NIP. 19621210 199003 1 002

Mengetahui

Koordinator Program Studi










Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T.
NIP. 19760413 200812 1 003

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Jumat, 22 September 2023, tim penguji ujian sidang skripsi telah menerima skripsi mahasiswa: Kelfin Diyanto NIM 44422207 dan Muhammad Andhy Satrio Anwar NIM 44422216 dengan judul “Pengembangan Sistem Pengereman dan Catu Daya Sepeda Listrik Roda Dua”.

Makassar, September 2023

Tim Ujian Sidang Skripsi:

1. Dr.Eng. Abd. Kadir Muhammad, S.T., M.Eng.	Ketua	()
2. Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T.	Sekretaris	()
3. Mukhtar, S.Pd., M.Eng.	Anggota	()
4. Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad, M.T	Anggota	()
5. Ir. Lewi, M.T.	Anggota	()
6. Ir. Remigius Tandioga, M.Eng. Sc.	Anggota	()

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa karena berkat, rahmat, dan karunia-Nya, penulisan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Rem dan Baterai Sepeda Listrik Roda Dua” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan skripsi ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang;
2. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid M.T. selaku Ketua jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang;
3. Bapak Dr.Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Mekatronika Politeknik Negeri Ujung Pandang;
4. Bapak Ir. Lewi, M.T. dan Bapak Ir. Remigius Tandioga, Eng. Sc. sebagai pembimbing yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatanya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
5. Para dosen dan staf Politeknik Negeri Ujung Pandang yang tidak disebut namanya satu persatu atas limpahan ilmu yang telah diberikan;

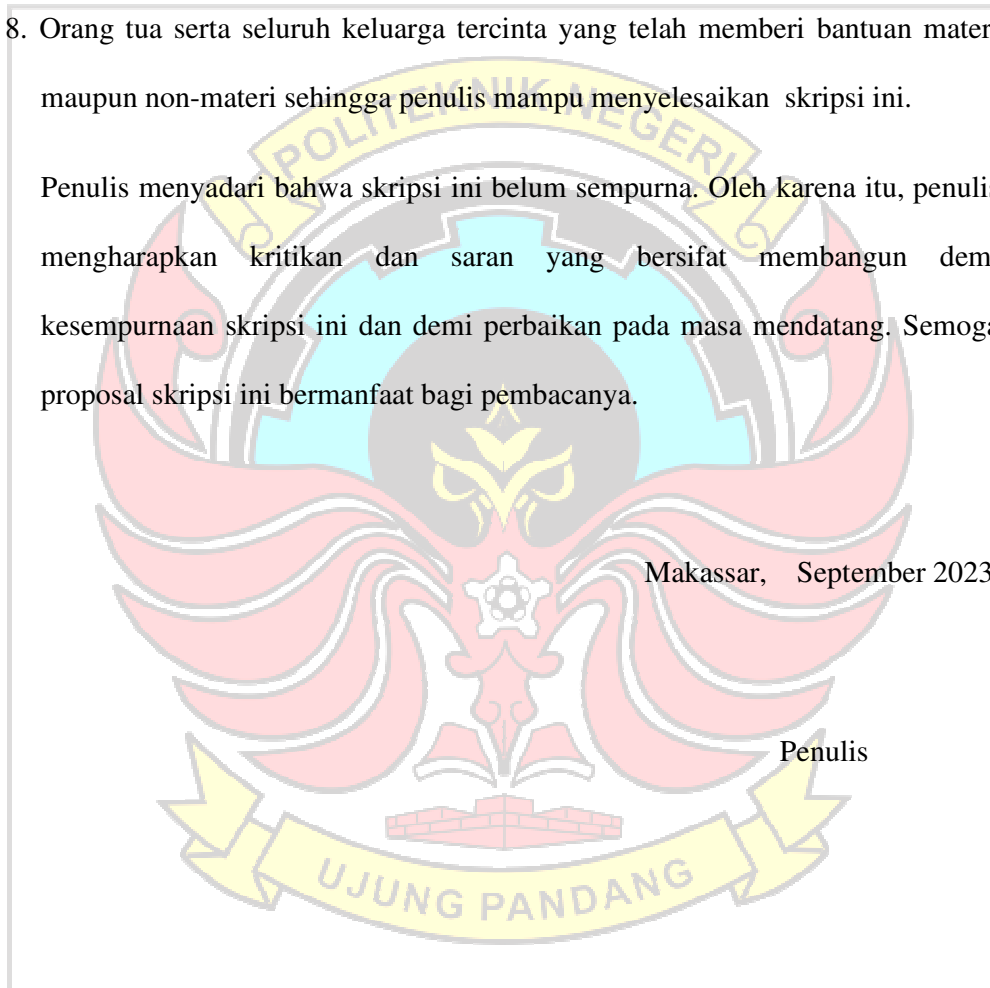
6. Rekan-rekan D4 Teknik Mekatronika RPL atas kebersamaan dan kerjasamanya selama ini;
7. Semua pihak yang terlibat yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu atas segala bentuk bantuan sehingga skripsi kami dapat terselesaikan;

8. Orang tua serta seluruh keluarga tercinta yang telah memberi bantuan materi maupun non-materi sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini dan demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga proposal skripsi ini bermanfaat bagi pembacanya.

Makassar, September 2023

Penulis



DAFTAR ISI

	hlm
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
SURAT PERNYATAAN.....	xv
RINGKASAN.....	xvii
SUMMARY.....	xviii
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 Pengertian Sepeda Listrik.....	4

2.2	Komponen Sepeda Listrik.....	4
2.2.1	<i>Hand throttle</i>	4
2.2.2	Motor Listrik.....	5
2.2.3	<i>Controller</i>	8
2.2.4	Rem.....	9
2.2.5	Sensor <i>E-brake</i>	12
2.2.6	<i>Battery Management Systems (BMS)</i>	13
2.2.7	Baterai <i>Lithium Ion</i>	14
2.2.8	<i>Power Supply</i>	16
2.3	Rumus Tegangan, Daya dan Arus.....	17
2.4	Rumus Kecepatan.....	18
2.5	Rumus Torsi.....	19
2.6	Penelitian Terkait.....	19
BAB III METODE PENELITIAN.....		24
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	24
3.2	Alat dan Bahan.....	24
3.2.1	Alat.....	24
3.2.2	Bahan.....	25
3.3	Langkah Kerja/Prosedur.....	26
3.3.1	Desain Perancangan.....	29
3.3.2	Sistem Kelistrikan.....	30
3.3.3	Sistem Pengereman.....	30
3.4	Prosedur Pengujian Alat.....	31
3.5	Teknik Analisis Data.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		32
4.1	Hasil.....	32
4.1.1	Perbaikan Rangka Sepeda Listrik.....	32
4.1.2	Pemasangan Pengereman Hidrolik/Cakram.....	34

4.1.3 Proses Perakitan Baterai Lithium.....	35
4.1.4 Proses Perakitan Sistem Kelistrikan.....	38
4.2 Pembahasan.....	39
4.2.1 Pengujian Pengereman Sepeda Listrik.....	39
4.2.2 Pengujian Kecepatan Sepeda Listrik.....	39
4.2.3 Pengujian Sepeda Listrik Pada Pendakian.....	42
4.2.4 Pengujian Jarak Tempuh Sepeda Listrik.....	43
4.2.5 Pengujian rpm (<i>Revolution Per Minute</i>).....	45
4.2.6 Pengujian Lama Penggunaan Sepeda Listrik Tanpa Beban.....	46
4.2.7 Perhitungan Torsi Sepeda Listrik.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN.....	53



DAFTAR TABEL

	hlm
Tabel 3.1 Alat yang digunakan.....	24
Tabel 3.2 Bahan yang digunakan.....	25
Tabel 4.1 Data hasil pengujian rem hidrolik.....	39
Tabel 4.2 Data hasil pengujian rem tromol.....	39
Tabel 4.3 Jarak 100 meter beban 70 kg.....	40
Tabel 4.4 Jarak 100 meter beban 60 kg.....	40
Tabel 4.5 Jarak 100 meter beban 50 kg.....	40
Tabel 4.6 Jarak 150 meter beban 70 kg.....	41
Tabel 4.7 Jarak 150 meter beban 60 kg.....	41
Tabel 4.8 Jarak 150 meter beban 50 kg.....	41
Tabel 4.9 Jarak 200 meter beban 70 kg.....	41
Tabel 4.10 Jarak 200 meter beban 60 kg.....	42
Tabel 4.11 Jarak 200 meter beban 50 kg.....	42
Tabel 4.12 Data hasil pengujian pada pendakian dengan beban 50 kg.....	42
Tabel 4.13 Data hasil pengujian pada pendakian dengan beban 60 kg.....	43
Tabel 4.14 Data hasil pengujian rpm.....	45

Tabel 4.15 Data hasil pengujian sepeda listrik tanpa beban.....46

Tabel 4.16 Konversi rpm ke rps.....47



DAFTAR GAMBAR

	hlm
Gambar 2.1 <i>Hand Throttle</i>	5
Gambar 2.2 Motor Listrik <i>Brushed dc</i>	6
Gambar 2.3 Motor Listrik <i>Brushless dc</i>	8
Gambar 2.4 <i>Controller</i>	9
Gambar 2.5 <i>Rim Brake</i>	10
Gambar 2.6 <i>Drum Brake</i>	11
Gambar 2.7 <i>Disc Brake</i>	11
Gambar 2.8 <i>Gyro</i> atau <i>Rotor Brake</i>	12
Gambar 2.9 Sensor <i>E-brake</i>	13
Gambar 2.10 <i>Batery Management System (BMS)</i>	14
Gambar 2.11 Baterai <i>Lithium Ion</i>	15
Gambar 2.12 Rangkaian Seri.....	16
Gambar 2.13 Rangkaian Paralel.....	16
Gambar 2.14 <i>Power Supply</i>	17
Gambar 2.15 Sepeda Listrik dengan Energi Surya.....	20
Gambar 2.16 Rancang Bangun Sepeda Listrik.....	21
Gambar 2.17 Desain Perangkat Keras Pengendalian Motor Satu Roda.....	22

Gambar 2.18 Model Rancang Bangun Sepeda Surya.....	23
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	26
Gambar 3.2 Desain Perancangan.....	29
Gambar 3.3 Sistem Kelistrikan.....	30
Gambar 3.4 Sistem Pengereman.....	30
Gambar 4.1 Proses Pengelasan Rangka Sepeda.....	33
Gambar 4.2 Proses Pengecatan Rangka.....	33
Gambar 4.3 Komponen Rem Hidrolik.....	34
Gambar 4.4 Pemasangan Piringan Cakram pada Motor BLDC.....	35
Gambar 4.5 Rem Hidrolik Setelah Terpasang.....	35
Gambar 4.6 Design Rangkaian Baterai 48 Volt.....	37
Gambar 4.7 Penyusunan Baterai.....	37
Gambar 4.8 Penyambungan Baterai.....	37
Gambar 4.9 Pemasangan BMS.....	37
Gambar 4.10 Perakitan Kelistrikan.....	38
Gambar 4.11 Pengujian pada Pendakian dengan Beban 50 kg.....	43
Gambar 4.12 Pengujian pada Pendakian dengan Beban 60 kg.....	43
Gambar 4.13 Tampilan Aplikasi GPS Speedometer.....	44

Gambar 4.14 Pengujian Jarak Tempuh.....45

Gambar 4.15 Pengujian rpm (*revolution per minute*).....46

DAFTAR LAMPIRAN

hlm

Lampiran 1 Gambar Desain Sepeda Listrik Roda Dua.....	54
Lampiran 2 Proses Pengelasan dan Pengecatan Rangka Sepeda Listrik.....	54
Lampiran 3 Komponen Rem Hidrolik.....	55
Lampiran 4 Rangkaian Baterai 48 Volt.....	56
Lampiran 5 Perakitan Kelistrikan.....	57
Lampiran 6 Pengujian Sepeda Listrik pada Pendakian.....	57
Lampiran 7 Pengujian Jarak Tempuh Sepeda Listrik.....	58
Lampiran 8 Pengujian Putaran Motor Sepeda Listrik.....	58



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Kelfin Diyanto

NIM : 44422207

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul "Pengembangan Sistem Pengereman dan Catu Daya sepeda Listrik Roda Dua" merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

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

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

Makassar, September 2023



Kelfin Diyanto

44422207

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Andhy Satrio Anwar

NIM : 44422216

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul "Pengembangan Sistem Pengereman dan Catu Daya sepeda Listrik Roda Dua" merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

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

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

Makassar, September 2023



Muhammad Andhy Satrio Anwar

44422216

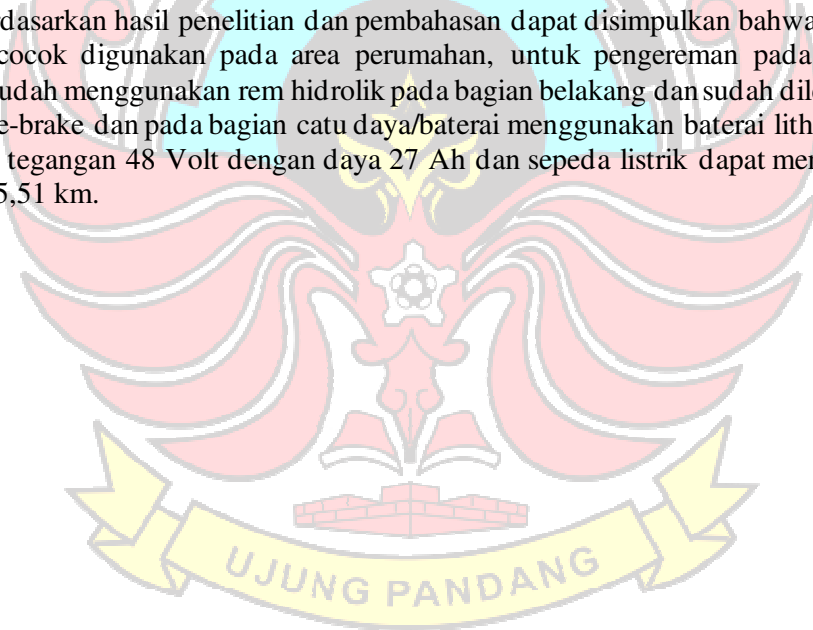
PENGEMBANGAN SISTEM Pengereman dan Catu Daya Sepeda Listrik Roda Dua

RINGKASAN

Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi yang semakin maju, teknologi mulai mempengaruhi dan memberikan dampak positif dalam berbagai bidang salah satunya bidang transportasi. Pada kendaraan tidak bermotor, sepeda listrik yang awalnya murni bergantung pada tenaga manusia sebagai penggerak kini tersedia pilihan sepeda listrik (*electric bike*) yang menggunakan energi listrik dan tenaga manusia sebagai penggerak.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan mekanisme pengereman agar dapat bekerja dengan maksimal dan mengembangkan catu daya/baterai pada sepeda listrik agar dapat menempuh jarak diatas 20 km. Tahapan penelitian ini diawali dengan perencanaan, pembelian alat dan bahan, pemasangan alat, uji coba, serta pengambilan data.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa sepeda listrik cocok digunakan pada area perumahan, untuk pengereman pada sepeda listrik sudah menggunakan rem hidrolis pada bagian belakang dan sudah dilengkapi sensor e-brake dan pada bagian catu daya/baterai menggunakan baterai lithium ion dengan tegangan 48 Volt dengan daya 27 Ah dan sepeda listrik dapat menempuh jarak 25,51 km.



DEVELOPMENT OF THE BRAKING SYSTEM AND POWER SUPPLY OF TWO-WHEEL ELECTRIC BIKES

SUMMARY

As time goes by and technology becomes more advanced, technology is starting to influence and have a positive impact in various fields, one of which is transportation. For non-motorized vehicles, electric bicycles which initially relied purely on human power as propulsion, now there are electric bicycle options that use electrical energy and human power as propulsion.

This research aims to develop the braking mechanism so that it can work optimally and develop the power supply/battery for electric bicycles so that they can cover distances of more than 20 km. This research stage begins with planning, purchasing tools and materials, installing tools, testing, and collecting data.

Based on the results of the research and discussion, it can be concluded that electric bicycles are suitable for use in residential areas. For braking, electric bicycles use hydraulic brakes on the back and are equipped with e-brake sensors and the power supply/battery uses a lithium ion battery with a voltage of 48 Volts. with 27 Ah power and an electric bicycle can cover a distance of 25.51 km.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi yang semakin maju, teknologi mulai mempengaruhi dan memberikan dampak positif dalam berbagai bidang salah satunya bidang transportasi. Sebagai contoh motor dan mobil yang mulanya menggunakan BBM sebagai bahan bakar kini tersedia pula pilihan yang menggunakan energi listrik sebagai sumber penggerak. Pada kendaraan tidak bermotor, sepeda yang awalnya murni bergantung pada tenaga manusia sebagai penggerak kini tersedia pilihan sepeda listrik (*electric bike*) yang menggunakan energi listrik dan tenaga manusia sebagai penggerak.

Pada sepeda listrik, sistem pengereman merupakan suatu hal yang penting untuk keselamatan dan keamanan pengendara sepeda. Sistem pengereman dipengaruhi oleh jenis rem yang digunakan dan beban kendaraan termasuk beban roda depan dan belakang saat melaju di jalan raya. Salah satu sistem pengereman yang banyak digunakan saat ini yaitu rem cakram. Hal tersebut dikarenakan rem ini memiliki kestabilan yang baik dalam memperlambat dan menghentikan kendaraan sehingga dapat digunakan dalam sepeda motor maupun sepeda listrik.

Selain pengereman terdapat juga catu daya yang merupakan suatu alat yang berfungsi untuk menyuplai tegangan listrik ke baterai, dan baterai sendiri merupakan salah satu komponen penting yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik untuk memperoleh arus listrik yang diperlukan, sehingga dapat digunakan untuk menghidupkan peralatan yang dibutuhkan. Alasan utama mengapa baterai merupakan komponen penting pada sepeda listrik yaitu dikarenakan baterai

merupakan sumber tenaga utama untuk menggerakkan motor listrik. Contoh pentingnya baterai yaitu, sepeda listrik yang banyak dijual saat ini memiliki spesifikasi, motor listrik 500 watt dengan baterai 48 volt/12 Ah dan hanya dapat menempuh jarak 20 km dan pada bagian pengereman kebanyakan sepeda listrik saat ini masih menggunakan rem tromol. Oleh karena itu pada penelitian ini penulis tertarik untuk mengembangkan sistem pengereman dan catu daya untuk meningkatkan jarak tempuh sepeda listrik. Berdasarkan latar belakang diatas, maka judul yang diusulkan yaitu:“Pengembangan Sistem Pengereman dan Catu Daya Sepeda Listrik Roda Dua”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan masalah di atas, maka dapat disusun rumusan masalah yaitu,

1. Bagaimana cara mengembangkan mekanisme pengereman sepeda listrik agar bekerja dengan baik?
2. Bagaimana cara mengembangkan catu daya agar sepeda listrik tersebut bisa mencapai jarak tempuh diatas 20 km?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

1. Memasang sensor *e-brake* agar rem dan gas tidak bekerja bersamaan, kemudian merubah rem yang awalnya tromol dirubah menjadi rem cakram
2. Penambahan baterai untuk menaikkan kapasitas daya

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengembangkan mekanisme pengereman sepeda listrik agar bekerja dengan baik
2. Mengembangkan catu daya agar sepeda listrik tersebut bisa mencapai jarak tempuh di atas 20 km

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menambah pengetahuan mengenai perancangan, perakitan dan pengujian baterai pada sepeda listrik.
2. Mahasiswa dapat mengetahui prinsip kerja dari baterai serta dapat merangkai baterai baik secara seri maupun parallel.
3. Mahasiswa dapat mengetahui cara perakitan, memodifikasi, dan mengetahui cara kerja sistem pengereman pada sepeda listrik.
4. Mahasiswa dapat menerapkan ilmu yang diperoleh selama kuliah khususnya dalam bidang mata kuliah praktek pengelasan, kerja bangku dan plat, mekanika teknik, serta mengetahui karakteristik setiap komponen yang digunakan beserta cara kerjanya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sepeda Listrik

Sepeda listrik adalah sepeda kayuh biasa yang ditunjang dengan berbagai komponen kelistrikan berupa baterai, motor/dinamo, dan pengontrol yang saling bersinergi. Secara singkat dapat dikatakan bahwa sepeda listrik bekerja dengan cara mengkonversi energi listrik pada baterai menjadi energi gerak melalui motor. Motor yang kemudian mengalami gerakan berputar dan akan menggerakkan roda sehingga sepeda listrik bisa berjalan tanpa harus di kayuh.

Meskipun sepeda listrik ditunjang dengan energi listrik agar bisa bergerak, sepeda listrik tetap bisa dikendarai dengan dikayuh seperti sepeda pada umumnya. Cara mengayuhnya pun sama saja sehingga tidak memerlukan teknik khusus. Jadi, keberadaan komponen kelistrikan di dalamnya bukan untuk secara utuh mengganti tenaga manusia, namun lebih dimaksudkan untuk menambah tenaga berkendara. Dengan begitu, pengendara sepeda bisa melintasi berbagai medan dengan mudah tanpa harus mengeluarkan banyak tenaga.

2.2 Komponen-komponen Sepeda Listrik

2.2.1 *Hand Throttle*

Hand Throttle merupakan metode untuk mengendalikan kecepatan sepeda listrik. *Throttle* memiliki fungsi sama halnya motor biasa, saat memutar gas sepeda akan bergerak. Sistem *Pedal Assist* dan *Hand Throttle* memiliki beberapa perbedaan. Berbagai jenis *Throttle* sebagian besar berbeda fisik yang tidak mempengaruhi fungsinya.



Gambar 2.1 *Hand Throttle*

2.2.2 Motor Listrik

Motor listrik merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai electromagnet.

Terdapat 2 jenis motor listrik yang biasa digunakan pada sepeda listrik yaitu:

1. Motor Listrik *Brushed dc*

Motor brushed merupakan motor yang mempunyai *brush* atau sikat yang dapat bekerja apabila diberikan arus listrik secara langsung. Brush terhubung pada komutator yang akan mengubah arah arus pada kumparan motor sehingga berubah pula arah garis gaya magnet pada motor, sehingga rotor dapat berputar kearah tertentu.

Motor brushed memiliki tingkat kecepatan(rpm) dan torsi yang berbeda, tergantung dari kuat medan magnet pada kumparan. Kuat medan pada kumparan sendiri ditentukan oleh jumlah lilitan kumparan dan luas penampang pada kawat kumparan.

Kelebihan :

- Harga murah
- Mekanisme motor simple
- Pada umumnya hanya menggunakan 24 volt
- Bisa digunakan tanpa menggunakan controller
- Tidak membutuhkan *hall sensor*

Kekurangan:

- Lebih boros dalam efisiensi
- Top speed pada umumnya pada kendaraan listrik saat ini rendah. Kalah kencang dengan motor BLDC motor
- Untuk diaplikasikan pada sepeda kayuh listrik (ebike) cenderung membuat pengemudi terbebani kayuhan kaki
- Torsi tarikan awal kalah dengan BLDC
- Sparepart pendukung sulit didapatkan (karena model lama)



Gambar 2.2 Motor Listrik *Brushed dc*
Sumber: (Bogi Power Electric, 2011)

2. Motor Listrik *Brushless dc*

Motor brushless atau tanpa sikat sering juga disebut sebagai motor BLDC.

Pada motor *brushed*, kumparan berada pada rotor dan medan magnet di stator, sedangkan pada motor *brushless* adalah kebalikannya, stator adalah kumparan dan rotor adalah magnetnya. Motor ini berputar dengan menghasilkan medan elektromagnetik pada tiga buah kumparan secara bergantian sehingga magnet pada rotor akan menghasilkan putaran.

Motor *brushed* dapat dioperasikan secara langsung, hanya dengan menyambungkan sumber tegangan. Sedangkan pada motor brushless harus menggunakan suatu komponen yang biasa disebut *controller*. Motor ini sering digunakan pada kendaraan listrik karena memiliki rpm yang tinggi.

Kelebihan:

- Efisiensi tinggi, dan lebih hemat baterai
- Kecepatan lebih kencang daripada *brushed dc*, dalam watt yang sama
- Torsi akselerasi lebih besar daripada *brushed dc*
- Pemasangan lebih mudah
- Sparepart mudah didapatkan

Kekurangan:

- Harga yang lebih mahal
- Bobot yang lebih berat



Gambar 2.3 Motor Listrik *Brushless dc*

2.2.3 Controller

Controller merupakan salah satu komponen sistem pengaturan yang berfungsi mengolah sinyal umpan balik dan sinyal masukan acuan (*setpoint*) atau sinyal *error* menjadi sinyal kontrol. Sinyal *error* disini adalah selisih antara sinyal umpan balik yang dapat berupa sinyal keluaran *plant* sebenarnya atau sinyal keluaran terukur dengan sinyal masukan acuan (*setpoint*).

Pada motor BLDC, *controller* berfungsi untuk mengatur arus masukan yang harus dialirkan ke kumparan stator untuk dapat menimbulkan medan elektromagnet yang sesuai untuk memutar rotor. Hal inilah yang menjadi pembeda dengan motor *dc* konvensional, dan menggantikan kerja komutasi mekanisnya.



Gambar 2.4 *Controller*

2.2.4 Rem

Rem sepeda merupakan suatu sistem pada perangkat yang bergerak untuk memperlambat dan menghentikan laju sepeda. Prinsip kerjanya dengan cara bagian kampas rem menekan bagian komponen rem yang bergerak dan terjadi gesekan, sehingga roda sepeda mengalami perlambatan atau berhenti. Gesekan dapat menimbulkan panas, oleh karena itu komponen pada sistem rem harus tahan terhadap panas. Rem pada sepeda listrik memiliki peranan penting dalam keselamatan berkendara. Sehingga fungsi kerja sistem jangan diabaikan, karena dapat menimbulkan kecelakaan.

Jenis-jenis rem sepeda:

1. *Rim Brake*

Bekerja dengan menekan dan menahan rim atau velg sepeda untuk mengurangi dan menghentikan putaran roda sepeda. Sistem rim brake sudah dipakai sejak lama, terus dikembangkan, dan masih menjadi rem pilihan pada sepeda sekarang ini. Rim brake menjepit rim atau velg sepeda mengikuti lingkaran rim, sehingga membutuhkan gaya atau tekanan yang lebih kecil

daripada hub brake yang berada di pusat roda. Secara fisika, rim brake merubah energi kinetik (sepeda yang bergerak) menjadi panas (gesekan pada rim). Panas akibat gesekan dari pad rem atau brake shoes sebagian akan diserap oleh velg sepeda. Dibandingkan dengan hub atau disc brake yang bentuknya lebih kecil dari velg sepeda, maka penyebaran panas akan lebih baik dibandingkan dengan hub atau disc brake. Sehingga rim brake baik untuk dipakai pada sepeda kecepatan tinggi, atau untuk perjalanan yang panjang pada kondisi kering.



Gambar 2.5 *Rim Brake*
Sumber: Sepeda.me, 2020

2. *Drum Brake*

Drum Brake adalah rem yang dioperasikan dengan tangan, dimana brake shoes atau kanvas rem akan menekan ke dinding bagian dalam drum atau tabung. Dulu drum brake sangat banyak dipakai pada kendaraan bermotor, sebelum digantikan oleh disc brake karena lebih murah dan simple. Drum brake banyak dipakai di negara yang sering hujan, karena performa drum brake tidak terpengaruh pada keadaan basah.



Gambar 2.6 *Drum brake*

3. *Disc Brake*

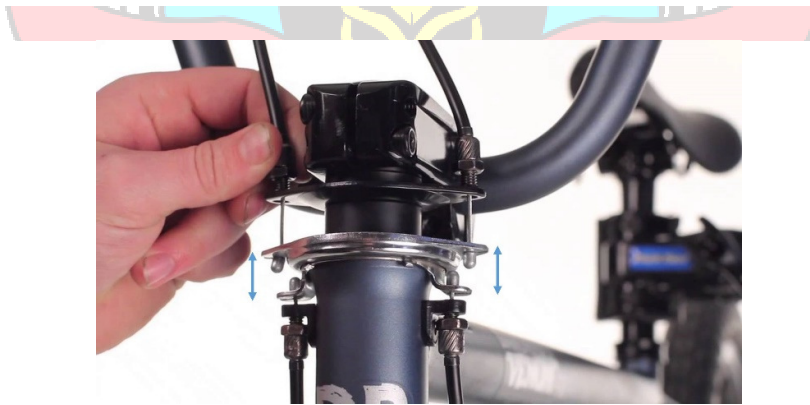
Disc brake adalah rem yang memiliki metal disc atau cakram metal atau rotor yang dipasang dan ikut berputar dengan roda. Kaliper dipasang pada frame atau fork sepeda untuk menjepit disc ketika melakukan pengereman. Tidak seperti rim brake yang menggunakan karet, disc brake menggunakan metal keras atau keramik yang tidak terlalu banyak dipengaruhi oleh air, lumpur, dan panas, sehingga membuat rem yang lebih konsisten.



Gambar 2.7 *Disc Brake*

4. Gyro atau *Rotor brake*

Sistem rem gyro atau *rotor* memiliki 2 *disc* atau piringan logam yang agak tebal pada stem atau steer tube, untuk menghubungkan kabel rem. Disc atas terhubung dengan tuas rem, disc bawah terhubung dengan rem sepeda. Disc atas dan disc bawah saling berhubungan, yang membuat jika disc di atas ditarik, maka akan menarik disc bawah yang akan mengaktifkan rem sepeda. Disc bisa dihubungkan dengan satu kabel atau dual kabel pada sisi yang berseberangan. Disc pada bagian atas memiliki mekanisme bearing yang membuatnya bebas berputar tanpa ikut memutar disc bawah, sedangkan disc bawah selalu dalam keadaan diam. Sehingga stang bisa diputar-putar, tanpa membuat kabel rem sepeda tersangkut.



Gambar 2.8 Gyro atau *Rotor brake*

Sumber: Sepeda.me, 2020

2.2.5 Sensor *E-brake*

Sensor *e-brake* adalah perangkat yang memiliki fungsi untuk melakukan pengereman serta *safety cut-off*. Karena putaran torsi motor listrik begitu kuat, kita memerlukan pemutus daya sementara agar pengereman dapat maksimal. Cara kerjanya yakni ketika menarik tuas *e-brake*, energi listrik akan terputus sehingga

tugas selanjutnya adalah pengereman secara mekanis. Manfaat lain yang didapatkan yakni memungkinkan pengendara untuk mengoperasikan sakelar motor dari menyalakan sepeda hingga memberikan gaya pengereman yang halus dan stabil.



Gambar 2.9 Sensor *E-brake*

2.2.6 *Battery Management systems (BMS)*

Battery management system (BMS) adalah perangkat yang digunakan untuk menyeimbangkan, pemantauan dan proteksi pada baterai yang disusun secara seri atau baterai susun. BMS dilengkapi dengan *passive cell balancing*, sensor tegangan setiap baterai, sensor arus, sensor suhu, Rangkaian proteksi untuk memutus arus. Sistem manajemen baterai atau *Battery Management systems (BMS)* adalah sebuah sistem teknologi yang berfungsi memaksimalkan masa pakai baterai. Tujuannya adalah untuk memastikan baterai tetap berada dalam parameter kerja idealnya.



Gambar 2.10 *Battery Management systems (BMS)*

2.2.7 Baterai *Lithium Ion*

Baterai *lithium* merupakan baterai yang menggunakan logam lithium atau paduan *lithium* sebagai elektroda negatif (anoda) dan meterial lain seperti mangan dioksida (MnO_2) sebagai elektroda positif. *Lithium* merupakan logam yang paling ringan dan rasio elektron/massa paling besar sehingga baterai lithium mempunyai densitas energi yang tinggi dan tegangan yang tinggi.

Prinsip kerja baterai *lithium* memanfaatkan reduksi dan oksidasi untuk menghasilkan listrik pada kedua elektrodanya. Baterai *lithium* menggunakan komposit yang berstruktur layer, dimana *Lithium Cobalt Oxide* ($LiCoO_2$) sebagai katodanya dan material karbon sebagai anoda.

Prinsip kerja baterai *lithium ion* adalah ketika anoda dan katoda terhubung maka elektron akan mengalir dari anoda menuju katoda, dan listrik pun mulai mengalir. Di bagian dalam baterai terjadi sebuah proses pelepasan *ion lithium* pada anoda, kemudian ion tersebut akan berpindah menuju katoda melalui elektrolit. Di bagian katoda bilangan oksida kobalt berubah dari 4 menjadi 3. Hal

ini dikarenakan adanya elektron dan ion lithium yang masuk dari anoda. Sedangkan untuk proses pengisian berbanding terbalik dari proses ini.

Selain harga yang relatif murah, baterai lithium ion juga unggul dari segi perawatannya yang lebih mudah. Tipe baterai ini juga tidak mengandung zat yang berbahaya sehingga cukup aman digunakan. Kelebihan lain dari lithium ion adalah mampu mencapai siklus pengisian baterai sampai 1000 siklus. Artinya densitas energinya cukup tinggi.



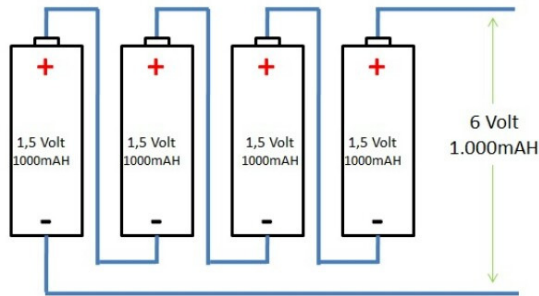
Gambar 2.11 Baterai *Lithium Ion*

Dalam menyusun baterai terbagi menjadi 2 rangkaian, yaitu:

a. Rangkaian Seri

Rangkaian seri merupakan suatu rangkaian yang semua bagian-bagiannya dihubungkan berurutan, sehingga setiap bagian dialiri oleh listrik yang sama. Rangkaian seri menghasilkan beda potensial/tegangan yang besar namun arusnya tetap.

Rangkaian Seri Baterai

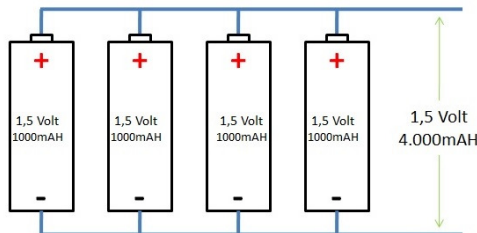


Gambar 2.12 Rangkaian Seri

b. Rangkaian Paralel

Rangkaian paralel merupakan rangkaian listrik yang semua bagian-bagian dihubungkan secara bersusun. Rangkaian paralel menghasilkan arus listrik lebih besar namun beda potensial/teganganya tetap.

Rangkaian Paralel Baterai



Gambar 2.13 Rangkaian Paralel

2.2.8 Power Supply

Power supply adalah sebuah perangkat yang memasok energi listrik untuk satu atau lebih beban listrik. *Power supply* menjadi bagian yang penting pada sepeda listrik yang berfungsi sebagai sumber tenaga listrik misalnya pada baterai atau accu. Pada dasarnya *power supply* ini mempunyai konstruksi rangkaian yang hampir sama yaitu terdiri dari trafo, penyearah, dan penghalus tegangan. Istilah ini

paling sering diterapkan ke perangkat yang mengubah satu bentuk energi listrik yang lain, meskipun juga dapat merujuk ke perangkat yang mengkonversi bentuk energi lain (misalnya, mekanik, kimia, solar) menjadi energi listrik. Secara umum prinsip rangkaian *power supply* terdiri atas komponen utama yaitu ; transformator, dioda dan kondensator.



Gambar 2.14 *Power Supply*

2.3 Rumus Tegangan, Daya, dan Arus

Adapun rumus untuk menghitung tegangan, daya dan arus sebagai berikut:

1) Tegangan

$$V = I \times R \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

V= Tegangan listrik (volt)

I= Arus Listrik (Ampere)

R= Tahanan (Ohm)

2) Daya

$$P = V \times I \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

P= Daya Listrik (Watt)

V= Tegangan Listrik (Volt)

I= Arus Listrik (Ampere)

3) Arus

$$I = V/R \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

I= Arus Listrik (Ampere)

V= Tegangan Listrik (Volt)

R= Tahanan (Ohm)

2.4 Rumus Kecepatan

Untuk menghitung kecepatan gerak dapat diselesaikan dengan rumus dibawah ini:

$$v = \frac{s}{t} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

v = Kecepatan [m/s]

s = Jarak [m]

t = Waktu [s]

2.5 Rumus Torsi

Hasil kali gaya dengan lengan gaya disebut momen gaya atau torsi dengan lambang T. Torsi menyebabkan sistem berputar, besar torsi dapat ditentukan dengan rumus dibawah ini:

$$T = \frac{7130 \times hp}{n} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

T = Torsi (Nm)

hp = Daya dalam satuan hp (*horse power*)

n = Jumlah putaran per menit (rpm)

5250 = Nilai ketetapan (konstanta).

2.6 Penelitian Terkait

2.6.1 Pengembangan Sepeda Listrik Dengan Energi Surya Sebagai Sarana Transportasi Area Perkotaan.

Penulis ini dikemukakan oleh Ahmad Kurniawan, Novaldi, pada tahun 2021. Tujuan penulis mengembangkan sepeda listrik roda dua dengan meningkatkan jarak tempuh serta memudahkan melakukan pengisian saat berpergian yaitu dengan cara penambahan baterai dan panel surya.

Pengembangan dilakukan dilakukan dengan menggunakan baterai 48 volt dan panel surya 35 WP sebanyak tiga buah dengan masing-masing ukuran waktu pengisian baterai dengan listrik aliran rumah dan panel surya, pengujian jarak tempuh, dan pengujian kecepatan.

Adapun hasil yang diperoleh dari pengujian pengisian baterai dengan listrik aliran rumah adalah 3 jam 7 menit, dan pengisian dengan panel surya adalah 4 jam 38 menit, dan pengujian kecepatan dengan jarak tempuh 100 meter adalah 20 km/jam.



Gambar 2.15 Sepeda Listrik dengan Energi Surya

Sumber: kurniawan, dkk, 2021

2.6.2 Rancang Bangun Sepeda Listrik

Penulis ini dikemukakan oleh Benny Setiyawan, pada tahun 2012 di Universitas Sebelas Maret Surakarta. Proses pembuatan sepeda listrik dilakukan dengan urutan yang telah dirancang. Pembuatan sepeda listrik ini dikelompokkan menjadi beberapa bagian. Diantaranya adalah pembuatan rangka, pembuatan box baterai dan perakitan komponen sepeda.

Dalam pembuatan sepeda listrik ini baterai yang digunakan yaitu baterai lithium 36 V 15 A dengan motor DC 250 watt. Uji coba yang dilakukan dengan pengendara yang mempunyai berat 68 kg. kecepatan maksimal yang dapat dicapai sepeda tersebut 36,88 km/jam.



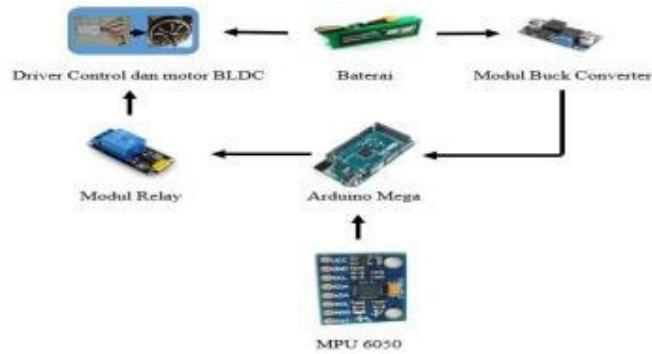
Gambar 2.16 Rancang Bangun Sepeda Listrik

Sumber: Yetkin, Harun, dkk, 2014

2.6.3 Pengendalian Motor Satu Roda Dengan PID – *Fuzzy*

Penulis ini dikemukakan oleh Rio Ari Saputra, Angga Rusdinar, dkk. Pada tahun 2014. Tugas Akhir ini dibuat pengendalian kendaraan motor satu roda menggunakan sensor *accelerometer* dan *gyroscope* untuk mendeteksi sudut pada kendaraan dan motor Brushless DC sebagai penggerak dari kendaraan tersebut. Kendaraan listrik motor satu roda terdiri dari 3 pengendalian yaitu pengendalian maju menggunakan metode *fuzzy logic controller*, pengendalian mundur menggunakan metode PID dan pengendalian pengereman.

Kendaraan motor satu roda dapat bergerak dengan cara mencondongkan badan kedepan, dengan mencondongkan badan ke depan kendaraan tersebut dapat bergerak seiring perubahan sudut yang terbaca oleh sensor. Pada tugas akhir ini di gunakan *fuzzy logic controller* dengan parameter keluaran *pulse width modulation* dari 90 sampai 110 dan parameter PID yang digunakan adalah $K_p= 1$, $K_i= 0$, dan $K_d= 9$ dengan ketentuan tidak ada *overshoot* dan *rise time* 0.05 *seconds*.



Gambar 2.17 Desain Perangkat Keras Pengendalian Motor Satu Roda

Sumber: Rio Ari Saputra, dkk, 2017

2.6.4 Rancang Bangun Sepeda Listrik Menggunakan Panel Surya Sebagai Pengisi Baterai

Penulis ini dikemukakan oleh Benhur Nainggolan, Fadhilla Inaswara, Gilang pratiwi dan Hirzan Ramadhan pada tahun 2016. Penelitian ini memanfaatkan energi matahari yang dimana merupakan sumber energi yang sangat menjanjikan mengingat sifatnya yang berkelanjutan serta jumlahnya yang sangat banyak. Jumlah energi yang begitu besar yang dihasilkan dari sinar matahari membuat solar sel menjadi alternatif sumber energi masa depan yang sangat menjanjikan

Penelitian ini menggunakan beberapa komponen seperti Motor BLDC, Kontroler motor BLDC, Panel Surya, Kontroler Surya dan Baterai. Adapun hasil dari penelitian ini menunjukkan untuk menggerakkan sepeda listrik dengan kecepatan 5,556 m/detik dengan asumsi massa pengendara 70 kg diperlukan daya motor sebesar 160,278 Watt dan jika menggunakan panel surya 40 WP dan kapasitas baterai sebesar 468 Ah, maka akan dapat menyebabkan sepeda

bergerak sejauh 11,23 km



Gambar 2.18 Model Rancang Bangun Sepeda Surya
Sumber Benhur Nainggolan,dkk, 2016



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian “Pengembangan Sistem Pengereman dan Catu Daya Sepeda Listrik Roda Dua”, bertempat di Laboratorium Mekatronika dan Sistem Otomasi Teknik Mesin PNUP dan Laboratorium Riset Pascasarjana PNUP. Adapun waktu pelaksanaan penelitian “Pengembangan Sistem Pengereman dan Catu Daya Sepeda Listrik Roda Dua”, yaitu pada bulan Maret 2023 sampai September 2023.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam perancangan rem dan baterai sepeda listrik antara lain:

Tabel 3.1 Alat yang digunakan

	Nama Alat
Kunci-kunci 1 set	Tang
Bor listrik	Obeng 1 set
Multimeter	Penggaris
Gerindra/gergaji besi	Lem lilin
Solder/ <i>Spotwelder</i>	Kuas
Gunting	Cutter
Majun	Bor listrik
Las listrik	Alat pelindung diri
Meteran	Solasi listrik/solasi bakar

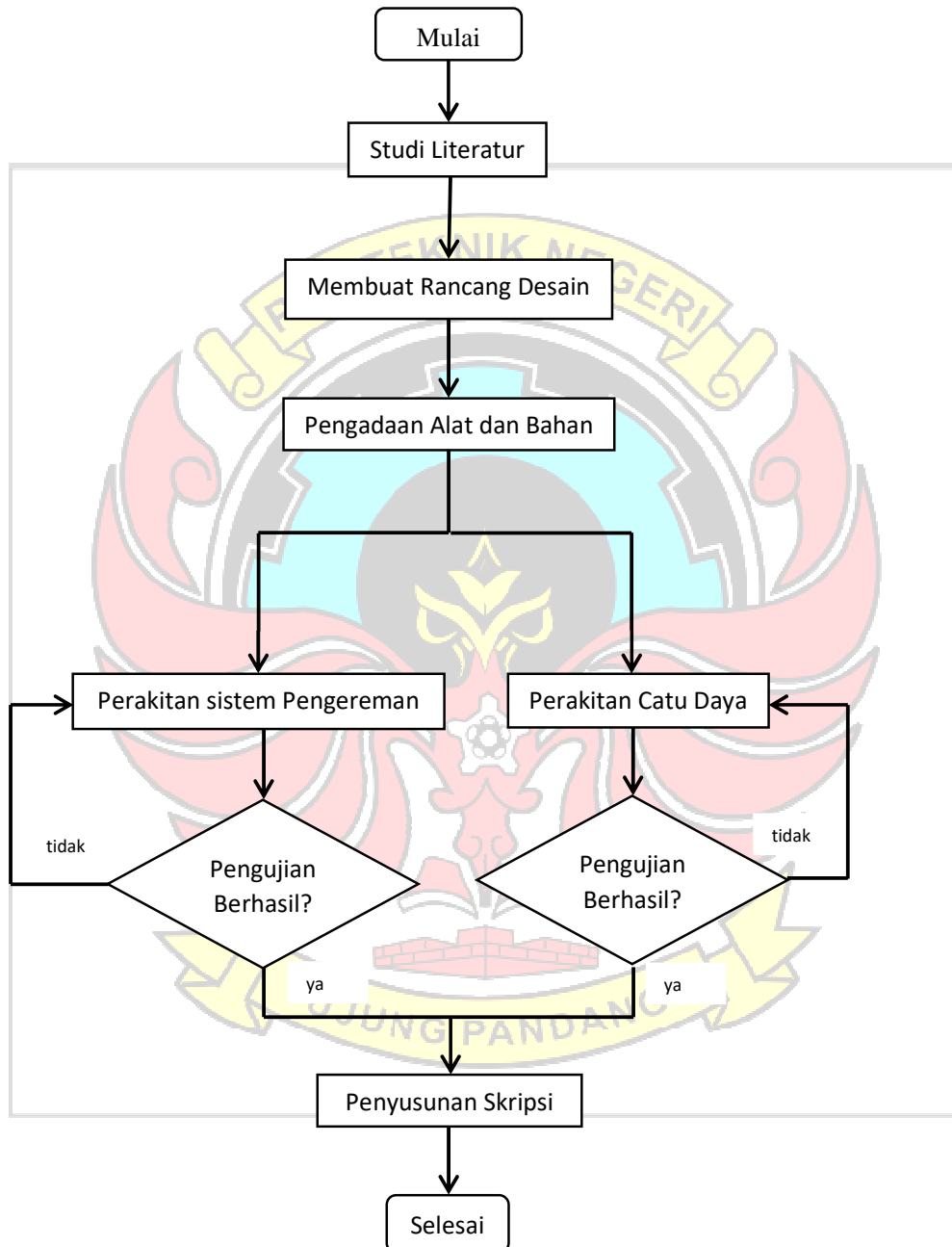
3.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam perancangan rem dan baterai sepeda listrik antara lain:

Tabel 3.2 Bahan yang digunakan

Nama Bahan	
Baterai <i>Lithium-ion</i>	Kertas gosok
Tali tis	Nikel plat
Mata gerindara	Kabel
Timah solder	Baut dan mur
Konektor kabel	Mata bor
Akrilik	Rem cakram sepeda 1 set
Elektroda	Konektor kabel
Mata gerindra	Pilox
BMS(<i>Battery management system</i>)	Holder baterai
Saklar (<i>switch</i>)	Besi holo

3.3 Langkah Kerja/Prosedur



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

1. Studi Literatur

Studi literatur yaitu mencari referensi terkait penelitian yang akan di kerjakan baik melalui internet, jurnal ataupun skripsi.

2. Membuat Rancang Desain

Membuat rancang desain yaitu memberikan gambaran mengenai sepeda listrik yang akan dikerjakan, khususnya pada bagian sistem pengereman dan catu daya agar dalam proses pengerjaan sepeda listrik ini dapat berjalan dengan baik.

3. Pengadaan Alat dan Bahan

Setelah perancangan sepeda listrik selesai, dilanjutkan dengan melakukan pengadaan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pengerjaan sepeda listrik.

4. Perakitan Sistem Pengereman

Setelah alat dan bahan tersedia, dilanjutkan dengan melakukan perakitan dan pemasangan sistem pengereman pada sepeda listrik

5. Perakitan Catu Daya

Perakitan catu daya yaitu penyambungan beberapa baterai sehingga menjadi satu baterai besar yang dapat menjalankan sepeda listrik.

6. Pengujian

Setelah sistem pengereman dan catu daya selesai, dilanjutkan dengan melakukan beberapa pengujian seperti lama penggunaan baterai dan pengujian pengereman apakah sudah bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

7. Penyusunan Skripsi

Setelah pengujian selesai, selanjutnya dilakukan penyusunan skripsi mengenai data-data yang telah didapatkan dari hasil pengujian.



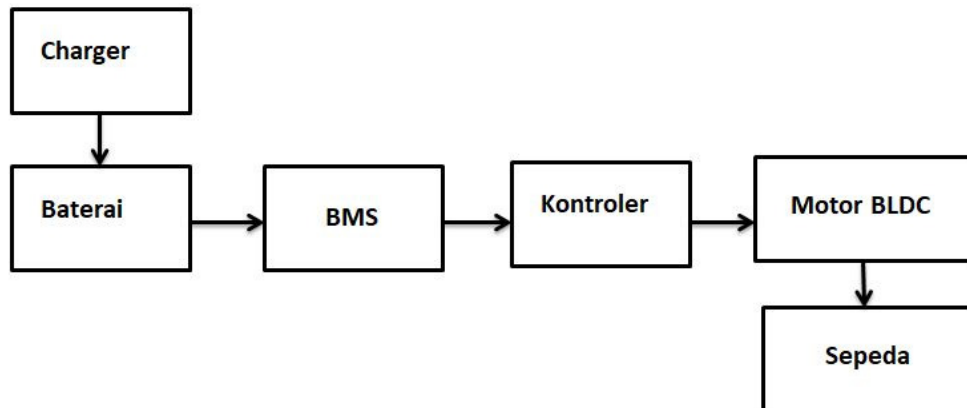
3.3.1 Desain Perancangan



Gambar 3.2. Desain Perancangan



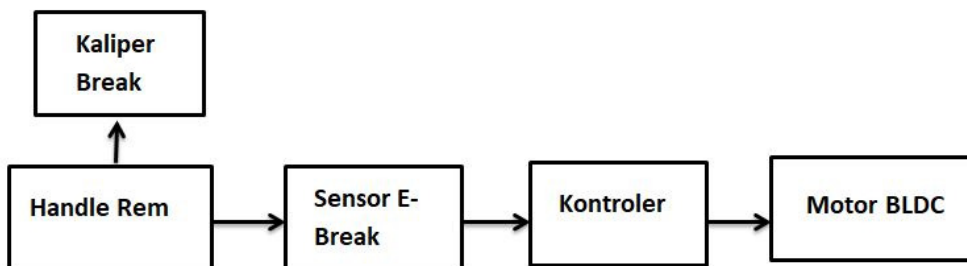
3.3.2 Sistem Kelistrikan



Gambar 3.3 Sistem Kelistrikan

3.3.3 Sistem Pengereman

Rem pada sepeda merupakan bagian yang berfungsi untuk menahan putaran perputaran roda untuk mengurangi atau menghentikan kecepatan sepeda. Rem sepeda adalah salah satu komponen dasar yang paling penting untuk keselamatan berkendara



Gambar 3.4 Sistem Pengereman

3.4 Prosedur Pengujian Alat

Setelah melakukan perakitan rem dan baterai pada sepeda listrik selanjutnya akan diadakan prosedur pengujian dimana penulis akan mengetahui apakah rem pada sepeda sudah bekerja dengan optimal dan mengetahui jarak maksimal yang dapat ditempuh sepeda listrik tersebut.

Pengujian rem dilakukan dengan kecepatan tertentu dilakukan dengan mengendarai sepeda listrik dengan satu orang pengemudi dan mengetahui apakah rem pada sepeda listrik tersebut sudah bekerja dengan optimal.

Pengujian jarak dapat ditempuh dengan beban tertentu dilakukan dengan cara mengendarai sepeda listrik dengan satu orang pengemudi dan menghitung jarak maksimal yang dapat ditempuh sampai baterai habis terpakai.

3.5 Teknik Analisis Data

Analisa data di lakukan dengan cara pengumpulan data berdasarkan hasil pengujian pada sepeda listrik roda dua.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai perakitan dan pengujian alat yang selanjutnya akan di analisa, hal ini dimaksudkan untuk memperoleh data yang dibutuhkan dan untuk mengetahui kemampuan alat yang direncanakan apakah bekerja sesuai dengan yang diharapkan dan berjalan sesuai dengan teori yang direncanakan.

4.1 Hasil

4.1.1 Perbaikan Rangka Sepeda Listrik

Proses perbaikan rangka terdiri dari 2 tahapan, yaitu pengelasan rangka yang keropos/patah dan pengecatan rangka sepeda listrik. Rangka sepeda listrik yang digunakan dalam pembuatan sepeda listrik yaitu rangka sepeda listrik exotic. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam perbaikan rangka sepeda listrik ini adalah sebagai berikut.

1. Pengelasan rangka

Hal yang pertama dilakukan yaitu pengecekan rangka yang sudah keropos atau patah yang diakibatkan oleh faktor usia pemakaian. Setelah dilakukan pemeriksaan penulis mulai memperbaiki rangka yang keropos/patah dengan menggunakan las listrik



Gambar 4.1 Proses Pengelasan Rangka Sepeda

2. Pengecatan rangka

Rangka yang sudah selesai di las selanjutnya dilakukan pengamplasan menggunakan gurinda amplas untuk membersihkan cat-cat yang sudah lama. Setelah cat-cat lama pada rangka sepeda sudah bersih selanjutnya dilakukan proses pengecatan rangka dengan menggunakan pilox diton premium.



Gambar 4.2 Proses Pengecatan Rangka

4.1.2 Pemasangan Pengereman Hidrolik/Cakram

Hal yang pertama dilakukan sebelum pemasangan rem hidrolik ialah menyiapkan komponen-komponen seperti master rem, selang rem, kaliper, braket kaliper, piringan cakram, adaptor piringan cakram dan minyak rem. Setelah semua komponen sudah ada dilanjutkan dengan pemasangan adaptor piringan cakram pada motor BLDC dengan cara melepas gear pada BLDC kemudian di ganti menggunakan adaptor sebagaiudukan piringan cakram. Setelah itu dilanjutkan dengan memasang master rem pada bagian kemudi kemudian selang rem dihubungkan ke kaliper, setelah itu dilakukan bleeding agar pengereman dapat bekerja dengan baik.



Gambar 4.3 Komponen Rem Hidrolik



Gambar 4.4 Pemasangan Piringan Cakram pada Motor BLDC



Gambar 4.5 Rem Hidrolik Setelah Terpasang

4.1.3 Proses Perakitan Baterai Lithium

Baterai yang digunakan yaitu baterai Lithium Ion merk Sony dengan kapasitas 3,7 Volt dan 3000 mAh per sell. Perakitan baterai dimulai dengan menyusun 117 baterai di holder agar terlihat rapih, 9 buah baterai disusun secara paralel untuk menaikkan ampere sehingga menjadi 13 sell. Baterai kemudian dihubungkan menggunakan plat nikel dan direkatkan menggunakan spot welder,

13 sell baterai dihubungkan secara seri untuk menaikkan tegangan dan dilanjutkan dengan memasang *Baterai Management System*(BMS).

Agar mendapatkan arus dan tegangan yang sesuai maka dapat di tentukan menggunakan rumus berikut:

1. Tegangan (V)

Untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan, maka perlu menghubungkan baterai secara seri, yaitu menghubungkan kutub positif ke negatif.

$$V_{tot} = V_{bat1} + V_{bat2} + V_{bat3} + V_{bat4} + \dots + V_{bat...}$$

$$V_{tot} = V_{bat} (V) \times \text{Jumlah baterai seri}$$

$$V_{tot} = 3,7 \times 13$$

$$V_{tot} = 48,1 \text{ Volt}$$

Jadi tegangan pada baterai lithium ion yang telah selesai dirakit adalah 48,1 volt.

2. Arus (I)

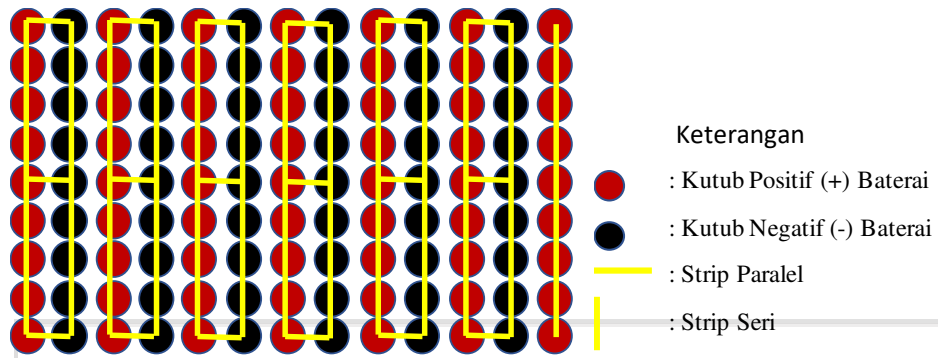
Untuk mendapatkan arus yang diinginkan maka perlu menghubungkan baterai secara paralel, yaitu menghubungkan kutub positif ke positif dan negatif ke negatif.

$$I_{tot} = I_{bat1} + I_{bat2} + I_{bat3} + I_{bat4} + \dots + I_{bat...}$$

$$I_{tot} = I_{bat} (Ah) \times \text{Jumlah baterai paralel}$$

$$I_{tot} = 3 \times 9$$

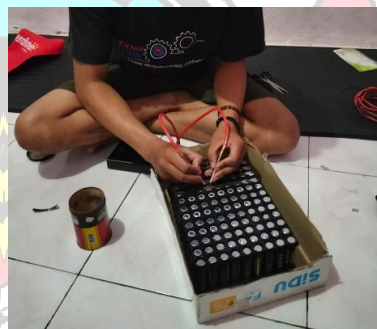
$$I_{tot} = 27 \text{ Ah}$$



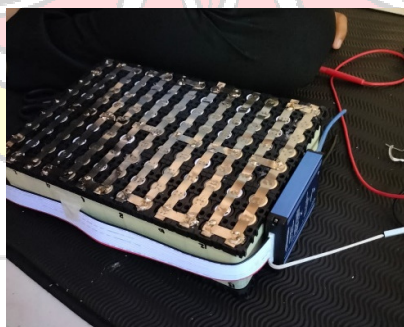
Gambar 4.6 Design Rangkaian Baterai 48 Volt



Gambar 4.7 Penyusunan Baterai



Gambar 4.8 Penyambungan Baterai



Gambar 4.9 Pemasangan BMS

4.1.4 Proses Perakitan Sistem Kelistrikan

Perakitan kelistrikan dimulai dengan memasang komponen-komponen kelistrikan berupa kabel bodi, hand throttle, kontroller, motor BLDC, sensor e-brake dan baterai pada rangka yang sudah selesai dilakukan perbaikan. Setelah semua terpasang, dilanjutkan dengan menghubungkan semua komponen dengan soket yang sesuai pada kabel bodi yang semua terhubung ke kontroller dan yang terakhir dihubungkan adalah baterai. Setelah semua terhubung, selanjutnya dilakukan pengetesan untuk mengetahui apakah semua komponen kelistrikan berfungsi dengan normal.



Gambar 4.10 Perakitan Kelistrikan

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengujian Pengereman Sepeda Listrik

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa jarak pengereman rem hidrolik(rem cakram) dan rem tromol. Berikut merupakan hasil pengujian pengereman pada jarak 100 meter dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian rem hidrolik

No	Speed	Jarak pengereman
1	1	4 meter
2	2	5,5 meter
3	3	6,5 meter

Tabel 4.2 Data hasil pengujian rem tromol

No	Speed	Jarak pengereman
1	1	6,7 meter
2	2	8,5 meter
3	3	9 meter

4.2.2 Pengujian Kecepatan Sepeda Listrik

Pengujian ini dilakukan dengan cara menaiki sepeda listrik dan dilakukan di jalan yang datar yaitu pada jarak 100 meter, 150 meter dan 200 meter untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak tersebut dengan beban yang berbeda-beda,yaitu dengan beban 60 kg, 50 kg, dan 70 kg yang dapat dilihat pada tabel 4.3

Data hasil pengujian kecepatan jarak 100 meter :

Berikut merupakan data hasil pengujian kecepatan pada jarak 100 meter dengan beban 70 kg, 60 kg dan 50 kg dapat dilihat pada tabel 4.3 sampai tabel 4.5.

Tabel 4.3 Jarak 100 meter beban 70 kg

	Speed 1	Speed 2	Speed 3
Kecepatan rata-rata	10 km/h	14 km/h	16 km/h
Kecepatan maksimal	14 km/h	20 km/h	23 km/h
durasi	40 detik	26 detik	23 detik

Tabel 4.4 Jarak 100 meter beban 60 kg

	Speed 1	Speed 2	Speed 3
Kecepatan rata-rata	15 km/h	17 km/h	23 km/h
Kecepatan maksimal	19 km/h	20 km/h	26 km/h
durasi	23 detik	20 detik	16 detik

Tabel 4.5 Jarak 100 meter beban 50 kg

	Speed 1	Speed 2	Speed 3
Kecepatan rata-rata	16 km/h	18 km/h	20 km/h
Kecepatan maksimal	20 km/h	20 km/h	30 km/h
durasi	21 detik	19 detik	18 detik

Data hasil pengujian kecepatan jarak 150 meter

Berikut merupakan data hasil pengujian kecepatan pada jarak 150 meter dengan beban 70 kg, 60 kg dan 50 kg dapat dilihat pada tabel 4.6 sampai tabel 4.8.

Tabel 4.6 Jarak 150 meter beban 70 kg

	Speed 1	Speed 2	Speed 3
Kecepatan rata-rata	13 km/h	15 km/h	22 km/h
Kecepatan maksimal	23 km/h	24 km/h	32 km/h
durasi	45 detik	34 detik	25 detik

Tabel 4.7 Jarak 150 meter beban 60 kg

	Speed 1	Speed 2	Speed 3
Kecepatan rata-rata	14 km/h	19 km/h	20 km/h
Kecepatan maksimal	22 km/h	23 km/h	29 km/h
durasi	39 detik	28 detik	27 detik

Tabel 4.8 Jarak 150 meter beban 50 kg

	Speed 1	Speed 2	Speed 3
Kecepatan rata-rata	15 km/h	20 km/h	23 km/h
Kecepatan maksimal	19 km/h	22 km/h	27 km/h
durasi	35 detik	27 detik	24 detik

Data hasil pengujian kecepatan jarak 200 meter

Berikut merupakan data hasil pengujian kecepatan pada jarak 200 meter dengan beban 70 kg, 60 kg dan 50 kg dapat dilihat pada tabel 4.9 sampai tabel 4.11.

Tabel 4.9 Jarak 200 meter beban 70 kg

	Speed 1	Speed 2	Speed 3
Kecepatan rata-rata	16 km/h	20 km/h	26 km/h
Kecepatan maksimal	22 km/h	24 km/h	30 km/h
durasi	46 detik	37 detik	28 detik

Tabel 4.10 Jarak 200 meter beban 60 kg

	Speed 1	Speed 2	Speed 3
Kecepatan rata-rata	18 km/h	19 km/h	23 km/h
Kecepatan maksimal	22 km/h	24 km/h	29 km/h
durasi	40 detik	38 detik	33 detik

Tabel 4.11 Jarak 200 meter beban 50 kg

	Speed 1	Speed 2	Speed 3
Kecepatan rata-rata	17 km/h	19 km/h	23 km/h
Kecepatan maksimal	19 km/h	21 km/h	26 km/h
durasi	41 detik	38 detik	31 detik

4.2.3 Pengujian Sepeda Listrik Pada Pendakian

Pengujian ini dilakukan di kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sepeda listrik pada jalanan dalam kondisi pendakian. Pengujian dilakukan dengan cara mengendarai sepeda listrik dengan beban yang berbeda dalam kondisi jalan menanjak dengan jalan dan sudut kemiringan yang sama.

Berikut merupakan hasil pengujian sepeda listrik pada pendakian, dengan beban 50 kg dan 60 kg pada jarak 130 meter dapat dilihat pada tabel 4.12 dan tabel 4.13.

Tabel 4.12 Data hasil pengujian pada pendakian dengan beban 50 kg

No	Speed	Kecepatan rata-rata	Kecepatan maksimal	Durasi
1	1	15 km/h	18 km/h	32 detik
2	2	16 km/h	18 km/h	28 detik
3	3	17 km/h	20 km/h	27 detik



Gambar 4.11 Pengujian pada Pendakian dengan Beban 50 kg

Tabel 4.13 Data hasil pengujian pada pendakian dengan beban 60 kg

No	Speed	Kecepatan rata-rata	Kecepatan maksimal	Durasi
1	1	13 km/h	18 km/h	35 detik
2	2	16 km/h	19 km/h	28 detik
3	3	19 km/h	22 km/h	24 detik

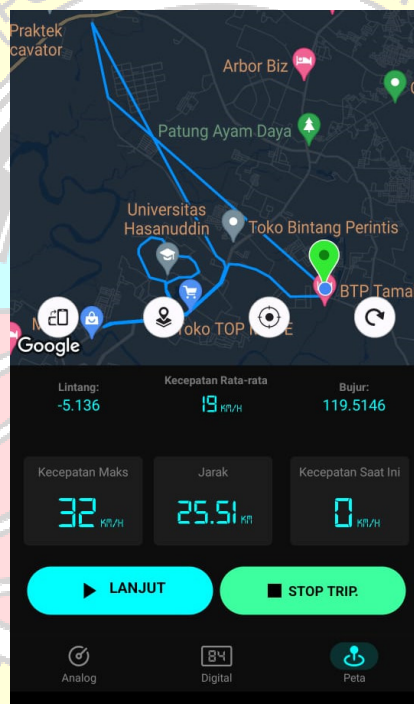


Gambar 4.12 Pengujian pada Pendakian dengan Beban 60 kg

4.2.4 Pengujian Jarak Tempuh Sepeda Listrik

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jarak tempuh maksimal sepeda listrik dalam kondisi baterai terisi penuh. Pengujian sepeda listrik dilakukan di jalan raya dan menggunakan aplikasi GPS Spedometer dengan beban 60kg.

Berikut merupakan hasil pengujian jarak tempuh sepeda listrik menggunakan aplikasi GPS Spedometer.



Gambar 4.13 Tampilan Aplikasi GPS Speedometer

Jadi sepeda listrik dapat menempuh jarak 25.51 km dengan kecepatan rata-rata 19 km/h dan kecepatan maksimal 32 km/h.



Gambar 4.14 Pengujian Jarak Tempuh

4.2.5 Pengujian rpm (*revolution per minute*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa rpm yang dihasilkan motor BLDC pada speed 1, speed 2 dan speed 3 menggunakan alat ukur tachometer.

Berikut merupakan data hasil pengujian rpm menggunakan tachometer dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Data hasil pengujian rpm

No	Speed	Rpm
1	1	380.6
2	2	428.4
3	3	566.1



Gambar 4.15 Pengujian rpm (*revolution per minute*)

4.2.6 Pengujian Lama Penggunaan Sepeda Listrik Tanpa Beban

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu penggunaan sepeda listrik tanpa beban dalam keadaan baterai penuh (*full*) sampai baterai dalam keadaan lemah (*low*) dengan menggunakan *stopwatch* , pengujian ini dilakukan 3 kali yaitu pada speed 1, speed 2 dan speed 3.

Berikut merupakan data hasil pengujian sepeda listrik tanpa beban dapat dilihat pada table 4.15.

Tabel 4.15 Data hasil pengujian sepeda listrik tanpa beban

No	SPEED	LAMA PENGGUNAAN
1	1	2 jam 28 menit
2	2	2 jam 1 menit
3	3	1 jam 28 menit

Berikut merupakan data hasil konversi rpm ke rps dapat dilihat pada tabel 4.16.

Table 4.16 Konversi rpm ke rps

No	Speed	rpm	rps
1	1	380.6	6,343
2	2	428.4	7,14
3	3	566.1	9,435

Sehingga lama penggunaan sepeda listrik tanpa beban didapatkan menggunakan rumus yaitu:

1. Speed 1

$$\begin{aligned}\omega &= 2\pi \times \text{rps} \\ &= 2 \times 3,14 \times 6,343 \\ &= 39,843 \text{ radian/detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak tempuh} &= \omega \times \text{waktu} \\ &= 39,834 \times 8880 \\ &= 353.725,92 \text{ radion}\end{aligned}$$

Konversi radion ke meter :

$$\begin{aligned}\text{Jarak (meter)} &= 0,15 \times 353.725,92 \\ &= 53.058,888 \text{ m} \\ &= 53,1 \text{ km}\end{aligned}$$

2. Speed 2

$$\begin{aligned}\omega &= 2\pi \times \text{rps} \\ &= 2 \times 3,14 \times 7,14 \\ &= 44,84 \text{ radian/detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak tempuh} &= \omega \times \text{waktu} \\ &= 44,84 \times 7260 \\ &= 325.538,4 \text{ radian}\end{aligned}$$

Konversi radian ke meter:

$$\begin{aligned}\text{Jarak (meter)} &= 0,15 \times 325.538,4 \\ &= 48.830,76 \text{ m}\end{aligned}$$

$$= 48.8 \text{ km}$$

3. Speed 3

$$\omega = 2\pi \times \text{rps}$$

$$= 2 \times 3,14 \times 9,435$$

$$= 59,252 \text{ radian/detik}$$

$$\text{Jarak tempuh} = \omega \times \text{waktu}$$

$$= 59.252 \times 4740$$

$$= 280.854,48$$

$$\text{Jarak (meter)} = 0,15 \times 280.854,48$$

$$= 42.128,172 \text{ m}$$

$$= 42.1 \text{ km}$$

4.2.7 Perhitungan Torsi Sepeda Listrik

Pengujian torsi yang dihasilkan dari motor BLDC, dengan spesifikasi motor BLDC yang digunakan pada sepeda listrik dengan fitur sebagai berikut;

$$\text{Tegangan} = 48 \text{ Volt}$$

$$\text{Daya} = 500 \text{ Watt}$$

$$\text{Speed 1} = 380.6 \text{ rpm}$$

$$\text{Speed 2} = 428.4 \text{ rpm}$$

$$\text{Speed 3} = 566.1 \text{ rpm}$$

$$1 \text{ Watt} = 0,00134102 \text{ hp}$$

Jadi,

$$500 \text{ Watt} = 0,67 \text{ hp}$$

Torsi pada satu motor;

$$T = \frac{7130 \times hp}{n}$$

Dimana:

T = Torsi (Nm)

hp = Daya dalam satuan hp (*horse power*)

n = Jumlah putaran per menit (rpm)

7130 = Nilai ketetapan (konstanta) untuk daya motor satuan hp.

Sehingga torsi yang didapatkan menggunakan rumus, yaitu:

- Speed 1

$$T = \frac{7130 \times 0,67}{380,6} = 12,55 \text{ Nm}$$

- Speed 2

$$T = \frac{7130 \times 0,67}{428,4} = 11,15 \text{ Nm}$$

- Speed 3

$$T = \frac{7130 \times 0,67}{566,1} = 8,44 \text{ Nm}$$

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan penelitian, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan penambahan sensor *E-Break* dan menggunakan rem cakram dapat membuat kemampuan pengereman sepeda listrik lebih baik dari pada pengereman menggunakan rem tromol
2. Catu daya pada sepeda listrik dengan nilai tegangan 48V dan kapasitas 27Ah dapat menempuh jarak 25.51km dengan beban 60kg.

5.2 Saran

Pengembangan Sistem Pengereman dan Catu Daya Sepeda Listrik Roda Dua secara keseluruhan masih memiliki beberapa kekurangan. Oleh sebab itu, beberapa hal yang dapat dikembangkan lagi pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk peneletian selanjutnya sepedanya perlu penambahan pada body agar dapat digunakan dalam keadaan hujan.
2. Penambahan sistem kelistrikan yang belum terpasang berupa, speedometer, klakson, dan lampu-lampu.
3. Perbaiki sistem mekanik berupa, suspensi depan dan pengereman depan di rubah juga menjadi rem hidrolik.
4. Penambahan baterai untuk memaksimalkan jarak tempuh sepeda listrik.

DAFTAR PUSTAKA

Andreas, Agus Prayitno (2016). “Torsi, kecepatan dan daya motor listrik serta hubungannya”.(<https://www.gracioelectric.com/torsi/>), diakses 8 september 2023;23.31.

Bogi Power Electric. 2011. Perbedaan BLDC dan *brushed dc* pada kendaraan listrik.(online).(<https://www.electricisartbogipower.com/2016/03/perbedaan-blcdc-dan-brushed-dc-pada.html?m=1>), diakses 7 maret 2023.

Cahya, Gabriel Harry dkk. 2022. “*Modifikasi Chasis dan Bodi Sepeda Motor Bensin Menjadi Motor Listrik*”. Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Fibriani, Romana Dwi (online).” *mengenal sepeda listrik dan sejarah perkembangan di dunia*”. (www-builder-id.cnd.ampproject.org), diakses 4 januari 2023; 11.24.

Ilham, Muhammad dkk. 2022. “*Konversi Sepeda Motor Menjadi Sepeda Motor Listrik Berbasis Baterai*”. Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Kurniawan, Ahmad dan Novaldi. 2021. “*Pengembangan Sepeda Listrik Dengan Energi Surya Sebagai Sarana Transportasi Area Perkotaan*”. Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Nainggolan, Benhur dkk. 2016 “*Rancang Bangun Sepeda Listrik Menggunakan Panel Surya Sebagai Pengisi Baterai*”. Politeknik Negeri Jakarta

Saputra, Rio Ari, dkk. 2017. “*Pengendalian Motor Satu Roda Dengan Pid-fuzzy. Ejournal Proceedings of Engineering*”.

Sepeda.Me, 2020. Jenis-jenis rem pada sepeda. (online),(<https://www.sepeda.me/parts/jenis-jenis-rem-pada-sepeda-.html?amp>), diakses 7 maret 2023.

Setiawan, Benny. 2012. "*Rancang Bangun Sepeda Listrik*". Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Yuliawan,Ardhy.2021 "*Prinsip kerja dan komponen sepeda listrik*" (online), (<https://www.cara-kerja.com/2021/07/cara-kerja-komponen-sepeda-listrik.html?m=1>), diakses 31 januari 2023; 17.23.



LAMPIRAN

Lampiran 1
Gambar Desain Sepeda Listrik Roda Dua



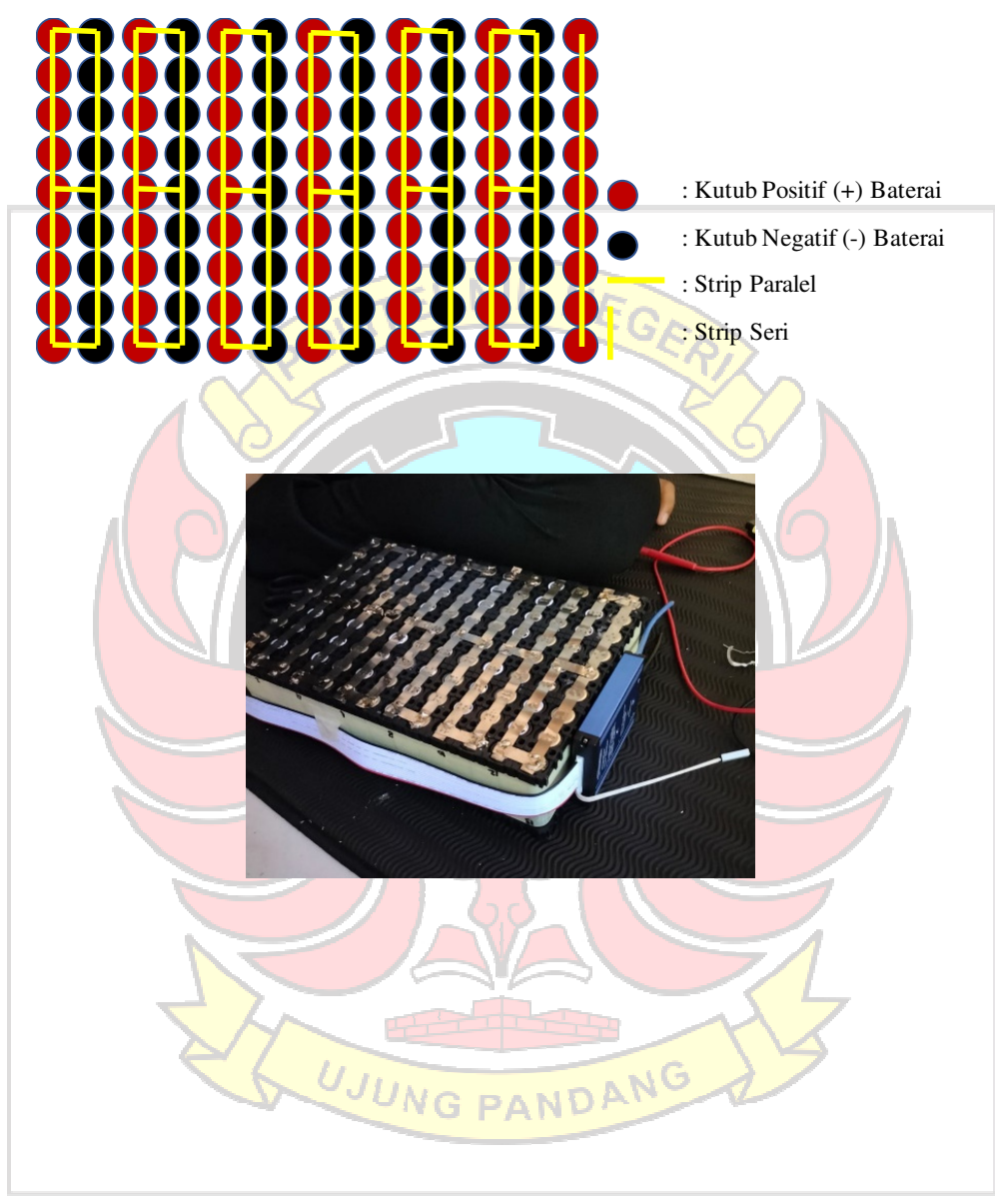
Lampiran 2
Proses Pengelasan dan Pengecatan Rangka Sepeda Listrik



Lampiran 3
Komponen Rem Hidrolik



Lampiran 4
Rangkaian Baterai 48 Volt



Lampiran 5
Perakitan Kelistrikan



Lampiran 6
Pengujian Sepeda Listrik pada Pendakian



Lampiran 7
Pengujian Jarak Tempuh Sepeda Listrik



Lampiran 8
Pengujian Putaran Motor Sepeda Listrik

