

**PERANCANGAN DAN PEMILIHAN KOMPONEN SISTEM
PENGGERAK SEPEDA LISTRIK DENGAN FRAME BAHAN
KOMPOSIT**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan
Dalam Mengikuti Program Sarjana Strata-1
Jurusan Teknik Mesin
Universitas Pasundan
Bandung*

Disusun Oleh :

**Januar Ishak Wijaya
10.3030062**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2015**

LEMBAR PENGESAHAN
PERANCANGAN DAN PEMILIHAN
KOMPONEN SISTEM PENGGERAK SEPEDA LISTRIK
DENGAN FRAME BAHAN KOMPOSIT



Nama : Januar Ishak Wijaya

NRP : 103030062

Jurusan : Teknik Mesin

Pembimbing I

Pembimbing II

(H. Farid Rizayana, Ir., MT.)

(Endjang Priatna, Ir.)

ABSTRAK

Permasalahan global yang saat ini dihadapi oleh dunia yakni kelangkaan bahan bakar fosil dimana sumber energi yang banyak digunakan pada kendaraan transportasi saat ini adalah bahan bakar fosil dikarenakan energi ini memiliki kekurangan yaitu bahan bakar fosil yang terbatas, tidak dapat diperbaharui dan sisa pembakarannya berdampak merusak lingkungan. Untuk mengatasi masalah tersebut, pada tugas akhir ini dikemukakan tentang “Perancangan, Pengembangan prototyping dan pemilihan sistem penggerak sepeda listrik dengan bahan komposit”.

Sepeda listrik diciptakan untuk mengatasi kekurangan dari sepeda biasa dan dapat dijadikan sebagai kendaraan alternatif untuk keperluan dalam kota. Sepeda listrik yang dirancang harus efisien, ekonomis, aman dan memenuhi kriteria dari dasar perancangan sebagai sepeda *hybrid* yaitu berfungsi sebagai sepeda biasa dan sepeda listrik, komponen yang digunakan harus ada dipasaran yang terbukti ergonomis, ekonomis dan dapat diproduksi. Sepeda listrik ini dinamakan *comfortic* fungsinya sebagai commuter yaitu untuk alat transportasi jarak dekat, dan pilihan yang paling efektif adalah menggunakan motor listrik sebagai penggerak mula dan sumber energinya berasal dari listrik yang dapat diperbaharui dan tidak berdampak merusak lingkungan.

Dari hasil perancangan dan pengujian yang dilakukan oleh penulis maka didapatkan hasil dengan melakukan pemilihan komponen sistem penggerak diantaranya motor BLDC dengan spesifikasi daya 350 watt. dan baterai yang digunakan adalah baterai jenis lithium ion baterai ini memiliki beberapa keuntungan yaitu massa yang lebih ringan, pengisian baterai yang lebih cepat, dan dimensi dari baterai yang lebih kecil dibandingkan baterai biasa, kelemahan dari baterai tersebut adalah biayanya yang terlampau lebih mahal dibandingkan baterai biasa, adapun rangka yang digunakan menggunakan bahan komposit karena komposit memiliki kelebihan seperti rangkanya yang kuat, ringan, futuristic dan memiliki kapasitas untuk menyimpan baterai lithium.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum, Wr Wb.

Puji syukur kehadirat Allah S.W.T Yang Maha pengasih dan Maha penyayang yang telah melimpahkan hidayah, inayah, dan rahmat-Nya sehingga Laporan Tugas Akhir ini yang diberi judul “PERANCANGAN DAN PEMILIHAN KOMPONEN SISTEM PENGGERAK SEPEDA LISTRIK DENGAN FRAME BAHAN KOMPOSIT” dapat terselesaikan dengan baik.

Meskipun banyak kendala dan rintangan dalam menyelesaikan laporan initetapi berkat bantuan dan dorongan morilyang diperoleh penulis dari banyak pihak maka penulis dapat menyelesaikan laporan ini. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Allah S.W.T. yang telah memberikan kesehatan, kekuatan dan keteguhan hati hingga TugasAkhir ini dapat terselesaikan.
2. Bapak dan Ibu beserta keluarga yang telah banyak memberikan bantuan baik materil maupun moril.
3. Bapak Ir. Farid Rizayana Mulia, MT. selaku Dosen Pembimbing I. Terimakasih atas ilmu yang begitu berguna, motivasi yang tak pernah henti, filosofi hidup yang telah diajarkan baik yang tersirat maupun tersurat dan kesabaran serta keikhlasan dalam membimbing penulis.
4. Bapak Endjang Priatna, ST selaku Dosen Pembimbing II. Terimakasih atas semua semangat, ilmu yang telah diberikan, perhatian, kesabaran, saran dan inspirasinya.
5. Seluruh Dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Pasundan yang telah memberikan ilmunya.
6. Semua rekan-rekanangkatan 2010 dan keluarga Besar Mahasiswa Teknik Mesin yang telah membantu Tugas Akhir ini khususnya Himpunan Mahasiswa Mesin Periode 2013-2014.
7. Kepada sahabat yang membantu dari awal kuliah sampai selesai kuliah yang memberikan motivasi dan segala hal dan pengalaman pada saat kuliah.

8. Kepada Marissa Dwiandhany yang telah memberikan suport dan selalu menjadi penyemangat didalam menyelesaikan kuliah ini untuk terus menjadi yang terbaik.
9. Rekan-rekan teman seperjuangan yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis memohon kepada Allah SWT agar dapat membalas segala kebaikan bagi mereka yang telah membantu, Aamiin.

Wassalamu'alaikum, WrWb.

Bandung, Januari 2015

Penulis



DAFTAR ISI

ABSTRAK i

KATA PENGANTAR ii

DAFTAR ISI iv

DAFTAR GAMBAR vii

DAFTAR TABEL ix

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Tujuan 3

1.3 Batasan Masalah 3

1.4 Metodologi 4

1.5 Sistematika Penulisan 6

BAB II DASAR TEORI 8

2.1 Pengertian Sepeda Listrik 8

2.2 Jenis Sepeda Listrik 11

 2.2.1 Fungsi Sepeda Listrik 11

 2.2.2 Lokasi Penggerak Sepeda Listrik 13

2.3 Pengertian Sepeda Hybrid 14

2.4 Komponen – Komponen Sistem Penggerak Sepeda Listrik 17

 2.4.1 Pengertian Motor Listrik (Motor AC dan DC) 18

 2.4.2 Macam - Macam Baterai 23

| | |
|--|-----------|
| 2.4.3 Sistem Kemudi..... | 28 |
| 2.4.4 Kontroler | 28 |
| 2.4.5 Monitoring tools | 29 |
| 2.4.6 Roda Gigi | 30 |
| 2.4.7 Rantai | 32 |
| 2.4.8 Roda | 34 |
| 2.4.9 Pemindah Gigi Transmisi..... | 34 |
| 2.4.10 Pengatur Kecepatan..... | 34 |
| | |
| BAB III METODELOGI | 36 |
| 3.1 Identifikasi Masalah | 37 |
| 3.2 Pengembangan dan Pemilihan Konsep | 37 |
| 3.3 Draft Desain | 38 |
| 3.4 Simulasi | 38 |
| 3.5 Detail Desain..... | 39 |
| 3.6 Prototyping..... | 39 |
| 3.7 Pengujian | 39 |
| 3.8 Dokumentasi Desain..... | 40 |
| | |
| BAB IV PERANCANGAN | 41 |
| 4.1 Sepeda Listrik | 41 |
| 4.2 Kriteria Perancangan | 42 |
| 4.3 Pengembangan Konsep perancangan | 43 |
| 4.4 Draft Desain | 46 |
| 4.5 Pemilihan Konsep dan Komponen Sistem Penggerak | 54 |
| 4.5.3 Menghitung Daya Baterai | 56 |



| | |
|---|-----------|
| 4.5.4 Menghitung Energi yang dikonsumsi | 56 |
| 4.5.3 Menghitung lamanya baterai dapat memberikan arus | 57 |
| 4.5.4 Menghitung Waktu Charging pada Baterai | 57 |
| 4.5.5 Menghitung Torsi | 58 |
| 4.6 Menentukan Spesifikasi Motor Listrik | 62 |
| 4.7 Menentukan Spesifikasi Baterai..... | 66 |
| BAB V PENGEMBANGAN <i>PROTOTYPING</i> DAN PENGUJIAN | 68 |
| 5.1 Perakitan Sistem Penggerak Sepeda Listrik | 68 |
| 5.2 Pengujian Motor Listrik..... | 72 |
| 5.3 Analisa Pengujian | 73 |
| 5.3.1 Waktu Pengisian Baterai Lithium Ion Pada Sepeda Listrik | 73 |
| 5.3.2 Pengukuran Tanjakan Pada Sepeda Listrik | 74 |
| 5.3.3 Pengukuran Putaran Pada Motor Listrik | 76 |
| BAB VI KESIMPULAN | 78 |
| 6.1 Kesimpulan | 78 |
| 6.2 Saran | 78 |
| DAFTAR PUSTAKA | 79 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Motor Listrik <i>Direct Drive Hub Motor</i> | 18 |
| Gambar 2.2 Motor Listrik tipe <i>Geared Hub Motor</i> | 23 |
| Gambar 2.3 Baterai <i>LiPo Pack</i> yang dirakit menjadi satu | 28 |
| Gambar 2.4 <i>cycle analyst</i> | 29 |
| Gambar 2.5 Alat Pengatur kecepatan..... | 35 |
| | |
| Gambar 4.1 Penempatam Motor Listrik dibelakang, didepan dan terpisah | 44 |
| Gambar 4.2 Klasifikasi Jenis Utama Motor Listrik | 44 |
| Gambar 4.3 Baterai Lead Acid (baterai kering) dan baterai lithium ion..... | 46 |
| Gambar 4.4 Sensor Pedal Listrik | 47 |
| Gambar 4.5 Sketsa Sepeda Listrik | 49 |
| Gambar 4.6 Motor Listrik tipe <i>brushless gear hub</i> | 59 |
| Gambar 4.7 Baterai Lithium ion | 61 |
| Gambar 4.8 DBB. (Diagram Benda Bebas) Analisa Statik | 61 |
| | |
| Gambar 5.1 Motor listrik tipe brushless BLDC 350 Watt..... | 69 |
| Gambar 5.2 Baterai Lithium Ion..... | 69 |
| Gambar 5.3 Pedal gas sepeda listrik | 70 |
| Gambar 5.4 Komponen penting pada sepeda listrik | 70 |
| Gambar 5.5 Pengisian Baterai Lithium Ion | 73 |

| | |
|--|----|
| Gambar 5.6 Pengukuran kecepatan pada saat tahanan..... | 75 |
| Gambar 5.7 Pengukuran putaran menggunakan alat stroboscope | 77 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Permasalahan global yang saat ini dihadapi oleh dunia yakni kelangkaan bahan bakar fosil dimana sumber energi yang banyak digunakan pada kendaraan transportasi saat ini adalah bahan bakar fosil dikarenakan energi ini memiliki persatuan berat yang tinggi dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Saat ini kebutuhan akan energi merupakan isu utama di dunia karena krisis energi yang melanda setiap negeri. Seluruh bangsa memikirkan cara untuk menghemat energi dan mengerahkan semua pikiran untuk mendapatkan solusi dari persoalan ini. Energi merupakan komponen utama dalam kehidupan. Aplikasi penggunaan energi yang paling sederhana yang sering kita alami setiap hari yaitu pemanfaatan energi fosil sebagai sumber penggerak engine. Semakin tergantungnya manusia pada energi fosil sehingga tidak disadari penggunaan energi fosil dilakukan secara besar besaran, hal tersebut yang menuntut untuk penyediaan kebutuhan itu dicukupi dan eksplorasi terhadap sumber sumber energi fosil dilakukan secara besar besaran. Karena energi fosil merupakan energi yang tak dapat diperbarui, tanpa mempertimbangkan semakin langkanya energi fosil yang tersedia di bumi. Tidak mustahil bahwa suatu saat nanti ketersediaan dari bahan bakar fosil tersebut akan menipis seiring dengan perkembangan teknologi modern dengan kata lain bahan bakar fosil akan tergantikan dengan sendirinya oleh sumber daya alam lain yang lebih potensial seperti cahaya matahari, angin, air dan biomassa melalui penelitian-penelitian yang terus berkembang. Yang seperti kita ketahui, di Indonesia bahan bakar minyak sudah menjadi kebutuhan primer bagi masyarakat. Mendesaknya lingkungan yang lebih bersih dan terhindar dari polusi yang menyebabkan penggunaan bahan bakar fosil harus dikurangi.

Untuk mengatasi krisis energi, pemerintah telah berusaha mengambil sejumlah langkah-langkah, diantaranya adalah meminimalisir pemakaian energi bahan bakar fosil untuk kebutuhan gedung - gedung maupun alat transportasi. Salah satu bagian penggunaan terbesar dari bahan bakar minyak adalah untuk sektor transportasi. Kendaraan angkutan darat yang menyumbang beban paling besar terhadap kebutuhan bahan bakar minyak didalam bentuk bensin dan solar, hal ini dikarenakan jumlah kendaraan angkutan darat lebih banyak dibandingkan angkutan udara dan laut.

Sehingga berbagai usaha dan penelitian terus dikembangkan untuk mendapatkan energi alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti minyak bumi tersebut diantaranya :

- a. Penelitian minyak jarak sebagai pengganti minyak diesel
- b. Penelitian bahan bakar gas dari kotoran ternak
- c. Pembuatan mobil hybrid
- d. Pembuatan sepeda listrik

Salah satu kebiasaan dilingkungan masyarakat kita yaitu kemauan untuk meninggalkan penggunaan kendaraan berbahan bakar minyak untuk kebutuhan transportasi antara titik berjarak ± 5 km. Di lain pihak, penggunaan kendaraan bertenaga manusia dinilai mengakibatkan kelelahan, kecepatan lebih rendah, tidak cocok digunakan dijalan raya, sehingga kendaraan jenis ini hanya dipakai untuk transportasi jarak sangat pendek atau hanya digunakan pada saat kegiatan rekreasi dan olahraga.

Sepeda memiliki beberapa kelebihan, yaitu tidak menimbulkan polusi udara, polusi suara, dan secara tidak langsung bermanfaat bagi kesehatan pengendaranya. Fungsi sepeda adalah sebagai alat transportasi, rekreasi maupun olahraga. Untuk menghindari pemakaian bahan bakar minyak dikembangkan kendaraan *hybird* yang menggunakan tenaga manusia dan

motor listrik. Keunggulan dari motor listrik adalah efisiensi yang tinggi dalam mengkonversikan daya listrik menjadi daya mekanik dan juga tidak menimbulkan polusi tidak mengkonsumsi bahan bakar fosil, tidak berisik, lebih aman, dan biaya pemeliharaan yang lebih rendah. Salah satu contoh kendaraan yaitu sepeda listrik. Sepeda listrik memiliki beberapa keuntungan yaitu ringan sehingga dapat dipakai seperti sepeda biasa dengan menggunakan pedal, namun tenaga yang dikeluarkan oleh pengendara dapat digantikan menggunakan motor listrik. Sepeda elektrik mungkin bisa menjadi alternatif untuk mengatasi kekurangan dari sepeda biasa, sedangkan definisi dari seminggu elektrik adalah sepeda yang telah dimodifikasi dengan menggunakan motor listrik dan sumber dari motor tersebut berasal dari baterai.

Pada sepeda listrik digunakan baterai/aki sebagai sumber energi untuk menggerakkan motor listrik. Sumber energi listrik yang digunakan untuk mengisi ulang baterai pada umumnya berasal dari sambungan listrik rumah (PLN).

1.2 TUJUAN

Tujuan dari tugas akhir ini adalah merancang dan memilih komponen dari sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit yang sesuai dengan kebutuhan dari beberapa faktor yang ada pada sistem penggerak tersebut dan memenuhi standarisasi yang telah ditentukan di pasaran Indonesia.

1.3 BATASAN MASALAH

Batasan permasalahan yang dibatasi didalam merancang dan memilih komponen dari sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit yaitu :

1. Pengembangan dan merancang konsep dari beberapa komponen sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit.

2. Memilih komponen dari sistem penggerak yang akan digunakan didalam pengembangan *prototyping* dan merakit komponen sistem penggerak sepeda listrik tersebut.

1.4 METODOLOGI

Metodologi yang dibuat didalam merancang dan memilih komponen dari sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit ada beberapa tahapan yaitu:

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah-masalah apa yang terjadi dan batasan-batasan masalah dari merancang dan memilih komponen dari sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit. Batasan perancangan dan pemilihan dirakit berdasarkan acuan yang telah dibuat sepeda listrik dipasaran Indonesia.

2. Pengembangan dan Pemilihan Konsep

Didalam pengembangan dan pemilihan konsep, konsep yang telah ada dikembangkan dari konsep yang sudah ada dikembangkan menjadi ketiga konsep, didalam pemilihan konsep yang telah dibuat didalam pemilihan konsep, konsep dibuat menjadi tiga alternatif, hal ini dikarenakan didalam pemilihan konsep akan dipilih konsep mana yang terbaik dari ketiga konsep tersebut.

3. Draft Desain

Pengembangan draft desain dilakukan untuk merancang desain yang akan dibuat didalam sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit. Draft desain ini bertujuan untuk mengembangkan konsep yang akan dipilih dari sistem penggerak tersebut. Draft desain dalam hal ini merupakan batasan-batasan desain yang akan menjadi acuan untuk membuat detail desain dari komponen-komponen utama pada sistem penggerak sepeda listrik tersebut.

4. Simulasi

Simulasi dilakukan pada konsep desain yang telah ditentukan dari desain sistem penggerak tersebut, simulasi dilakukan untuk mengembangkan beberapa parameter - parameter yang terdapat pada konsep desain sistem penggerak sepeda listrik dan mengoptimalkan dari beberapa faktor yang ada salah satunya faktor biaya dan juga efisiensi didalam pemakaian motor listrik. Sehingga pada akhirnya akan didapatkan desain terbaik dari sistem penggerak sepeda listrik tersebut. Setelah itu maka akan dilakukan pengujian kendaraan. Pengujian awal dilakukan dengan pengujian dalam *3D modeling* pada *software Solidworks 2013*, pada *software* tersebut dapat diketahui berat beban, gaya yang terjadi, daya yang dibutuhkan dari komponen sistem penggerak tersebut.

5. Detail Desain

Setelah pengembangan draft desain dilakukan, maka selanjutnya adalah membuat detail desain dari konsep tersebut. Detail desain dalam hal ini merupakan batasan-batasan desain yang akan menjadi acuan untuk membuat detail desain dari komponen-komponen utama pada sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit tersebut.

6. Prototyping

Setelah mengembangkan desain terbaik dilakukan detail desain dari sistem penggerak tersebut akan dilakukan proses perakitan dan pengembangan (*Prototyping*) proses ini dilakukan dengan cara memilih komponen – komponen utama yang ada pada sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit hal ini dilakukan harus sesuai dengan draft desain yang telah dibuat sebelumnya.

7. Pengujian

Pengujian dilakukan setelah proses *prototyping* selesai dibuat, hal ini bertujuan untuk menentukan beberapa parameter - parameter yang ada pada sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit dan juga menguji sistem penggerak sepeda listrik dari beberapa

faktor keamanan dan kelayakan yang harus memenuhi standarisasi yang ada dipasaran Indonesia.

8. Dokumentasi Desain

Setelah dilakukan pengujian didapatkan beberapa parameter – parameter dari sistem penggerak sepeda listrik tersebut, data dari hasil pengujian tersebut dicatat dan dianalisa sehingga dapat dibandingkan pada saat simulasi yang menentukan konsep terbaik yang nantinya akan didapatkan beberapa perbedaan parameter pada saat pengujian dan juga pada saat simulasi.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini dibagi menjadi dalam beberapa bab yang saling terkait satu sama lainnya. Adapun sistematika penulisannya adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang, tujuan, batasan masalah, metodologi serta sistematika penulisan.

BAB II : DASAR TEORI

Membahas beberapa teori yang mendukung tentang judul dari tugas akhir ini yaitu tentang sepeda listrik, sepeda hybrid, sistem penggerak dari sepeda listrik, motor listrik dan komponen – komponen dari sistem penggerak sepeda listrik.

BAB III : METODOLOGI

Berisi tentang metodologi atau diagram alir perancangan , menentukan daya motor, pemilihan baterai, pemilihan penempatan motor dan baterai, dan juga sistem transmisi yang ada pada sepeda listrik.

BAB IV : PERANCANGAN

Berisikan proses – proses perancangan diantaranya menentukan daya motor, pemilihan baterai, pemilihan penempatan motor dan baterai, dan juga sistem transmisi yang ada pada sepeda listrik.

BAB V : PENGEMBANGAN *PROTOTYPING* DAN PENGUJIAN

Pada bab ini berisikan tentang pengembangan *prototyping* dan juga pengujian pada komponen sistem penggerak sepeda listrik yang dilakukan untuk mendapatkan hasil data dari pengujian tersebut dan pada bab ini terdapat bagaimana cara merakit komponen sepeda listrik tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan tentang kesimpulan dan saran dari hasil perancangan dan pembuatan sepeda listrik.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan tentang judul-judul buku, situs internet, yang dijadikan bahan referensi saat penyusunan laporan tugas akhir ini.

LAMPIRAN

Berisikan tentang gambar-gambar yang berhubungan dengan materi tugas akhir, gambar – gambar teknik auto CAD, grafik hasil pengujian dan lain – lain.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pengertian Sepeda Listrik

Sepeda dengan penggerak motor listrik adalah kendaraan tanpa bahan bakar minyak yang digerakkan oleh dinamo dan akumulator. Seiring dengan mencuatnya masalah pemanasan global dan kelangkaan BBM maka kini produsen kendaraan berlomba-lomba menciptakan kendaraan *hybird*, dan sepeda listrik termasuk salah satu di dalamnya. Sampai sekarang di Indonesia telah tersedia beberapa varian tipe dengan kecepatan 60 km/jam, dilengkapi rem cakram, lampu penerangan dekat dan jauh, lampu sen, lampu rem serta klakson. Secara umum sumber tenaga sebuah sepeda motor *hybrid* adalah akumulator, tapi perkembangan dalam sel bahan bakar menyebabkan terciptanya beberapa *prototipe* penggunaannya. Beberapa contoh misalnya ENV dari *Intelligent Energy* memanfaatkan proses *Fuel Cell* hidrogen, pada Honda teknologi ini diberi nama *Honda FC Stack*, dan *FC-AQEL* pada Yamaha. Sampai sekarang di Indonesia telah tersedia tipe dengan kecepatan 60 km/jam, dilengkapi rem cakram, lampu penerangan dekat dan jauh, lampu sen, lampu rem serta klakson.

Kendaraan listrik adalah salah satu langkah untuk mengurangi ketergantungan kita terhadap energi fosil karena jenis kendaraan ini digerakkan menggunakan motor listrik, yang di suplai menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai dan tempat penyimpanan energi lainnya. Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini dapat digunakan untuk penggerak sepeda motor listrik. Motor listrik memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi

putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak balik. Performa dari motor listrik juga dipengaruhi oleh desain *wiring* yang akan dibuat, Seperti peletakan dan penyusunan aliran listrik yang sesuai. Semakin efisien dan tepatnya perencanaan *wiring* pada kendaraan motor listrik maka akan mempengaruhi perhitungan secara *numeric*, yang secara tak langsung akan mempengaruhi unjuk kerja suatu motor, dan juga dikarenakan perbedaan jenis motor tentu akan berbeda desain *wiring* yang akan digunakan dalam penentuan Torsi dan RPM pada motor listrik tersebut, dan nantinya hasil unjuk kerja motor dan perhitungan *numeric* yang didapatkan dilakukan pengujian dengan menggunakan *softwaresolidworks* yang nantinya dapat menampilkan grafik dari performa motor tersebut. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan perancangan sistem kendali elektrik.

Sepeda listrik sebagai kendaraan hemat biaya, murah, irit dan ramah lingkungan serta tidak memerlukan bahan bakar minyak. Pada umumnya sepeda listrik digerakkan oleh dinamo dan akumulator. Dimana akumulator yang dapat menyimpan energi listrik dan mengubah energi listrik tersebut menjadi energi mekanik (gerak), energi gerak tersebut berupa putaran dari motor yang ada di sepeda listrik tersebut.

Konsep dari sepeda listrik sebenarnya sederhana dan relatif sama untuk setiap jenis sepeda. Baterai menyediakan arus listrik yang dibutuhkan untuk menyuplai motor ataupun dinamo. Banyaknya arus dan besarnya voltase yang dibutuhkan oleh motor, diatur oleh kontroler. Dari semua sepeda listrik memiliki komponen utama yang dibutuhkan yaitu : Motor, baterai, dan kontroler. Transportasi yang ramah lingkungan dapat diterapkan seperti penentuan kebijaksanaan untuk jumlah transportasi yang ada di suatu daerah dengan melihat daya dukung lingkungan untuk menerima polusi dari kendaraan bermotor. Selanjutnya menjalin kerjasama antara Kementerian Lingkungan Hidup, Departemen Perhubungan, Menteri Kesehatan dan

semua departemen yang ada hubungannya dengan kegiatan transportasi. Kerja sama juga dapat diterapkan pada stakeholder lokal dan nasional serta berbagai kegiatan dan program dari organisasi internasional (Onogawa, 2007:1).

Sepeda adalah salah satu alat transportasi sederhana yang dikenal di Indonesia dengan nama kereta angin karena digerakkan tanpa menggunakan motor. Dan merupakan salah satu kendaraan bertenaga manusia, dan sebagai sepeda elektrik (penggabungan antara tenaga manusia dengan daya motor listrik. Terdapat pula sepeda motor listrik - *hybird* berbahan bakar yang sedang dikembangkan. Jarak tempuh terjauh yang dapat dicapai oleh sepeda motor listrik di Indonesia pun telah meningkat secara signifikan menjadi 80km dan untuk jarak tempuh sedemikian hanya perlu mengeluarkan biaya Rp. 900,-. Sedangkan untuk jalan menaik kendaraan mampu naik dengan sudut kemiringan sampai 30 derajat dan waktu yang diperlukan untuk mengisi penuh akumulator adalah 8 jam dan akumulator dapat diisi kapan saja tanpa menunggu habis pada saat pemakaian konsep dari sepeda listrik sebenarnya sederhana dan relatif sama untuk setiap jenis sepeda. Baterai menyediakan arus listrik yang dibutuhkan untuk menyuplai motor ataupun dinamo. Banyaknya arus dan besarnya *voltase* yang dibutuhkan oleh motor, diatur oleh kontroler. Dari semua sepeda listrik yang dibutuhkan memiliki komponen - komponen utama yang ada seperti : Motor, baterai, dan kontroler.

Secara umum komponen sepeda listrik tidak jauh berbeda dengan sepeda biasa, tetapi memiliki beberapa komponen tambahan sebagai berikut :

- a. Saklar berfungsi mengalirkan arus listrik dari baterai ke motor.
- b. Motor berfungsi merubah tenaga listrik menjadi momen putar.
- c. Baterai berfungsi sebagai sumber energi listrik.

Kelebihan juga dimiliki oleh sepeda listrik karena sepeda listrik tergolong kendaraan dengan kecepatan dibawah 35 km/jam sehingga tidak memerlukan SIM C dan STNK. Apalagi sekarang sudah ada sepeda listrik roda 3 yaitu kendaraan sebagai sarana transportasi khususnya bagi orang dengan kemampuan terbatas/penderita cacat tubuh misalnya lumpuh. Sepeda listrik roda 3 ini dapat berfungsi sebagai kursi roda yang digerakkan dengan tenaga listrik yang mampu dikendarai dengan kecepatan 40-50 km/jam, tenaga listriknya diambil dari akumulator yang bisa diisi ulang. Bila akumulator dalam keadaan penuh bisa dipakai kurang lebih 80 km atau kurang lebih 4-5 jam pemakaian.

2.2 Jenis Sepeda Listrik

Berdasarkan jenisnya sepeda listrik dibagi menjadi beberapa jenis dilihat dari kegunaan sepeda listrik tersebut dan juga lokasi motor listrik sebagai penggerak mula.

2.2.1 Fungsi Sepeda Listrik

Adapun beberapa jenis sepeda listrik dari kegunaannya antara lain adalah :

a. Definisi Sepeda *Commuter*

Definisi untuk commuter yaitu seseorang yang berpegian kesuatu kota untuk bekerja dan kembali seperti semula contohnya dari kota tempat tinggalnya setiap hari dan berulang - ulang kembali, atau juga perjalanan reguler dari tempat tinggal (rumah) ketempat kerja atau sekolah, rutin dan berulang - ulang, jadi kendaraan commuter itu dapat didefinisikan sebagai kendaraan yang digunakan untuk aktivitas dengan perjalanan regular dan dapat digunakan berulang – ulang kali.

b. Definisi Sepeda *Sport*

Sepeda ini dirancang khususnya untuk sepeda berolahraga dan untuk sepeda balap didalam perancangan sepeda sport ini sangat mengutamakan desain yang ringan bentuk dari sepeda yang ergonomis agar koefisien gesek yang ditimbulkan

seminimal mungkin sepeda ini biasanya digunakan pada perlombaan perlombaan sepeda. Fungsi utama dari sepeda sport ini adalah sebagai sepeda balap.

c. Definisi Sepeda *Downhill/Offroad*

Sepeda ini dirancang untuk medan yang sangat ekstrem, sepeda gunung jenis ini mempunyai suspensi ganda (*double suspension*) untuk meredam benturan yang kerap terjadi ketika menuruni lereng dan dapat menikung dengan stabil pada kecepatan tinggi. Dirancang agar dapat melaju cepat, aman dan nyaman dalam menuruni bukit dan gunung. Sepeda jenis ini tidak mengutamakan kenyamanan dalam mengayuh, karena sepeda jenis ini hanya dipakai hanya untuk menuruni lereng bukit atau gunung. Sepeda ini juga dipakai untuk perlombaan, sehingga yang menjadi titik utama dalam perancangannya adalah bagaimana agar kuat namun dapat melaju dengan cepat.

d. Definisi Sepeda Rekreasi

Sepeda ini dirancang khususnya untuk sepeda yang mengutamakan kenyamanan, dan dengan desain yang sederhana mudah digunakan dan dirancang dapat dikemudikan oleh semua kalangan, tentunya sepeda rekreasi ini harus memiliki harga kelas menengah kebawah tentunya agar semua orang dapat memiliki sepeda tersebut dan didalam perancangannya sepeda rekreasi ini harus memiliki part wajib yaitu keranjang yang diposisikan didepan kemudi stang ini berfungsi untuk menaruh barang bawaan ketika ingin berekreasi kemanapun.

2.2.2 Lokasi Penggerak Motor Listrik

Pada saat penempatan motor listrik pada sepeda listrik perlu kita ketahui adapun beberapa cara yaitu dibagi menjadi tiga posisi dimana posisi penempatannya ada yang diroda depan, diroda belakang dan terpisah.

a. Penggerak Roda Depan

Sistem penggerak mula pada roda depan di sepeda listrik ada beberapa kelemahan dan kelebihan, adapun beberapa kelemahan penggerak pada roda depan diantaranya ketika jalanan yang menanjak kemungkinan besar akan terjadi slip dikarenakan beban pada sepeda tertumpu diroda belakang, sama halnya ketika terjadi hujan maka besar kemungkinan akan terjadi slip, disamping itu penggerak roda depan memiliki beberapa kelebihan diantaranya pada torsi awal bisa lebih cepat dibandingkan penggerak roda belakang, dan pemasangan yang lebih mudah dibandingkan dengan penggerak belakang dan terpisah.

b. Penggerak Roda Belakang

Sistem penggerak pada roda belakang di sepeda listrik ada beberapa kelemahan dan kelebihan, adapun beberapa kelemahan penggerak pada roda belakang diantaranya torsi awal lebih berat dibandingkan penggerak roda depan, dan pemasangan yang sulit dibandingkan dengan penggerak depan. Adapun kelebihannya yaitu ketika jalanan yang menanjak kemungkinan besar tidak akan terjadi slip dikarenakan beban pada sepeda tertumpu diroda belakang, sama halnya ketika terjadi hujan maka sangat kecil terjadinya slip.

c. Penggerak Secara Terpisah

Sistem penggerak secara terpisah di sepeda listrik beda halnya dengan kelemahan dan kelebihan yang kita temui pada penggerak roda depan dan roda

belakang, tetapi pasti ada kelemahan dan kelebihanannya diantaranya penggerak secara terpisah ini jika dirakit harus ada penambahan spare part yang lain fungsi spare part tambahan yaitu sebagaiudukan pada motor listrik dan meneruskan daya kepada roda belakang, oleh karenanya pasti membutuhkan dana tambahan, adapun kelebihanannya penggerak secara terpisah lebih balance dibandingkan penggerak roda depan dan roda belakang.

2.3 Pengertian Sepeda *Hybird*

Sepeda *hybird* adalah sebuah sepeda yang memadukan karateristik *roadbike* dan *mountain bike* (MTB) menjadi sebuah sepeda yang kuat, nyaman dan mampu melaju lebih cepat dijalan aspal dibandingkan sepeda MTB biasa. *Hybrid bike* didesain untuk *general-purpose utility* (umum), commuter dijalan beraspal dan tidak beraspal. Prinsipnya sama dengan sepeda listrik, hanya saja penggerak tenaga listrik dipasang di roda depan agar tidak mengganggu sistem penggerak mesin bensin yang biasanya terletak di roda belakang. Jadi jika kita menginginkan penggerak bertenaga listrik/baterai, maka penggerak di roda depan yg kita hidupkan. Sebaliknya jika ingin bertenaga bensin maka roda belakang yang dihidupkan. Sepeda *Hybrid* biasanya banyak dipergunakan dikota-kota besar terutama yang sudah memiliki jalur sepeda. Hybrid bike pada awal munculnya lebih dikenal dengan *City bike*, *Cross bike* atau *Commuter bike*. Mengambil fitur yang dimiliki MTB dan *Road bike* dengan tujuan memperoleh sepeda *general commuting* dan transportasi harian. Alternatif lain dari sepeda manual adalah sepeda yang digerakkan dengan tenaga listrik baterai yang dapat diisi ulang. Di samping lebih hemat biaya, sepeda ini juga tidak menimbulkan kebisingan dalam penggunaannya dibandingkan sepeda motor. Kecepatan berkendara maksimum jenis sepeda ini adalah sekitar 40-60 km/jam dengan daya jelajah hingga 60 km. Sepeda listrik (elektrik) secara umum mampu melaju hingga kecepatan 30 km/jam, dengan daya tempuh maksimal 50 km atau dapat dipacu

hingga 3 jam *non-stop*. Setelahnya` indikator aki (baterai) akan menuju pada level "LOW". Namun, sepeda listrik (elektrik) dapat juga dipacu hingga dua kali lebih cepat dengan cara mengalirkan arus listrik langsung menuju pada dinamo penggerak tanpa disalurkan lagi pada lampu, klakson dan indikator baterai tanpa melalui distributor. Namun cara tersebut tidak dianjurkan dalam penggunaan standarnya.

Adapun beberapa kriteria desain dari sepeda *hybird* yang harus dipertimbangkan oleh seorang perencana untuk mendapatkan hasil rancangan yang efisien, ekonomis dan aman. Kriteria desain adalah suatu penilaian nilai yang tinggi yang ingin dicapai didalam perancangan berikut ini merupakan konsep dasar dari perancangan sepeda *hybird*. Rancangan akhir pada sepeda *hybird* dan seluruh komponennya merupakan hasil dari beberapa jenis rancangan dan keputusan. Dalam suatu perancangan ada beberapa pedoman dan standar yang harus dipertimbangkan oleh seorang perencana untuk mendapatkan sepeda *hybird* yang efisien, ekonomis dan aman.

Sumber penggerak listrik adalah salah satu alternatif yang dikembangkan oleh produsen kendaraan dalam beberapa tahun terakhir, dari kendaraan listrik yang dikembangkan ternyata sepeda dan skuter listrik yang paling sukses. Penggerak listrik mempunyai kelebihan yaitu tanpa bahan bakar dan oli serta tanpa pembakaran sehingga tidak menimbulkan polusi namun memilih kelemahan mendasar yaitu kemampuan baterai yang terbatas. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah instalasi pengisian yang dapat digunakan kapan saja dan di mana saja, instalasi ini menggunakan dinamo yang disambungkan ke roda selama kendaraan melaju sehingga putaran roda dapat mengisi baterai pada skuter atau sepeda listrik. Desain sistem pengisian ini mengacu pada sistem pengisian sepeda motor yang dimodifikasi sedemikian rupa sehingga sesuai dengan pengisian sepeda listrik. Dinamo yang digunakan yaitu Dinamo AC 3

fase yang digerakkan oleh roda belakang untuk menghasilkan energi listrik, dimana besar energi listrik di sesuaikan dengan kapasitas baterai dan banyaknya baterai dalam satu *box* cadangan.

Pada saat arus melewati konduktor (penghantar A) dan B yang berada diantara kutub magnet, maka penghantar A dan B akan menerima gaya dorong berdasarkan garis gaya magnet yang timbul dengan arah seperti pada gambar di samping. Hubungan antar arah arus, arah garis gaya magnet dan arah gaya dorong pada penghantar merujuk pada aturan / kaidah tangan kiri *Fleming*. Arah arus yang masuk kebalikan dengan arah yang keluar sehingga gaya dorong yang dihasilkan juga saling berlawanan. Oleh karena itu penghantar akan berputar saat arus tersebut mengalir. Untuk membuat penghantar tetap berputar maka digunakan komutator dan sikat (*brush*).

Berdasarkan kaidah tangan kiri *Fleming* diatas, prinsip kerja dari komponen - komponen utama motor stater adalah sebagai berikut: Armature dan *field coil* dihubungkan dengan baterai secara series melalui sikat - sikat dan komutator. Urutan aliran arusnya yaitu dari baterai, relay stater, *field coil*, sikat positif, komutator, armature, sikat *negative*, dan selanjutnya ke masa. Pada saat arus listrik mengalir, *pole core* bersama sama *field coil* akan terbangkit medan magnet. Amature yang juga dialiri arus listrik akan timbul garis gaya magnet sesuai tanda putaran pada gambar di samping. Sesuai dengan kaidah tangan kiri *Fleming*, armature coil sebelah kiri akan terdorong ke atas dan yang sebelah kanannya akan terdorong ke bawah.

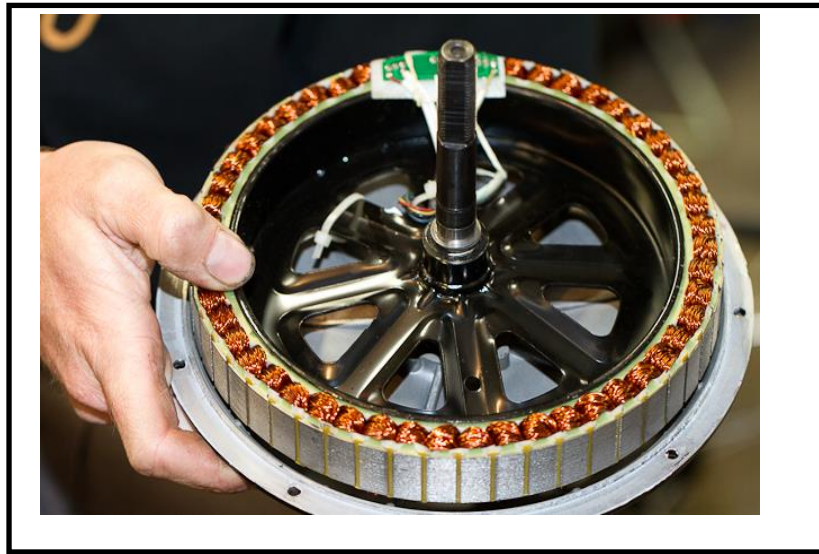
Dalam hal ini *armature coil* berfungsi sebagai kopel atau gaya punter, sehingga armature akan berputar. Jumlah kumparan di dalam armature coil banyak, sehingga gaya putar yang

ditimbulkan armature coil bekerja saling susul menyusul. Akibatnya putaran armature akan menjadi teratur. Padahal sistem mekanisme penggerakannya memiliki prinsip kerja yang sama. Setelah melalui transmisi atau girboks, tenaga dialirkan ke mekanisme pemindah daya atau penggerak roda yang dikenal dengan nama *drive train*. Sepeda listrik (elektrik) secara umum mampu melaju hingga kecepatan 30 km/jam, dengan daya tempuh maksimal 50 km atau dapat dipacu hingga 3 jam *non-stop*. Setelahnya indikator aki (baterai) akan menuju pada level "LOW". Namun, sepeda listrik (elektrik) dapat juga dipacu hingga dua kali lebih cepat dengan cara mengalirkan arus listrik langsung menuju pada dinamo penggerak tanpa disalurkan lagi pada lampu, klakson dan indikator baterai tanpa melalui distributor, namun cara tersebut tidak dianjurkan dalam penggunaan standarnya.

2.4 Komponen – Komponen Sepeda Listrik

Sepeda merupakan salah satu kendaraan bertenaga manusia, dan sebagai sepeda elektrik (menggunakan gabungan antara tenaga manusia dan daya motor listrik). Maka dari itu adapun beberapa penjelasan mengenai beberapa komponen yang ada pada sepeda listrik tersebut yang nantinya akan dipasang pada sepeda sebagai penggerak mula motor listrik.

2.4.1 Pengertian Motor Listrik



Gambar 2.1 Motor Listrik Kumparan Direct Drive Hub Motor

Motor listrik merupakan salah satu mesin listrik yang berfungsi sebagai alat konversi energi, merubah energi listrik yamenjadi energi mekanik dalam bentuk torsi dan putaran poros. Energi mekanik ini digunakan di industri untuk memutar impeler pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan dan digunakan juga pada perlatan listrik rumah tangga (seperti *mixer*, bor, listrik dan kipas angin). Motor listrik berfungsi sebagai penggerak dari sepeda listrik motor listrik terdiri dari kumparan tembaga yg dililit di sekitar magnet untuk lebih mudahnya mirip seperti dinamo pada mainan anak-anak. Tipe dari motor terbagi menjadi dua bagian yaitu *Brushed* atau *brushless*. Umumnya pada motor generasi sekarang menggunakan motor jenis *brushless* karena lebih mudah perawatannya dan juga lebih tahan lama. Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Alat yang berfungsi sebaliknya, mengubah energi mekanik menjadi energi listrik disebut generator atau dinamo. Motor listrik dapat ditemukan pada peralatan rumah tangga seperti kipas angin, mesin cuci, pompa air dan penyedot debu. Motor listrik yang umum digunakan di dunia Industri adalah motor listrik *asinkron*, dengan dua standar global yakni IEC dan NEMA. Motor *asinkron* IEC berbasis *metrik* (milimeter), sedangkan motor listrik NEMA berbasis *imperial*

(inch), dalam aplikasi ada satuan daya dalam *horsepower* (hp) maupun *kiloWatt* (kW). Motor listrik IEC dibagi menjadi beberapa kelas sesuai dengan efisiensi yang dimilikinya, sebagai standar di EU, pembagian kelas ini menjadi EFF1, EFF2 dan EFF3. EFF1 adalah motor listrik yang paling efisien, paling sedikit memboroskan tenaga, sedangkan EFF3 sudah tidak boleh dipergunakan dalam lingkungan EU, sebab memboroskan bahan bakar di pembangkit listrik dan secara otomatis akan menimbulkan buangan karbon yang terbanyak, sehingga lebih mencemari lingkungan.

Standar IEC yang berlaku adalah IEC 34-1, ini adalah sebuah standar yang mengatur *rotating equipment* bertenaga listrik. Ada banyak pabrik elektrik motor, tetapi hanya sebagian saja yang benar-benar mengikuti arahan IEC 34-1 dan juga mengikuti arahan level efisiensi dari EU. Banyak produsen elektrik motor yang tidak mengikuti standar IEC dan EU supaya produknya menjadi murah dan lebih banyak terjual, banyak negara berkembang menjadi pasar untuk produk ini, yang dalam jangka panjang memboroskan keuangan pemakai, sebab tagihan listrik yang semakin tinggi setiap tahunnya. Lembaga yang mengatur dan menjamin level efisiensi ini adalah CEMEP, sebuah konsorsium di Eropa yang didirikan oleh pabrik-pabrik elektrik motor yang ternama, dengan tujuan untuk menyelamatkan lingkungan dengan mengurangi pencemaran karbon secara global, karena banyak daya diboroskan dalam pemakaian beban listrik.

Sebagai contoh, dalam sebuah industri rata-rata konsumsi listrik untuk motor listrik adalah sekitar 65-70% dari total biaya listrik, jadi memakai elektrik motor yang efisien akan mengurangi biaya *overhead* produksi, sehingga menaikkan daya saing produk, apalagi dengan kenaikan tarif listrik setiap tahun, maka pemakaian motor listrik EFF1 sudah waktunya menjadi keharusan.

Prinsip kerja untuk seluruh jenis motor secara umum :

- a. Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.
- b. Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran maka kedua sisi lingkaran yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
- c. Pasangan gaya akan menghasilkan gaya putar untuk memutar kumparan.
- d. Motor – motor memiliki beberapa lingkaran pada dinamanya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan mean magnetnya yang disebut kumparan medan magnet.

a. Motor AC

Motor arus bolak- balik menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik memiliki dua buah bagian dasar listrik : stator dan rotor seperti ditunjukkan pada motor AC. Stator merupakan komponen listrik statis. Rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar as motor. Keuntungan utama motor DC terhadap motor AC adalah bahwa kecepatan motor AC lebih sulit dikendalikan. Untuk mengatasi kerugian ini, motor AC dapat dilengkapi dengan penggerak frekuensi variabel untuk meningkatkan kendali kecepatan sekaligus menurunkan dayanya. Motor induksi merupakan motor yang paling populer di industri karena keandalannya dan lebih mudah perawatannya. Motor induksi AC cukup murah (harganya setengah atau kurang dari harga sebuah motor DC) dan juga memberikan rasio daya terhadap berat yang cukup tinggi (sekitar dua kali motor DC).

b. Motor DC

Motor arus searah adalah suatu mesin yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dimana energi gerak tersebut berupa putaran dari motor. Ditinjau dari segi sumber arus penguat magnetnya, motor arus searah dapat dibedakan atas:

1. Motor arus searah penguatan terpisah, bila arus penguatan terpisah, bila arus penguat medan rotor dan medan stator diperoleh dari luar motor.
2. Motor arus searah penguatan sendiri, bila arus penguat magnet berasal dari motor itu sendiri.

Motor arus searah dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Motor arus searah penguatan *shunt*.
- b. Motor arus searah penguatan seri.
- c. Motor arus searah komponen panjang.
- d. Motor arus searah kompon pendek.

Bahan penting yang digunakan pada mesin-mesin arus searah adalah bahan feromagnetik. Garis-garis gaya magnet cenderung untuk melewati bahan-bahan yang termaksud jenis ini (bahan yang permeabilitasnya jauh lebih besar).

Kutub-kutub magnet yang digunakan untuk mesin arus searah biasanya menggunakan magnet buatan yang dibuat dengan prinsip elektromagnetisme, yang pembuatannya adalah dengan melilitkan kawat email pada bahan feromagnetik yang kemudian dialiri arus searah.

Prinsip dasar dari pembuatan kutub magnet buatan tersebut ialah hasil percobaan *oersted*, yang menyatakan jarum kompas akan menyimpang apabila berada didekat kawat berarus. Jarum kompas akan menyimpang bila disekitarnya terdapat medan magnet. Dari

percobaan *oersted* dapat disimpulkan bahwa disekitar kawat berarus listrik terdapat medan magnet.

Arah medan magnet yang berbentuk disekitar kawat yang berarus listrik diperoleh berdasarkan percobaan *Maxwell*. Bila arus listrik yang mengalir didalam kawat arahnya menjauhi pengamat (maju), maka medan yang terbentuk disekitar kawat berarus arahnya searah dengan putaran arah jarum jam. Sebaliknya bilamana arus listrik yang mengalir didalam kawat arahnya mendekati kita (mundur) maka medan magnet yang berbentuk disekitar kawat arahnya berlawanan dengan arah jarum jam.

Prinsip dasar dari motor arus searah adalah apabila sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat itu. Sistem motor sendiri terdapat berbagai dari beberapa macam jenis diantaranya *direct drive hub motor, geared hub motor, central mid drive, friction drive* dan lain-lain. Setiap jenis sistem motor memiliki kelebihannya masing-masing, sehingga dalam pemilihan sistem motor harus disesuaikan dengan kebutuhan agar tercipta sistem yang optimal. Sebagai contoh, *geared hub* cocok untuk keadaan *stop and go* di kota dan *direct drive hub motor* cocok untuk *setup* yang menggunakan watt yg besar.



2.2 Gambar Sepasang Motor Listrik tipe *geared hub motor*

2.4.2. Macam - Macam Baterai

Baterai merupakan elemen penting dari sebuah sepeda listrik, dan biasanya merupakan yang paling mahal. Sehingga didalam memilih baterai dibutuhkan perencanaan yang matang serta memperkirakan aspek kebutuhan di masa yang akan datang. Parameter yang sering digunakan pada sebuah baterai antara lain adalah *ampere(a)*, *volt(v)*, dan *c rate*.

- a. *Ampere* merupakan besarnya arus listrik yang mengalir, atau bisa diibaratkan seperti besarnya arus air yang mengalir.
- b. *Voltase* merupakan bedapotensial listrik, atau diibaratkan seperti besarnya beda tekanan diantara dua titik, yang menunggu untuk dibuka.
- c. *C rate* merupakan parameter *internal* dari baterai yang menunjukkan kemampuan ampere dari baterai untuk dipakai tanpa merusak baterai tersebut. Sebagai contoh baterai dengan kapasitas 10 maH dan memiliki rating 2c, maka mampu menyuplai 20 ampere. Tentunya kapasitas batere 10 maH yang menyuplai 20 ampere akan habis dalam waktu setengah dari baterai 10 maH yang menyuplai 10 ampere.

Baterai merupakan sumber energi yang berfungsi untuk mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai terdiri dari tiga komponen penting yaitu :

- a. Batang karbon sebagai anoda (kutub positif baterai).
- b. Seng (Zn) sebagai katoda (kutub negatif baterai).
- c. Pasta sebagai elektrolit (penghantar).

Kelemahan utama di sepeda listrik adalah *battery* yang berat, apalagi untuk *battery* 36 volt berarti ada 3 unit *battery* yang masing - masing 12 volt. *battery lead acid* memang relatif murah tetapi mempunyai kelemahan di berat dan besar. Beberapa berita mengenai sepeda listrik yang dikembangkan di Jepang dan Eropa mempunyai kelebihan *battery* yang ringan dan kecil lain dengan *battery* dan dinamo buatan China. Pada kit sepeda listrik umumnya telah disiapkan dudukan yang terletak di belakang sadel, dan jika penggerak dinamo berada dibelakang dan *battery* juga berada dibelakang berarti center berat berubah ke belakang, dan ini sangat tidak nyaman dan berbahaya pada saat berkendara itu yang menjadi faktor penyebab, Guna mendapatkan titik center yang baik, sebaiknya dinamo diletakan sedapat mungkin dekat dengan center pedal, jika terlalu atas akan mengakibatkan hilang keseimbangan, dan jika di tempat kan terlalu bawah, *battery* akan mengganggu posisi kaki pada saat mengayuh. Posisi *battery* menggantung di *uptube* cukup baik, berada ditengah dari sepeda dan tidak mengganggu kaki pada saat mengayuh. pastikan *battery* duduk pada posisi yang kokoh dan di ikat dengan braket minimum 2 titik di *uptube* dan 1 titik di seat tube. Sepeda dengan *full suspension* seperti sepeda listrik keluaran porsche sangat lah ideal, tetapi ingat kondisi *battery* yang besar kan sulit mendapat kan tempat yang baik untuk sepeda yang *full suspension*.

Baterai didefinisikan atas dua atau lebih sel elektro kimia, yang terhubung secara listrik, yang masing-masing memiliki elektroda dan elektrolit. Reaksi redoks (oksidasi/reduksi) terjadi

jika elektroda mengkonversikan energi elektro kimia ke energi listrik. Berdasarkan kemampuan baterai menyimpan energi listrik dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu :

- a. Baterai primer
- b. Baterai sekunder

a. Baterai Primer

Baterai primer merupakan baterai yang secara ekonomis tidak bisa diisi kembali. Sehingga apabila sudah digunakan dan energi listrik sudah sangat kecil langsung dibuang.

Baterai yang biasa dijual (*disposable*/sekali pakai) mempunyai tegangan listrik 1,5 volt. Baterai ada yang berbentuk tabung atau kotak. Ada juga yang dinamakan *rechargeable battery*, yaitu baterai yang dapat diisi ulang, seperti yang biasa terdapat pada telepon genggam. Baterai sekali pakai disebut juga dengan baterai primer, sedangkan baterai isi ulang disebut baterai sekunder.

Baik baterai primer maupun baterai sekunder, keduanya bersifat merubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai primer hanya bisa dipakai sekali, karena menggunakan reaksi kimia yang bersifat tidak bisa dibalik. Sedangkan baterai sekunder dapat diisi ulang karena reaksi kimianya bersifat bisa dibalik. Contoh baterai yang termasuk kelompok ini adalah baterai *Le Clanche*, *Alkaline*, Merkuri dan Magnesium.

b. Baterai Sekunder

Baterai sekunder merupakan baterai yang dapat digunakan sebagai penyimpan energi listrik atau baterai yang dapat digunakan kembali, juga dikenal sebagai aki. Dan dapat diisi ulang sampai 1200 kali setelah digunakan. Setiap jenis baterai kelompok ini memiliki karakteristik yang berbeda satu dengan yang lainnya. Sebagai contoh tegangan yang dihasilkan satu dengan yang lainnya berbeda. Aplikasi baterai jenis ini pada : otomotif, *back up*, konstruksi dan sebagainya.

Setiap jenis baterai memiliki karakteristiknya masing-masing, tergantung dari sifat bahan pembuatannya. Saat ini baterai terdiri dari berbagai jenis diantaranya adalah SLA, NiMH, Li-ion, Lipo, LiFePO₄, NMC, dan lain - lain. Masing-masing baterai memiliki nilai voltase, *life cycle* dan ampere yang berbeda-beda tergantung dari tipenya sebagai contoh baterai jenis SLA yang memiliki *life cycle* 300x hingga baterai jenis LiFePO₄ yang memiliki *life cycle* hingga 3000x. Didalam sel galvanis primer energi kimia diubah menjadi energi listrik. Perubahan ini tidak akan terjadi lagi, walaupun sebuah sel galvanis primer yang kosong tidak dapat diisi lagi. Contoh yang terkenal dari bentuk sel primer ini adalah sel kering yang digunakan pada radio, lampu senter, dan blitz. Penggunaan sel primer ini pada motor kendaraan tidak ekonomis karena ketika sel semacam ini kosong maka tidak dapat digunakan lagi.

Berbeda dengan sel primer perubahan energi dari kimia ke listrik dapat berubah lagi dalam sel sekunder, sel sekunder ini lebih sesuai digunakan dalam kendaraan bermotor dari pada sel primer. Sumber energi listrik yang mungkin disebutkan hanya sel sekunder (baterai penyimpanan) mempunyai posisi penting dalam kendaraan bermotor. Ada dua jenis baterai yang berbeda dalam pemakaiannya, yaitu sebagai berikut :

a. Baterai Starter

Baterai sebagai penyimpanan sumber arus menyediakan energi listrik yang diperlukan untuk menghidupkan motor, penerangan kendaraan, dan peralatan listrik lainnya yang dapat diisi lagi oleh sistem generator selama kendaraan berjalan.

b. Baterai Penggerak

Baterai penyimpanan ini direncanakan untuk sistem penggerak listrik pada kendaraan yang digerakkan secara kelistrikan. Misalnya, baterai pada kendaraan bersel

matahari ataupun yang digerakkan oleh baterai yang dapat diisi kembali dengan tenaga listrik yang lain.

Kotak baterai tersusun dari pentup dan bahan penahan asam (karet keras atau plastik). Kotak baterai modern mengganjal tepi-tepi sekeliling dasar kotak bagian luar untuk tujuan pengganjalan. Didalam kotak baterai, sisa – sisa elemen mengalir sepanjang memenuhi lantai kotak dan kaki batas dasar pelat yang ada. Ruang antara sisa elemen terbentuk dikenal dengan ruang endapan, tempat timbunan partikel padat yaitu kerak pada pelat selama pengoprasian dan jatuh ke dasar kotak. Lapisan kerak ini yang terjadi dari timah dan dapat menghantarkan listrik dapat berakumulasi dalam ruangan ini tanpa menyentuh ujung terbawah pada pelat yang dapat menyebabkan hubungan pendek.

Arus pengisian muatan adalah tingkat arus dengan baterai diisi jika pengisi baterai digunakan dimana tidak bergantung pada arus tetap selama pengisian muatan, ini mungkin untuk membedakan anatar arus pengisian muatan dan arus pengisian akhir. Sebaiknya baterai dipasang dibawah kap agar baterai mudah dimasukkan setiap saat. Batterai harus ditopang dengan ganjal sehingga tidak dapat lepas dari tempatnya. Ganjal baik sekali untuk menjepit baterai pada struktur penopang, seperti rangka pegangan bagian bawah , rangka dengan sekrup penjepit, baut penjepit dengan sekrupnya dan sebagainya.



Gambar 2.3 Baterai *LiPo Pack* yang dirakit menjadi satu

2.4.3. Sistem Kemudi

Fungsi sistem kemudi adalah untuk memungkinkan perubahan arah kemana kendaraan itu bergerak baik pada roda dua maupun roda empat. Pengarahan ini dilakukan oleh pengemudi dengan jalan memutarakan steer atau stang untuk merubah arah roda depan.

2.4.4. Kontroler

Kontroler merupakan alat pengendali dari sebuah sepeda listrik. Kontroler berfungsi untuk mengatur penyaluran arus dan tegangan dari baterai ke motor listrik. Kontroler diatur oleh *chip mosfet* yang disesuaikan dengan *supply voltase* oleh baterai. Baterai yg memiliki rating 48 volt harus menggunakan kontroler minimum untuk baterai 48 volt. Beberapa kontroler memiliki fungsi program sehingga besarnya arus ke motor dapat diatur sesuai dengan keperluan.

Input kontroler didapat dari berbagai input dari pengemudi seperti misalnya tuas gas dan PAS (*pedal assist system*). Kontroler akan mengatur beberapa besarnya arus yang akan disalurkan

2.4.5. *Monitoring Tools*

Monitoring Tools merupakan *tools* tambahan yang penting pada sepeda listrik. *Monitoring Tools* berfungsi sebagai info status kondisi pada sepeda listrik. Mulai dari kecepatan, jarak, hingga besarnya arus dan voltase *realtime* dan kapasitas baterai yang telah digunakan



2.4 Gambar *cycle analyst*

Gambar yang ada diatas merupakan salah satu merk *monitoring tools* yang sudah mendunia, *Cycle analyst*, bahkan dapat mengoveride kontroler sehingga *setting max* ampere, kecepatan, dan voltase dari sepeda listrik dapat dilakukan secara langsung dan mudah. Contoh lainnya adalah merk *speedict* yang dapat terhubung dengan ponsel android dalam melakukan *setting* sepeda listrik secara *wireless*.

2.4.6. Roda Gigi

Roda gigi adalah salah satu elemen mesin berfungsi sebagai pemindah daya selain sabuk dan rantai, tetapi roda gigi memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh pemindah daya yang lain, seperti dapat memindahkan daya yang lebih besar, efisiensi yang cukup besar, serta kemungkinan terjadinya slip pada kecepatan tinggi relatif kecil.

Roda gigi yang terbuat dari baja dibagi menjadi dua kelas yaitu roda gigi baja karbon dan roda gigi baja paduan. Baja- baja paduan digunakan di lapangan industri, akan tetapi baja karbon yang mengalami perlakuan panas lebih banyak digunakan. Banyak roda gigi yang terbuat dari kayu sejak penemuan jam mekanik yang terus mendorong perkembangan mekanisme yang menggunakan roda gigi dari logam. Bahkan diteruskan sampai pada penggunaan roda gigi kayu untuk keperluan transmisi pembangkit tenaga angin dan air. Roda gigi ini dibuat dari berbagai jenis kayu, tetapi untuk bagian gigi dibuat dari kayu yang keras.

Dalam perancangan roda gigi terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain :

- ✓ Beban yang harus ditahan oleh roda gigi, baik berupa gaya. Momen lentur, momen puntir, ataupun beban yang lain.
- ✓ Tegangan yang terjadi pada roda gigi, yang besarnya tergantung dari geometri dan ukuran roda gigi.

Elemen mesin (roda gigi) yang dirancang berdasarkan kekuatan tersebut diharapkan tidak akan mengalami kegagalan karena patah, termasuk patah lelah maupun aus. Elemen mesin yang telah dirancang dari segi kekuatan tersebut selanjutnya juga dikenakan beberapa persyaratanlain seperti :

- a. Roda gigi tersebut tidak boleh mengalami deformasi permanen.

- b. Roda gigi tersebut tidak boleh mengalami deformasi eksekutif, seperti *buckling*.

Jenis- jenis roda gigi terdiri dari beberapa macam jenis diantaranya yaitu :

a. Roda Gigi Lurus

Roda gigi lurus dipakai untuk memindahkan daya dan putaran antara poros yang sejajar, yang biasanya terbentuk silindris dan gigi-giginya adalah lurus dan sejajar dengan sumbu putar.

b. Roda Gigi Kerucut

Roda gigi kerucut digunakan untuk memindahkan daya dan putaran antara poros yang berpotongan dan biasanya perpotongan tersebut membentuk sudut 90° , roda gigi ini dapat dibuat hampir untuk semua ukuran sudut.

c. Roda Gigi Miring

Roda gigi miring juga digunakan untuk memindahkan daya dan putaran antara poros – poros yang sejajar. Sudut kemiringan sama antar roda gigi, tetapi antar pasangan roda gigi harus memiliki kemiringan yang terbalik antara keduanya. Keuntungan dengan memakai roda gigi miring ini adalah dapat memindahkan atau meneruskan daya dalam putaran yang tinggi.

d. Roda Gigi Cacing

Pasangan roda gigi cacing biasanya terdiri dari sebuah cacing yang mempunyai sebuah ulir luar dan sebuah roda cacing yang berkait dengan cacing. Ciri yang sangat menonjol pada roda gigi cacing adalah karena kerjanya yang halus dan hampir tanpa bunyi serta memungkinkan perbandingan transmisi yang besar.

Agar dapat merancang roda gigi dengan baik maka terlebih dahulu dipelajari macam-macam kegagalan yang dialami roda gigi dalam praktek. Ada dua kategori kerusakan pada roda gigi diantaranya yaitu :

a. Patah Roda Gigi

Macam – macam patah yang terjadi adalah :

- Patah pada potongan kaki gigi akibat beban kejut(*impact*) pada roda gigi.
- Patah lelah pada potongan kaki gigi.
- Patah pada sudut kepala gigi dan pinggir gigi akibat salah pasang.

b. Kerusakan pada Muka Gigi

- *Pitting* adalah fenomena lelah yang terjadi karena tekanan yang terjadi melebihi tekanan yang diijinkan atau melebihi tekanan yang dapat ditahan oleh roda gigi, fenomena ini tergantung dari material roda gigi tersebut.
- *Scufing* terjadi karena kontak langsung antara roda gigi dengan pasangannya yang disebabkan oleh kurangnya pelumasan.
- Aus terjadi karena terkikisnya permukaan roda gigi sedikit demi sedikit pada keseluruhan roda gigi pada arah gerak relatif antara pasangan permukaan gigi.

2.4.7. Rantai

Rantai merupakan komponen utama dalam sistem penggerak sepeda modern. Rantai merupakan suatu elemen transmisi daya yang dibuat dari rangkaian mata rantai (*link*) dan pin. Ketika meneruskan daya diantara poros – poros berputar, rantai “menarik” suatu roda bergigi yang disebut sproket. Meskipun begitu tidak banyak perubahan didalam rancangan rantai

sepeda. Awalnya rantai sepeda menggunakan *pitch* (jarak antara kedua pin mata rantai) satu inchi atau 25,4 mm, yang kemudian berubah menjadi standar $\frac{1}{2}$ inci atau 12,8 mm yang lebih banyak digunakan saat ini. Sproket adalah roda gigi yang juga berfungsi untuk meneruskan putaran dan daya melalui rantai yang membelitnya. Tidak sekedar meneruskan daya dan putaran, transmisi yang menggunakan rantai+sproket seringkali juga digunakan sebagai “*speed reducer*” alias penurun putaran, sproket kecil berperan sebagai penggerak dan sproket besar sebagai objek yang digerakkan. Rantai yang membelit pada sebagian sproket selama beroperasi menghasilkan beban terutama beban tarik. Beban tarik ini hanya bekerja pada sisi tegang sedangkan pada sisi kendornya tidak terdapat gaya.

Dari sekian banyak jenis rantai, yang paling umum dipakai adalah “*roller chain*” dimana rol-rol pada tiap pin menghasilkan gesekan yang kecil antara rantai dan sproket. Rantai jenis rol ini diklasifikasikan menurut jarak pitchnya, yaitu jarak antara link terdekat. Biasanya, pitch diilustrasikan sebagai jarak antara dua pusat pin terdekat. Sebagai komponen utama penggerak sepeda, rantai jelas butuh perawatan. Tanda-tanda rantai butuh perawatan yaitu apabila mulai terdengar bunyi berisik saat digunakan. Bunyi ini bersumber dari kotoran yang menempel pada pelat dan *roller* rantai. Untuk sistem penggerak *multispeed*, perlu perhatian ekstra pada posisi pin sambungan rantai yang mungkin bergeser atau malah pecah karena tidak kuat menahan *shifting* pada saat *load* maksimal. Apabila rantai tidak dirawat, banyak masalah yang bisa muncul. Mulai dari performa *shifting* yang terganggu, umur *chainring* dan *cog/cassette* yang lebih pendek karena lebih cepat aus, atau putus saat menerima tarikan kuat di tanjakan.

Selain diaplikasikan pada industri otomotif, transmisi rantai – sproket juga banyak dipakai dalam mesin – mesin industri berdaya besar ataupun mesin – mesin berdaya kecil untuk

keperluan industri kecil. Rantai dan sproket berfungsi untuk meneruskan daya dan putaran dari *gear speed reducer*

2.4.8 Roda

Roda adalah objek berbentuk lingkaran, yang bersama dengan sumbu dapat menghasilkan suatu gerakan dengan gesekan kecil dengan cara bergulir. Contoh umum ditemukan dalam penerapan dalam transportasi, Istilah roda juga sering digunakan untuk obyek-obyek berbentuk lingkaran lainnya yang berputar seperti kincir air.

2.4.9 Pemindah Gigi Transmisi

Komponen pemindah gigi transmisi berfungsi untuk menggerakkan FD (*front derailleur*) dan RD (*rear derailleur*), *Shifter* yang beredar dipasaran untuk penggerak RD mencapai 9-10 *speed*, untuk *shifter* FD biasanya hanya terdiri 2-3 *speed*

2.4.10 Pengatur Kecepatan

Alat untuk pengatur kecepatan ini ada 2 macam, yaitu *throttle control* yang mengatur gas dari stang sepeda atau *pedal assist system (PAS)* yang mengaktifkan motor lewat kaki. Tetapi umumnya orang memilih kendali lewat *throttle control*. Juga terdapat sebuah indikator baterai yang dapat dipasang di stang.



2.5 Gambar pengatur kecepatan pada sepeda listrik.

BAB III
METODOLOGI

Diagram Alir yang digunakan yaitu :

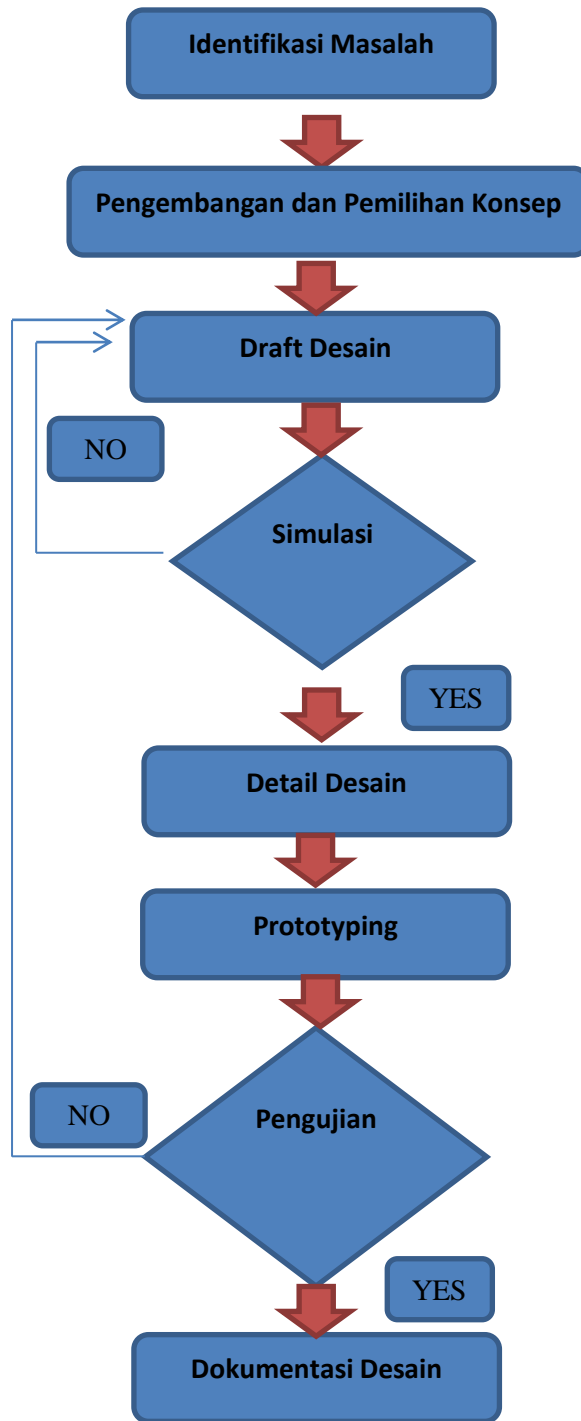


Diagram 3.1. Diagram alir “Perancangan dan Pembuatan Sistem Penggerak Sepeda Listrik dengan bahan komposit.”

Metodologi merupakan langkah-langkah untuk menyelesaikan suatu permasalahan. Dalam hal ini permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana cara merancang dan memilih komponen dari sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit yaitu :

Metodologi yang dibuat didalam merancang dan memilih komponen dari sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit ada beberapa tahapan yaitu:

3.1. Identifikasi Masalah

Didalam melakukan langkah awal penulis harus dapat mengidentifikasi apa saja permasalahan yang terdapat pada judul yang telah dipilih. Setelah mengidentifikasi masalah – masalah apa yang terjadi didapatkan suatu keluaran dimana keluaran tersebut yang nantinya akan dijadikan suatu batasan permasalahan. Identifikasi masalah tersebut yaitu bagaimana cara merancang beberapa komponen dari sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit. Setelah itu dapat memilih komponen dari sistem penggerak yang akan digunakan didalam pengembangan *prototyping* sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit dan merakit komponen sistem penggerak sepeda listrik tersebut. Setelah itu didapatkan batasan-batasan masalah dari perancangan dan pemilihan komponen dari sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit. Batasan perancangan dan pemilihan dirakit berdasarkan acuan yang telah dibuat sepeda listrik dipasaran Indonesia.

3.2. Pengembangan dan Pemilihan Konsep

Setelah menentukan batasan dari permasalahan yang ada penulis dapat melakukan tahapan selanjutnya yaitu mengembangkan dan memilih konsep dari sistem penggerak sepeda listrik tersebut. Setelah itu membuat konsep yang diinginkan dari penulis setelah membuat konsep dilakukannya pengembangan, dari konsep yang telah ada dikembangkan menjadi ketiga konsep dimana konsep tersebut dilakukan seperti berikut contohnya didalam melakukan pengembangan untuk penempatan posisi motor listrik dari beberapa posisi penempatan

diantaranya penempatan didepan belakang dan terpisah, untuk jenis motor listrik pun dilakukan pengembangan, untuk jenis dan penempatan posisi baterai pun sama halnya dilakukan setelah semua konsep dikembangkan maka dilakukannya pemilihan konsep didalam melakukan pemilihan, konsep yang telah dibuat didalam pengembangan konsep, nantinya akan diseleksi berdasarkan paramter – parameter yang telah ditentukan yang selanjutnya akan dipilih berdasarkan nilai terbaik dari ketiga konsep tersebut konsep yang telah dipilih harus memiliki acuan yang benar agar didalam melakukan pemilihan penulis tidak melakukan kesalahan – kesalahan.

3.3. Draft Desain

Setelah melakukan pengembangan konsep penulis selanjutnya akan melakukan draft desain, draft desain dilakukan untuk merancang desain yang akan dibuat didalam sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit. Draft desain ini bertujuan untuk mengembangkan konsep yang akan dipilih dari sistem penggerak tersebut. Draft desain dalam hal ini merupakan batasan-batasan desain yang akan menjadi acuan untuk membuat detail desain dari komponen-komponen utama pada sistem penggerak sepeda listrik tersebut diantaranya penulis akan melakukan perancangan dari beberapa komponen yang ada pada sepeda listrik salah satunya yaitu dengan menentukan daya dari motor listrik tersebut menentukan spesifikasi dari motor listrik, menentukan titik berat sepeda, menghitung kapasitas baterai yang dibutuhkan parameter untuk pemilihan baterai, parameter dari jenis motor listrik, spesifikasi dari baterai dan kontroler, dan lain sebagainya.

3.4. Simulasi

Setelah melakukan pengembangan, pemilihan konsep dan draft desain selanjutnya akan dilakukan simulasi, simulasi bertujuan untuk mengetahui keluaran dari draft desain. Simulasi dilakukan pada konsep desain yang telah ditentukan dari desain sistem penggerak tersebut, simulasi dilakukan untuk mengembangkan beberapa parameter - parameter yang terdapat pada

konsep desain sistem penggerak sepeda listrik dan mengoptimisasi dari beberapa faktor yang ada salah satunya faktor biaya dan juga efisiensi didalam pemakaian motor listrik. Sehingga pada akhirnya akan didapatkan desain terbaik dari sistem penggerak sepeda listrik tersebut. Setelah itu maka akan dilakukan pengujian kendaraan. Pengujian awal dilakukan dengan pengujian dalam *3D modeling* pada *software Solidworks 2013*, pada *software* tersebut dapat diketahui berat beban, gaya yang terjadi, daya yang dibutuhkan dari komponen sistem penggerak tersebut.

3.5. Detail Desain

Setelah pengembangan draft desain dilakukan, maka selanjutnya adalah membuat detail desain dari sistem penggerak sepeda listrik tersebut. Detail desain dalam hal ini merupakan batasan-batasan desain yang akan menjadi acuan untuk pemilihan dari komponen-komponen utama pada sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit tersebut.

3.6. Prototyping

Setelah melakukan detail desain dari sistem penggerak tersebut akan dilakukan proses perakitan atau pengembangan *prototyping* proses perakitan ini dilakukan dengan cara memilih komponen – komponen utama yang ada pada sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit hal ini dilakukan harus sesuai dengan draft desain yang telah dibuat sebelumnya.

3.7. Pengujian

Pengujian dilakukan setelah proses perakitan dan pengembangan *prototyping* selesai dibuat, pada hal ini pengujian bertujuan untuk menentukan beberapa parameter - parameter yang ada pada sistem penggerak sepeda listrik dengan *frame* bahan komposit dan juga menguji sistem penggerak sepeda listrik dari beberapa faktor keamanan dan kelayakan yang harus memenuhi standarisasi yang ada dipasaran Indonesia.

3.8. Dokumentasi Desain

Setelah dilakukan pengujian didapatkan beberapa parameter – parameter dari sistem penggerak sepeda listrik tersebut, data dari hasil pengujian tersebut dicatat dan dianalisa sehingga dapat dibandingkan pada saat simulasi yang menentukan konsep terbaik yang nantinya akan didapatkan beberapa perbedaan parameter pada saat pengujian dan juga pada saat simulasi.

BAB IV

PERANCANGAN

4.1. Sepeda Listrik

Sepeda motor listrik adalah kendaraan tanpa bahan bakar minyak yang digerakkan oleh dinamo dan akumulator. Sepeda listrik sebagai kendaraan hemat biaya, murah, irit dan ramah lingkungan serta tidak memerlukan bahan bakar minyak. Pada umumnya sepeda listrik digerakkan oleh dinamo dan akumulator. Dimana akumulator yang dapat menyimpan energi listrik dan mengubah energi listrik tersebut menjadi energi mekanik (gerak), energi gerak tersebut berupa putaran dari motor yang ada di sepeda listrik tersebut.

Konsep dari sepeda listrik sebenarnya sederhana dan relatif sama untuk setiap jenis sepeda. Baterai menyediakan arus listrik yang dibutuhkan untuk menyuplai motor ataupun dinamo. Banyaknya arus dan besarnya voltase yang dibutuhkan oleh motor, diatur oleh kontroler. Dari semua sepeda listrik memiliki komponen utama yang dibutuhkan yaitu : Motor, baterai, dan kontroler. Transportasi yang ramah lingkungan dapat diterapkan seperti penentuan kebijaksanaan untuk jumlah transportasi yang ada di suatu daerah dengan melihat daya dukung lingkungan untuk menerima polusi dari kendaraan bermotor. Selanjutnya menjalin kerjasama antara Kementerian Lingkungan Hidup, Departemen Perhubungan, Menteri Kesehatan dan semua departemen yang ada hubungannya dengan kegiatan transportasi. Kerja sama juga dapat diterapkan pada stakeholder lokal dan nasional serta berbagai kegiatan dan program dari organisasi internasional (Onogawa, 2007:1). Dan merupakan salah satu kendaraan bertenaga manusia, dan sebagai sepeda elektrik (penggabungan antara tenaga manusia dengan daya motor listrik. Terdapat pula sepeda motor listrik - *hybird* berbahan bakar yang sedang dikembangkan. Jarak tempuh terjauh yang dapat dicapai oleh sepeda motor listrik di Indonesia pun telah

meningkat secara signifikan menjadi 80km dan untuk jarak tempuh sedemikian hanya perlu mengeluarkan biaya Rp. 900,-. Sedangkan untuk jalan menaik kendaraan mampu naik dengan sudut kemiringan sampai 30 derajat dan waktu yang diperlukan untuk mengisi penuh akumulator adalah 8 jam dan akumulator dapat diisi kapan saja tanpa menunggu habis pada saat pemakaian konsep dari sepeda listrik sebenarnya sederhana dan relatif sama untuk setiap jenis sepeda. Baterai menyediakan arus listrik yang dibutuhkan untuk menyuplai motor ataupun dinamo. Banyaknya arus dan besarnya *voltase* yang dibutuhkan oleh motor, diatur oleh kontroler. Dari semua sepeda listrik yang dibutuhkan memiliki komponen - komponen utama yang ada seperti : Motor, baterai, dan kontroler.

Secara umum komponen sepeda listrik tidak jauh berbeda dengan sepeda biasa, tetapi memiliki beberapa komponen tambahan sebagai berikut :

- a. Saklar berfungsi mengalirkan arus listrik dari baterai ke motor.
- b. Motor berfungsi merubah tenaga listrik menjadi momen putar.
- c. Baterai berfungsi sebagai sumber energi listrik.

4.2 Kriteria Perancangan

Perancangan merupakan tahapan awal didalam proses pembuatan, oleh karena itu didalam pengerjaannya membutuhkan ketelitian. Kesalahan – kesalahan didalam perancangan dapat berakibat kesalahan didalam proses pembuatan dan pemilihan. Oleh karena itu kesalahan pada perancangan harus ditekan semaksimal mungkin agar dapat menghemat waktu dan biaya didalam proses pemilihan dan pembuatan. Desain dilakukan sebagai acuan untuk pembuatan (*prototyping*) pada rancangan yang akan dibuat. Perancangan bertujuan untuk menentukan hasil dan kualitas dari produk yang akan dibuat serta agar didalam proses pembuatannya tidak

mengalami kesulitan. Maka perancangan yang akan dilakukan diharapkan dapat memenuhi kriteria sebagai berikut :

- ✚ Perawatan dari komponen sistem penggerak yang mudah dan komponennya ada dipasaran
- ✚ Harga yang lebih murah dan ekonomis
- ✚ Tidak meninggalkan nilai estetika dari sepeda, kenyamanan dari pengendara (*argonomic*),
- ✚ Sepeda yang dapat digerakkan dengan penggerak mula dari manusia dan motor listrik (*hybird*)
- ✚ Berpenumpang satu orang dengan berat beban keseluruhan dengan sepeda ± 130 kg

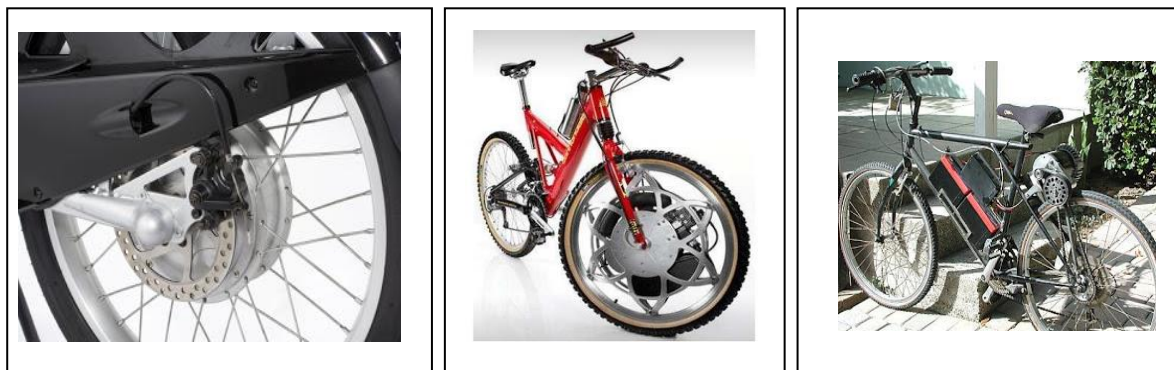
4.3 Pengembangan Konsep Perancangan

Didalam melakukan pengembangan konsep rancangan, penulis harus mengembangkan dan membuat alternatif desain dimana alternatif desain ini dibuat dengan ketiga konsep desain yang akan dirancang hal ini dilakukan untuk memilih dari ketiga desain tersebut desain mana yang lebih baik dengan cara mensimulasikannya atau menganalisa parameter – parameter yang ada pada konsep desain tersebut setelah menganalisa nantinya akan didapatkan suatu nilai tertinggi yang akan dicapai dari ketiga konsep desain tersebut. Alternatif desain dilakukan dengan cara membandingkan dari komponen utama sistem penggerak :

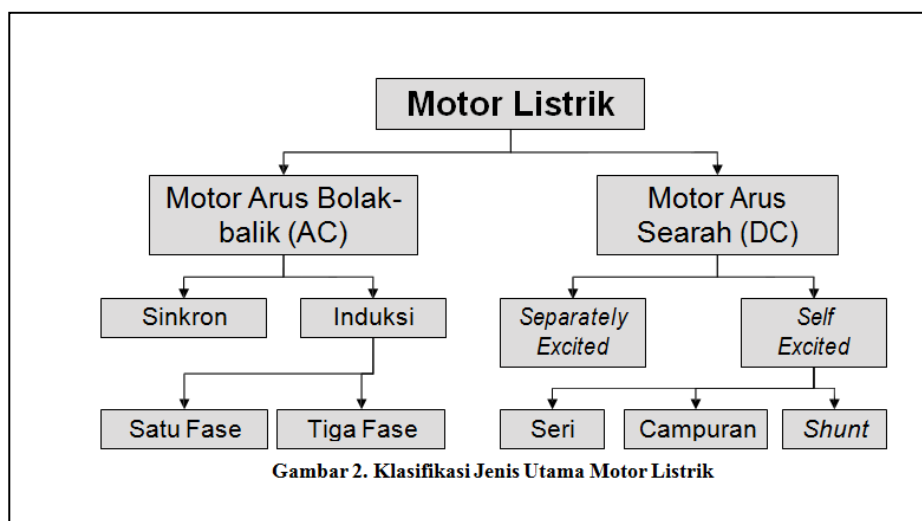
a. Motor Listrik

Alternatif desain yang dilakukan dengan perancangam motor listrik dilakukan dengan beberapa alternatif yaitu dari jenis motor listrik, spesifikasi dari motor listrik dan juga

penempatan pada posisi motor listrik. Dari jenis motor listrik kebanyakan adapun beberapa motor listrik jenis *Brushless DC gearless hub motor* dan tipe *brusshed*, sistem motor sendiri terdapat berbagai macam jenis diantaranya *direct drive hub motor*, *geared hub motor*, *central mid drive*, *friction drive* dan lain - lain., untuk spesifikasi motor listrik yang ada dipasaran yaitu berkisar antara 200 watt sampai 1200 watt, semakin besar watt nya maka semakin besar torsi dinamo tersebut. Untuk penempatan motor listrik dibagi menjadi tiga dimana posisi penempatannya ada yang diroda depan, diroda belakang dan terpisah. Didalam menentukan pilihan dari motor listrik berdasarkan beberapa faktor diantaranya faktor biaya, jumlah daya, motor listrik yang ada dipasaran dan jangka umur dari motor listrik tersebut. Untuk biaya yang ada dipasaran berkisar antara 850.000,- tergantung dari jumlah daya yang dibutuhkan.



Gambar. 4.1. Penempatam Motor Listrik dibelakang, didepan dan terpisah



Gambar 4.2. Klasifikasi Jenis Utama Motor Listrik

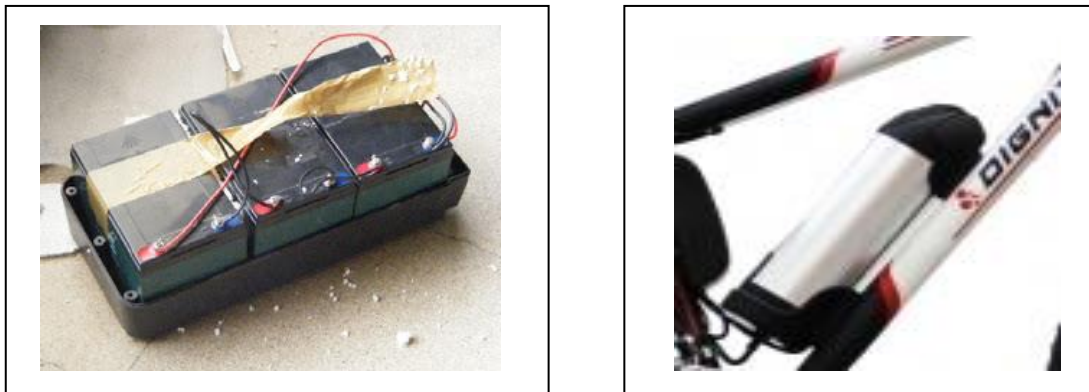
b. Baterai

Alternatif desain yang dilakukan dengan perancangam baterai dilakukan dengan beberapa alternatif yaitu dari jenis baterai, spesifikasi dari baterai dan juga penempatan pada posisi baterai. Tergantung pada jenis baterai yang digunakan, baterai dalam sepeda motor listrik dapat bertahan antara 1,5 sampai 10 tahun. Jenis baterai meliputi:

- Lithium Ion
- Lithium
- Lithium Phosphate
- Litihum Ion Fosfat
- Lead Acid
- Nickel Metal Hydride

Salah satu kelemahan yang dirasakan dari sepeda motor listrik adalah rentang pengisian. Sebagian besar sepeda motor listrik yang sekarang tersedia di pasaran dapat menempuh kisaran 40 (65 km) sampai 100 mil (160 km) sekali isi ulang baterai. Dari hasil survey yang penulis lakukan kebanyakan untuk sepeda listrik menggunakan baterai lead acid (baterai kering) tetapi kelemahan utama di sepeda listrik adalah battery yang berat, apalagi untuk battery 36 volt berarti ada 3 unit battery yang masing - masing 12 volt. Battery lead acid memang relatif murah tetapi mempunyai kelemahan di berat dan besar. Beberapa berita mengenai sepeda listrik yang dikembangkan di Jepang dan Eropah mempunyai kelebihan battery yang ringan dan kecil lain dengan battery dan dinamo buatan China. Pada kit sepeda listrik umumnya telah disiapkan dudukan yang terletak di belakang sadel, dan jika penggerak dinamo berada dibelakang dan battery juga berada dibelakang berarti center berat berubah ke belakang, dan ini sangat tidak nyaman dan berbahaya pada saat berkendara, kelemahan ini umumnya tidak di expose oleh situs - situs e-bike. Guna mendapatkan titik center yang baik, sebaiknya dinamo

diletakan sedapat mungkin dekat dengan center pedal, jika terlalu atas akan mengakibatkan hilang keseimbangan, dan jika di tempat kan terlalu bawah, battery akan mengganggu posisi kaki pada saat mengayuh. Posisi battery menggantung di uptune cukup baik, berada ditengah dari sepeda dan tidak mengganggu kaki pada saat mengayuh. pastikan battery duduk pada posisi yang kokoh dan di ikat dengan braket minimum 2 titik di uptune dan 1 titik di seat tube. Sepeda dengan full suspension seperti sepeda listrik keluaran porsche sangat lah ideal, tetapi ingat kondisi battery yang besar kan sulit mendapat kan tempat yang baik untuk sepeda yang full suspension.



Gambar 4.3. Baterai Lead Acid (baterai kering) dan baterai lithium ion

4.4 Draft Desain

Setelah menentukan kriteria dan pengembangan konsep dari rancangan maka dari itu penulis akan melakukan perancangan dari beberapa komponen yang ada pada sepeda listrik salah satunya yaitu dengan menentukan daya dari motor listrik tersebut menentukan spesifikasi dari motor listrik, menentukan titik berat sepeda, menghitung kapasitas baterai yang dibutuhkan parameter untuk pemilihan baterai, parameter dari jenis motor listrik, spesifikasi dari baterai dan kontroler, dan lain sebagainya.

Didalam melakukan perancangan , penulis harus melakukan beberapa proses diantaranya yaitu :

a. Motor Listrik

Didalam melakukan perancangan motor listrik adapun beberapa perancangan yang harus dilakukan diantaranya yaitu menentukan spesifikasi dari motor listrik tersebut berdasarkan parameter – parameter yang ada, menentukan jenis motor listrik tersebut berdasarkan kriteria, kelemahan kelebihan dan yang ada dipasaran di indonesia khususnya di kota bandung, menentukan posisi dari motor listrik tersebut apakah penggerak depan , belakang atau terpisah dilihat dari kelemahan kelebihan dan dari rancangan yang ada.

b. Baterai

Sensor Pedal Listrik

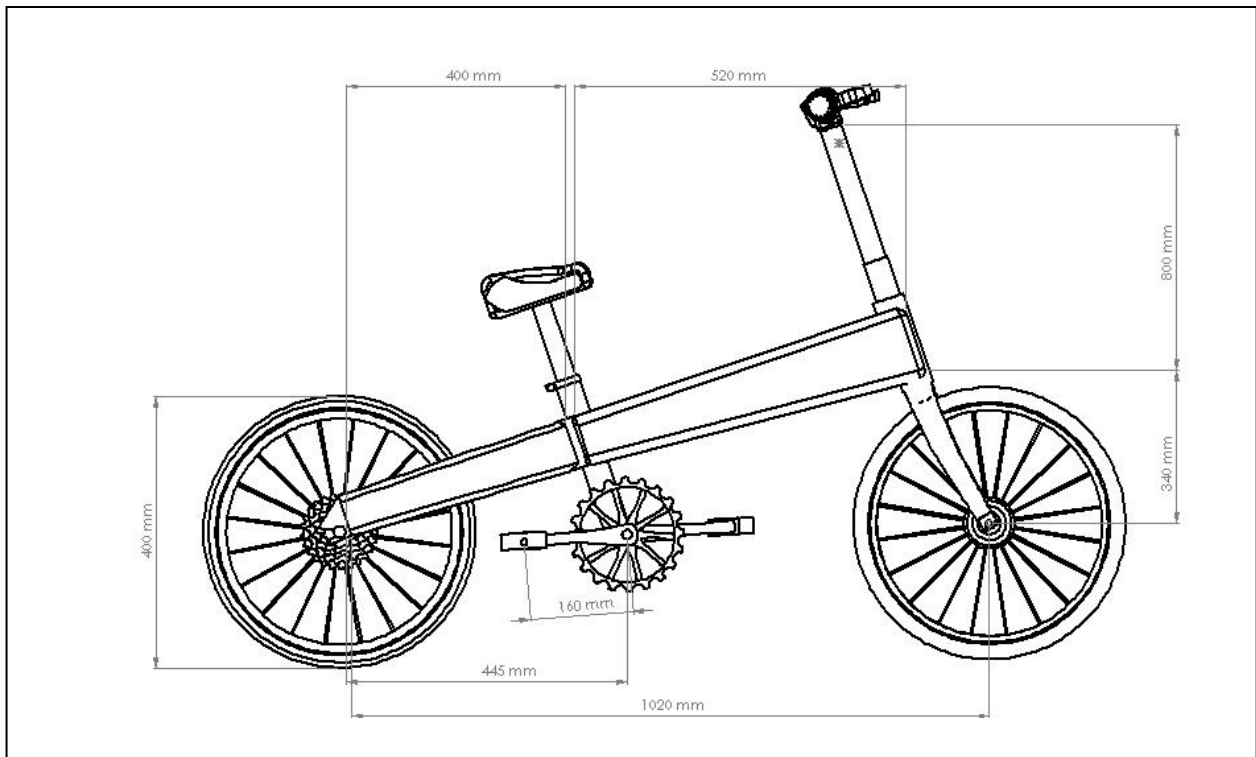


Gambar 4.4 Sensor Pedal Listrik

Sensor pedal adalah salah satu alat untuk menghidupkan dinamo, diletakan di as crank shaft, berbentuk lingkaran magnet. Sensor pedal ini berfungsi menghidupkan dinamo pada saat

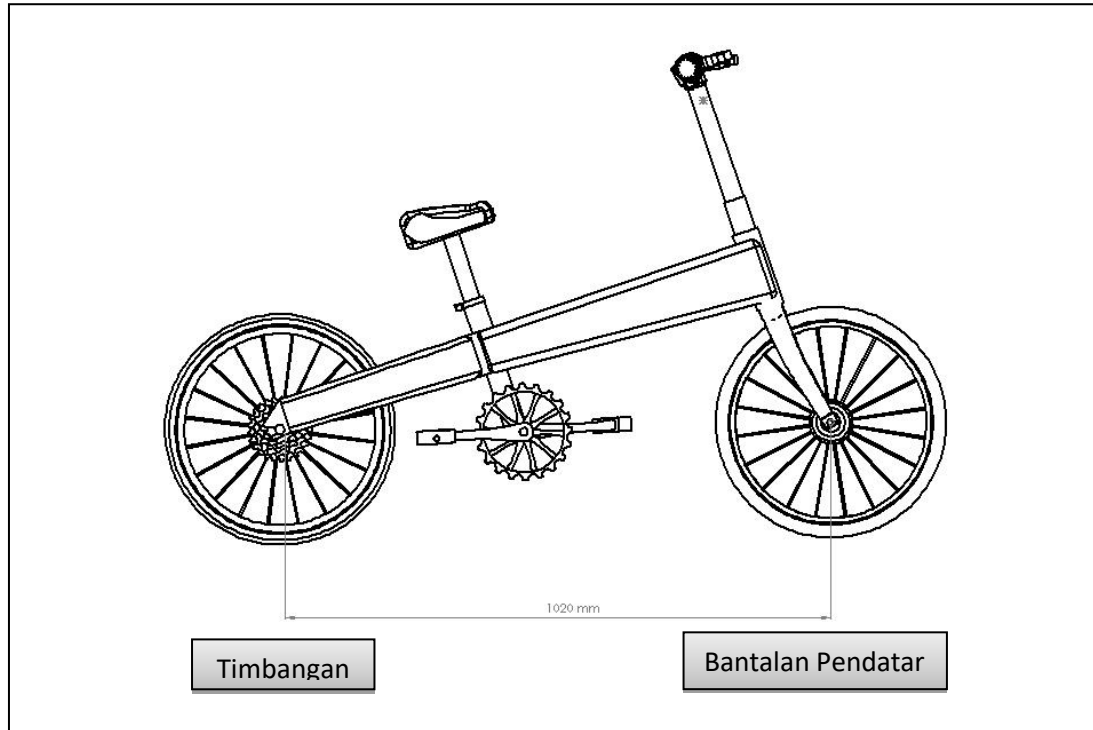
sepeda di gowes dan dinamo akan hidup dan membantu pada saat menggowes. Walaupun bobot sepeda listrik relatif berat +/- 38 Kg namun pada saat dinamo hidup sepeda ini sangat ringan sekali, dan setiap gowesan akan terasa bertenaga dan ringan. bahkan sering kelupaan bahwa sepeda ini berat dan pada saat jalan tak rata terasa benturan yang mengingatkan akan bobot sepeda ini. Sensor pedal membuat kita seolah - olah mempunyai tenaga super, sensor menyesuaikan dengan irama gowes dan membuat acara bersepeda menjadi sangat menyenangkan. pada jalan tidak rata yang pernah kami test di trotoar jalan yang tidak rata, naik turun dan rintangan, sepeda ini cukup setimbang dan baik. sensor akan berkerja membantu setiap gowesan, hanya hati - hati pada jalan yang mempunyai karakter berliku, lobang dan tanjakan, karena pada saat kita sedang sprint dan sensor mulai hidup, kita harus segera memutuskan arus listrik karena bertemu jalan tak rata / polisi tidur dan sensor harus segera menghidupkan dinamo kembali untuk menghadapi tanjakan. Dorongan dinamo menggunakan sensor pedal akan terasa pada beberapa detik setelah pedal berputar dan ada jeda hidup. dengan adanya jeda ini sebaiknya anda kenali medan yang akan anda tempuh, jika medan jalan berkelak - kelok dan banyak rintangan lobang kami sarankan menggunakan tenaga twist gas saja lebih aman, dan tanjakan sebaiknya rubah gear sepeda anda ke posisi yang rendah dan gunakan tenaga sensor pedal, jika anda gunakan twist gas akan berat untuk tanjakan yang tajam.

Data yang digunakan sebagai dasar perancangan untuk menentukan titik berat :



4.5 Sketsa Sepeda Listrik

Untuk menentukan titik berat sepeda dilakukan dengan cara menimbang berat total sepeda dan kemudian manimbang berat yang dialami oleh tiap-tiap roda belakang sepeda penimbangan dilakukan dengan cara menempatkan roda depa dan belakang sepedadiatas timbangan secara bergantian. Bantalan pendatar digunakan agar posisi roda depan dan roda belakang menjadi sejajar sepertiseperti diperhatikan pada gambar.



Hasil Penimbangan :

$$R_1 = 8.5 \text{ kg}$$

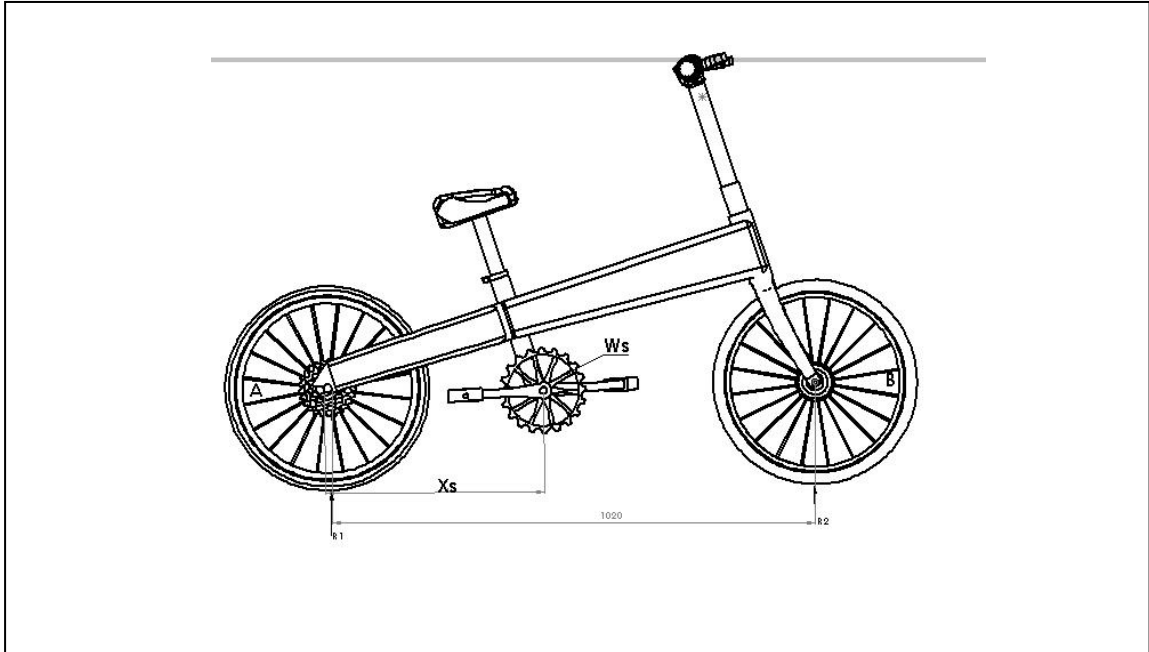
$$R_2 = 10.2 \text{ kg}$$

Jadi berat sepeda

$$W_s = R_1 + R_2$$

$$= 8.5 + 10.2$$

$$= 18,75 \text{ kg}$$



Berdasarkan kesetimbangan :

$$\Sigma M_B = 0 \rightarrow W_s \cdot X_s = R_2 \cdot L$$

$$X_s = \frac{R_2 \cdot L}{W_s}$$

$$X_s = \frac{10,2 \cdot 1020}{18,75}$$

$$= 560 \text{ mm}$$

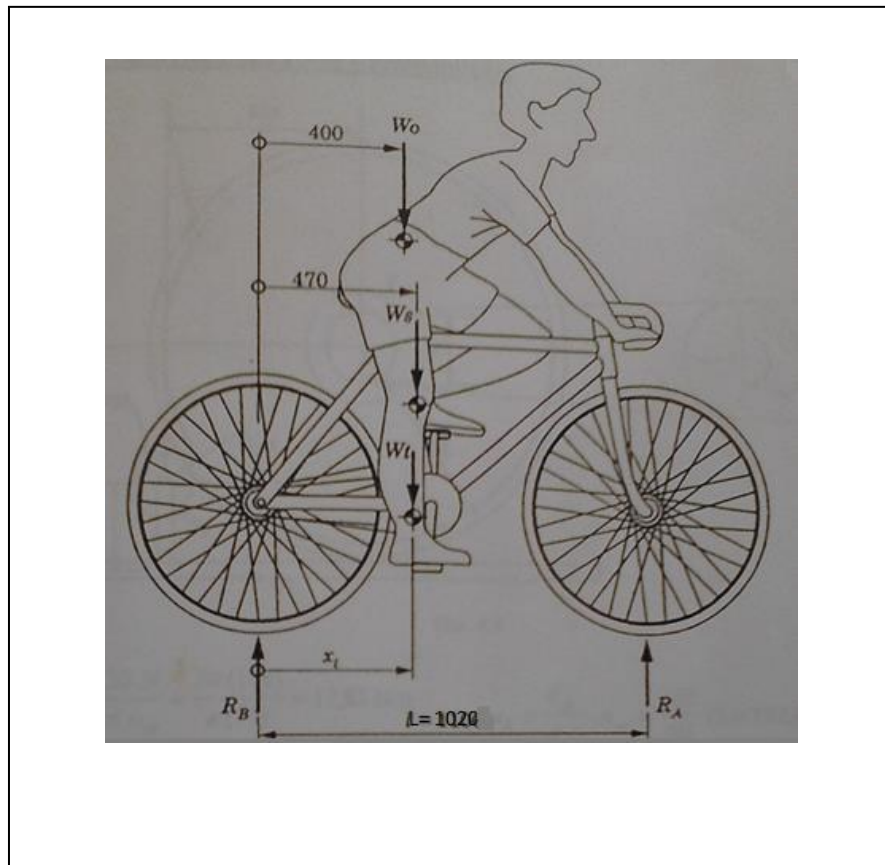
Titik berat gabungan W_o dan sepeda W_s :

$$W_t = W_o + W_s$$

$$= 70 + 18,75$$

$$= 88,75 \text{ kg}$$

Posisi titik berat manusia diasumsikan berada disekitar pusat (pada bagian tubuh)



$$\Sigma M_B = 0 \rightarrow W_o \cdot 400 + W_s \cdot 470 = R_A \cdot L$$

$$R_A = \frac{W_o \cdot 400 + W_s \cdot 560}{1020}$$

$$= \frac{70 \cdot 400 + 18,75 \cdot 560}{1020}$$

$$= 37,8 \text{ kg} \rightarrow 370 \text{ N}$$

$$R_B = W_t - R_A$$

$$= 88,75 - 37,8$$

$$= 50,95 \text{ kg} \rightarrow 499,8 \text{ N}$$

Sehingga jarak titik berat gabungan (total) X_t dari titik B adalah

$$\Sigma M_B = 0 \rightarrow W_t \cdot X_t = R_A \cdot L$$

$$X_t = \frac{R_A \cdot L}{W_t}$$

$$= \frac{37,8 \cdot 1020}{88,75}$$

$$= 434,4 \text{ mm (Titik berat gabungan)}$$

Dalam memilih dan menggunakan rantai + sproket sebagai elemen penerus daya dan putaran, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain :

- a. Desain didasarkan pada sproket terkecil dari pasangan transmisi rantai.
- b. Untuk kecepatan tertentu, kapasitas daya meningkat sebanding dengan jumlah gigi sproket. Semakin besar diameter sproket, jumlah gigi semakin banyak. Rantai dengan pitch semakin kecil pada sproket besar menghasilkan bunyi yang halus.
- c. Untuk ukuran sproket tertentu, kapasitas daya meningkat dan terus meningkat pada satu titik tertentu dan kemudian turun. Fatik (kelelahan) yang disebabkan oleh tarikan rantai terjadi pada kecepatan rendah hingga sedang. Impak (benturan) terjadi pada kecepatan lebih tinggi.
- d. Desain didasarkan pada untaian rantai tunggal (*single strand*) Untaian rantai lebih dari satu dapat meningkatkan kapasitas daya walaupun tidak sebesar kelipatannya. Untuk itu faktor pengali yang dimaksud sebesar :
 - a. 2 untaian rantai, faktor pengali = 1,7
 - b. 3 untaian rantai, faktor pengali = 2,5

- c. 4 untaian rantai, faktor pengali = 3,3
- e. Angka – angka diatas berdasarkan pada faktor servis 1.0 Untuk itu berbagai aplikasi/keperluan faktor servis ditabelkan.
- f. Jumlah gigi minimum sproket 17 gigi walaupun beroperasi pada putaran kurang dari 100 rpm.
- g. Rasio putaran maksimum = 7 (untuk 1 stage). Untuk rasio putaran lebih tinggi maka jumlah rangkaian lebih dari 1.
- h. Jarak antara pusat sproket 30 – 50 kali pitch
- i. Sudut kontak sproket kecil $>120^\circ$
- j. Jumlah gigi pada sproket besar maksimum 120 gigi.
- k. Susunan pemasangan transmisi rantai :
 - a. Horisontal
 - b. Sisi kencang ada bagian atas
- l. Jarak antara pusat sproket harus dapat diubah-ubah atau diatur.
- m. Diameter sproket minimum dan jumlah gigi sproket minimum dibatasi oleh diameter poros.

4.5 Pemilihan Konsep Perancangan dan Komponen Sistem Penggerak

Mekanisme yang dirancang didalam pemilihan komponen utama pada sistem penggerak sepeda listrik penulis telah membahasnya pada bab sebelumnya untuk itu pemilihan komponen sekarang dilakukan dengan melihat dipasaran yang ada, Didalam pemilihan konsep desain dan

komponen sistem penggerak sepeda listrik ini ada beberapa komponen utama yang akan dipakai pada pembuatan sistem penggerak sepeda listrik ini diantaranya yaitu :

a. Pemilihan motor listrik

b. Pemilihan baterai

a. Pemilihan Motor Listrik

Setelah melakukan pengembangan dan perancangan maka penulis dapat menentukan komponen motor listrik dari sistem penggerak sepeda listrik, pertama pemilihan dilakukan dari jenis motor listrik dimana didalam pengembangan jenis motor listrik dibagi menjadi dua yaitu tipe *brushless* dan tipe *brushed*, Didalam menentukan pilihan dari jenis motor listrik berdasarkan beberapa faktor diantaranya faktor biaya, jumlah daya, motor listrik yang ada dipasaran dan jangka umur dari motor listrik tersebut penulis memilih tipe brushless didasarkan atas kelemahan dan kelebihanannya, Untuk jenis *brushes* memiliki umur pakai sehingga harus diganti, sedang tipe brushless tidak, BLDC motor tidak mengalami slip, tidak seperti yang terjadi pada motor induksi biasa, dipasaran pun kebanyakan adalah tipe brushless dan tipe brushless memiliki kelebihan diantaranya yaitu :

a. Rotor pada brushless DC motor memiliki inersia rotor rendah, yang memungkinkan untuk mempercepat, mengurangi kecepatan, dan membalik arah dengan cepat.

Brushless DC motor memiliki torsi tertinggi per inchi kubik setiap motor DC.

b. Brushless DC motor tidak memiliki sikat, yang berarti lebih handal dan memiliki harapan hidup lebih lama (Tahan Lama atau Usia pakainya lebih lama) Hal ini menghasilkan lebih sedikit kasus perbaikan secara keseluruhan.

c. Efisiensi Tinggi dan kecepatan yang lebih baik untuk melawan karakteristik tenaga putaran

Didalam menentukan perancangan pada sepeda listrik adapun beberapa perhitungan teoritis untuk menentukan perancangan pada komponen penggerak sepeda listrik diantaranya yaitu :

4.5.1. Menghitung Daya Baterai

Kuat arus pada saat melakukan pengujian sebesar 3.5 Ampere yang diukur dengan menggunakan tang ampere. Jadi untuk menghitung besarnya daya baterai maka menggunakan persamaan sebagai berikut :

Data : V : 36 Volt

I : 3.5 Ampere

Maka : $P_B = V \times I$

$$= 36 \text{ Volt} \times 3.5 \text{ Ampere} = 126 \text{ Watt}$$

Jadi dari perhitungan diatas maka dapat diketahui daya baterai lithium ion tersebut sebesar 126 Watt.

4.5.2 Menghitung Energi yang dikonsumsi

Jadi energi yang dikonsumsi untuk menggerakkan sepeda pada saat pengujian dengan kecepatan rata-rata sepeda listrik sebesar 20 km/jam selama ½ jam adalah sebagai berikut :

Data : P_B : 126 Watt

t : ½ jam

Maka : $W = P_B \times t$

$$= 126 \text{ Watt} \times \frac{1}{2} \text{ jam} = 63 \text{ Watt. Jam}$$

Jadi dari perhitungan diatas maka dapat diketahui energi konsumsi yang dibutuhkan tersebut sebesar 126 Watt.

4.5.3 Menghitung lamanya baterai dapat memberikan arus

Baterai yang digunakan adalah baterai lithium ion sehingga lamanya baterai dapat memberikan arus adalah sebagai berikut :

Data : $W = 63 \text{ Watt. Jam}$

$$V = 36 \text{ Volt}$$

$$I = 3.5 \text{ Ampere}$$

Maka : $W = V \times I \times T$

$$t = \frac{W}{V \times I}$$

$$= \frac{63 \text{ Watt.Jam}}{36 \text{ Volt} \times 3.5 \text{ Ampere}}$$

$$= 0.5 \text{ Jam (30 menit)}$$

Maka dari perhitungan diatas maka dapat diketahui baterai dapat memberikan arus sebesar 3.5 Ampere selama 0.5 Jam.

4.5.4 Menghitung Waktu Charging pada Baterai

Pada saat melakukan charging, baterai dirangkai secara parrarel dan arus yang digunakan pada nesin charger 10⁰%-ny dari arus baterai dan arus yang tentera dibaterai sebesar 7 Ampere. Sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencharging baterai dengan tegangan nominal 12 volt sebanyak 3 unit adalah dengan persamaan sebagai berikut :

Data : $W : 63 \text{ Watt.Jam}$

V : 36 Volt

I : 0.7 Ampere

Maka : $W = V \times I \times t$

$$t = \frac{W}{V \times I}$$
$$= \frac{63 \text{ Watt.Jam}}{12 \text{ Volt} \times 0.7 \text{ Ampere}}$$
$$= 7.5 \text{ Jam}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk mencharger baterai lithium ion dengan tegangan nominal 12 Volt sebanyak 1 unit adalah sekitar 7.5 Jam

4.5.5 Menghitung Torsi

Besarnya torsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Data : P_m : 46.76 Watt

n : 107 rpm

Maka : $T = \frac{P_m}{\omega}$

$\omega : (2\pi n)/60 : (2 \times 3.14 \times 107)/60 : 11,2$

$T : 46.76/11.2 : 4.175 \text{ N/m}^2$

Setelah menentukan jenis dari motor listrik tersebut penulis telah menghitung daya yang dibutuhkan untuk kebutuhan dari motor listrik yaitu daya sebesar 350 Watt, jumlah daya sangat berpengaruh terhadap biaya pembelian dan torsi. Setelah menentukan daya dan jenis motor listriknya maka penulis tahap selanjutnya menentukan sistem pada motor, Setiap jenis

sistem motor memiliki kelebihan dan kelemahan sehingga didalam pemilihan sistem motor harus disesuaikan dengan kebutuhan agar tercipta sistem yang optimal, untuk *geared hub* cocok untuk keadaan *stop* dan *go* diperkotaan dan *direct hub motor* cocok untuk setup yang menggunakan watt besar. Dilihat dari konsep pada sepeda listrik tersebut lebih tepat menggunakan tipe geared hub. Selanjutnya penulis menentukan posisi dari motor listrik tersebut, didalam menentukan posisi dari motor listrik tersebut penulis menguji dengan langsung mencoba antara posisi penggerak depan atau belakang ternyata setelah dilakukan penulis memilih dipenggerak belakang didasarkan atas beberapa parameter diantaranya untuk penggerak belakang tidak terjadinya slip karena titik berat berada di belakang, untuk mengemudikannya lebih stabil dari pada penggerak depan, pemasangan diroda belakang memberikan daya dorong lebih pada saat ditanjakan



Gambar 4.6. Motor Listrik tipe *brushless gear hub* motor

a. Pemilihan Baterai

Setelah melakukan pengembangan dan perancangan maka penulis dapat menentukan komponen dari motor listrik dari sistem penggerak sepeda listrik, pertama pemilihan dilakukan dari jenis baterai dimana didalam pengembangan jenis baterai dibagi menjadi dua yaitu tipe *lead acid* dan lithium ion, kebanyakan untuk sepeda listrik menggunakan baterai *lead acid* (baterai kering) tetapi kelemahan utama di sepeda listrik adalah battery yang berat, apalagi untuk battery 36 volt berarti ada 3 unit battery yang masing - masing 12 volt. Battery lead acid

memang relatif murah tetapi mempunyai kelemahan di berat dan besar. Kelemahan untuk baterai lithium ion yaitu harganya yang relatif mahal dan belum banyak dipasaran, tetapi dilihat dari konsep desain dan kelebihanannya maka penulis memilih baterai lithium dikarenakan beberapa faktor dan alasan yaitu : Baterai ini memenuhi kategori dari konsep sepeda comfortic, baterai ini dapat *dicharger* dengan cepat dan mempunyai kapasitas yang sangat besar untuk menggerakkan motor listrik, ukurannya yang kecil dan juga ringan tetapi memiliki beberapa kekurangan yaitu belum banyak dipasaran dan harganya yang terlampau mahal. Dan pada saat pengisian baterainya harus dengan petunjuk yang telah ada karena didalam pengisian baterai tidak begitu saja dicash ada petunjuk dan aturannya agar baterai lithium awet dan tidak drop. Pemilihan *charger* juga berfungsi sebagai pengisi ulang muatan listrik . Pengisi muatan listrik ini memerlukan waktu sekitar 3,5- 4 jam untuk pengisian penuh pada baterai lithium Baterai lithium ion didasarkan dari beberapa kelebihanannya yaitu :

- a. Memiliki life cycle yang lebih tinggi dibandingkan dengan baterai lain
- b. Ringan, dimensinya lebih kecil, umur pakainya lebih lama dan masuk didalam kriteria perancangan.
- c. Baterai Lithium Memiliki Lebih Dari 90% Charge-Discharge, menyediakan kondisi desain , ruang dan penampilan yang lebih menarik



Gambar 4.7 Baterai Lithium ion

Sistem transmisi berfungsi sebagai perbandingan roda gigi kerucut dari motor listrik dengan roda gigi berfungsi untuk menaikkan torsi yang diinginkan sehingga putaran yang dihasilkan lebih kecil selain itu berfungsi juga untuk mentransmisikan energi mekanik dari motor keporos. Transmisi energi mekanik dari pengayuh ke roda penggerak belakang, pengayuh berfungsi untuk menerima energi mekanik dari manusia, manusia berfungsi sebagai penggerak awal sebelum sistem elektrik dijalankan.

Pemilihan roda gigi yang dipilih adalah roda gigi kerucut, roda gigi ini digunakan untuk mentransmisikan daya mekanik dari motor listrik. Selain itu juga penempatan yang mudah dan dimensi yang tidak terlalu besar menjadi alasan utama pemilihan roda gigi ini. Pemilihan untuk penerus daya yaitu menggunakan rantai dimana jarak poros lebih besar dari pada transmisi roda gigi. Rantai mengait pada roda gigi sproket dan meneruskan daya tanpa slip jadi menjamin perbandingan putaran yang tetap. Rantai yang digunakan adalah rantai biasa yang digunakan pada sepeda umumnya selain itu juga mudah didalam pemasangannya juga mudah didapat dipasaran.

Didalam merancang sepeda listrik adapun beberapa komponen pendukung lainnya seperti saklar, display indikator, pedal pegas, kontroler, alat pengukur kecepatan, lampu dan

kabel untuk pemilihan komponen pendukung lainnya disesuaikan dengan kebutuhan dari pengendara sepeda listrik tersebut. Komponen pendukung bertujuan untuk menambahkan kebutuhan dari pengendara sepeda tersebut agar didalam pemakaian sepeda listrik tersebut pengendara menjadi merasa nyaman dan lain sebagainya. Semua komponen yang dipilih sudah ada dipasaran sehingga tidak perlu dibuat lagi seperti sistem kemudi, rem, sistem pengayuh, sadel, rantai, roda gigi kerucut, baterai, penggerak mula (motor listrik) dan lain-lain.

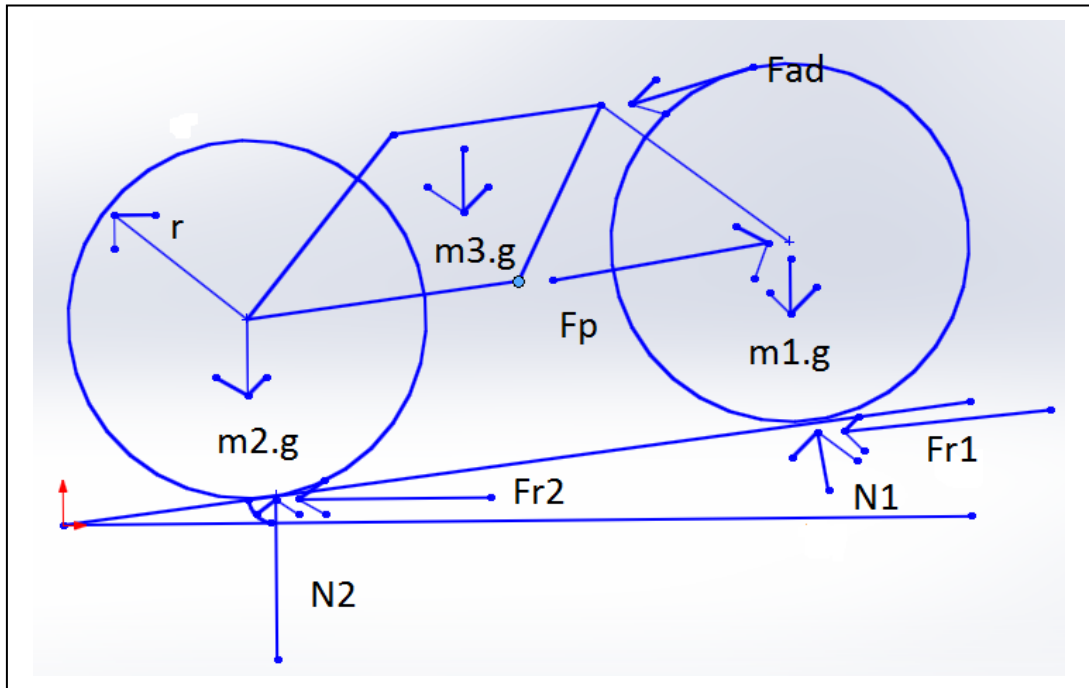
Didalam melakukan perancangan baterai adapun beberapa hal yang harus diperhatikan didalam perancangan menentukan dan memilih jenis baterai yang akan digunakan, mendapatkan spesifikasi dari baterai tersebut dan penempatan posisi dari baterai tersebut.

4.6 Menentukan Spesifikasi Motor Listrik

Untuk merancang dan mengevaluasi didalam pemilihan motor listrik dapat digunakan analisa statik dan memiliki beberapa ketetapan dan asumsi-asumsi yang digunakan didalam analisa yaitu : Kecepatan, Luas Pengendara, Koefisien Drag, Berat Sepeda, Berat Pengendara, Debit Udara, Gravitasi Bumi dan tanjakan.

Adapun analisa statik yang dapat digunakan yaitu :

Diagram Benda Bebas dari sepeda tersebut :



Gambar 4.8 DBB. (Diagram Benda Bebas) Analisa Statik

$$+ \sum F_x = 0$$

$$F_p - F_{AD} - F_{r1} - F_{r2} - m_1 g \sin \Theta - m_3 g \sin \Theta = 0 \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

$$F_{r1} = \mu_r N_1 ; F_{r2} = \mu_r N_2 \dots\dots\dots(2)$$

Substitusi (2) ke (1)

$$F_p - F_{AD} - \mu_r N_1 - \mu_r N_2 - m_1 g \sin \Theta - m_2 g \sin \Theta - m_3 g \sin \Theta = 0 \dots\dots\dots(3)$$

$$m_t = m_1 + m_2 + m_3 \dots\dots\dots(4)$$

Substitusi (4) ke (3)

$$F_p = \mu_r (N_1 + N_2) + F_{AD} + m_1 g \sin \Theta \dots\dots\dots(5)$$

$$+ \sum F_y = 0$$

$$N_1 + N_2 - m_1 g \cos \Theta - m_2 g \cos \Theta - m_3 g \cos \Theta = 0 \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{Dimana : } N_1 + N_2 = m_t g \cos \Theta \dots\dots\dots(7)$$

Substitusi (7) ke (5)

$$F_p = m_t (a + \mu_r g \cos \Theta + g \sin \Theta) + F_{AD} \dots\dots\dots(8)$$

Sepeda bergerak dengan kecepatan konstan, maka $a=0$, jadi didapat persamaan untuk mencari gaya motor yang dibutuhkan adalah :

$$F_p = m_t (\mu_r g \cos \Theta + g \sin \Theta) + F_{AD} \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{Dimana : } F_{AD} = 0.5 \rho v^2 A C_d \dots\dots\dots(10)$$

Beberapa ketetapan dan asumsi – asumsi yang digunakan untuk analisa statik tersebut yaitu :

- Kecepatan maksimum (v) = 30 km/jam : 11.1 m/s
- Luas Pengendara = 0,4 m²
- Coefisien Drag (CD) = 0,4
- Koefisien gesek (μ_r) = 0,01
- Berat Sepeda = 30 kg (ditambah barang bawaan 5 kg)
- Berat Pengendara = 80 kg
- Debit Udara = 1,2 kg/m³
- Gravitasi Bumi (g) = 9,81 m/s²

Dari beberapa asumsi dan ketetapan seperti yang diatas maka penulis dapat mencari besar dari koefisien drag dengan persamaan sebagai berikut :

$$F_{AD} = 0,5 \rho v^2 A C_d \text{ dari persamaan (10)}$$

$$F_{AD} = 0,5 \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times (11,1 \text{ m/s})^2 \times 0,4 \text{ m}^2 \times 0,4 = 12,1 \text{ N}$$

Jadi daya dorong yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

$$F_p = m_t (\mu_r g \cos \Theta + g \sin \Theta) + F_{AD} \text{ dari persamaan (9)}$$

$$F_p = 110 \text{ kg} (0,01 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \cos 0^\circ + 9,81 \text{ m/s}^2 \sin 0^\circ) + 12,1 \text{ N} = 22,9 \text{ N}$$

Sehingga daya mekanik motor yang dibutuhkan adalah :

$$P_m = F_p \times V$$

$$P_m = 22,9 \text{ N} \times 11,1 \text{ m/s} = 254,19 \text{ Watt}$$

Dari perhitungan diatas, maka dapat diketahui daya motor yang dibutuhkan sebesar 254,19 Watt, dan jenis motor yang digunakan biasanya adalah motor DC , Maka motor DC yang akan digunakan yaitu motor DC yang memenuhi syarat perancangan daya yang sudah diketahui. Untuk menentukan dan memilih motor listrik pada sepeda listrik penulis melihat dari pasaran yang ada dan dari beberapa kriteria yang telah ditentukan.

Adapun spesifikasi dari motor listrik tipe brushless DC tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Tegangan Listrik = 220 volt
- b. Putaran = 830 rpm
- c. Daya (Power) = 350 Watt
- d. Motor = *Brushless gearless hub* motor

e. Motor Efficiency > 85%

4.7 Menentukan Spesifikasi Baterai

Untuk mengetahui kapasitas baterai yang dibutuhkan adalah dengan cara mengetahui daya mekanik motor. Daya mekanik motor telah didapat sebesar 254,19 Watt, Sehingga daya motor listrik tersebut adalah :

$$P_i = \frac{P_m}{\text{Efisiensi Motor}}$$
$$= (254,19 : 85) \times 100 \%$$
$$= 299,04 \text{ Watt}$$

Sehingga daya motor listrik sebesar 299,04 Watt

Maka kapasitas baterai yang dibutuhkan sebagai berikut :

$$P = V \times I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = 299,04 : 12 = 24,92 \text{ Ampere}$$

Jika diasumsikan pengisian baterai setiap 120 menit selesai, maka digunakan baterai yang memiliki kapasitas minimum sebesar :

$$24,92 \text{ Ampere} \times \frac{120}{60} = 49,84 \text{ AH}$$

Banyak sekali jenis baterai yang digunakan pada sepeda listrik diantaranya : Zinc-Carbon, Alkaline, Nickel – Cadmium , Lead- acid cells dan lain – lain. Dari sekian banyaknya baterai yang ada dipasaran, maka baterai yang dipilih oleh penulis pada perancangan dan

pembuatan sepeda listrik ini jenis baterai lithium. Pemilihan baterai lithium ini karena beberapa faktor dan alasan yaitu : Baterai ini masuk didalam kategori dari konsep sepeda comfortic, baterai ini dapat dicharger dengan cepat dan mempunyai kapasitas yang sangat besar untuk menggerakkan motor listrik, ukurannya yang kecil dan juga ringan tetapi memiliki beberapa kekurangan yaitu belum banyak dipasaran dan harganya yang terlampau mahal.

Maka dari perhitungan diatas didapatkan beberapa parameter untuk memilih dari baterai tersebut. Adapun spesifikasinya sebagai berikut :

| | |
|-------------------------|-----------------------|
| Merk | : Selis |
| Jenis Baterai | : Baterai Lithium ion |
| Nomer Model | : M0345 |
| Tegangan Nominal | : 36 Volt |
| Kapasitas Arus Listrik: | 8,8 Ampere |
| Panjang | : 500 mm |
| Lebar | : 200 mm |
| Tinggi | : 100 mm |
| Berat | : 1 kg |

BAB V

PENGEMBANGAN *PROTOTYPING* DAN PENGUJIAN

Dari bab sebelumnya telah dipaparkan mengenai perancangan dan pemilihan komponen sistem penggerak sepeda listrik. Pada bab ini pembahasan tentang pembuatan *prototyping*, pembuatan *prototyping* yaitu dengan cara penempatan posisi dari komponen sistem penggerak sepeda listrik agar dapat mengurangi kesalahan kesalahan yang terjadi pada saat perakitan dari sistem perkabelan, penempatan kontroller, penempatan posisi baterai dan juga motor listrik. Pembuatan *prototyping* bertujuan untuk mengoptimisasi pada saat proses perakitan pada komponen sistem penggerak sepeda listrik.

5.1 Perakitan Sistem Penggerak Sepeda Listrik

Pembahasan bagaimana cara merakit komponen dari sistem penggerak sepeda listrik tersebut agar tidak terjadi kesalahan pada saat memasang komponen sistem penggerak pada sepeda listrik dan menentukan posisi yang baik dari setiap komponen yang ada pada sepeda listrik. Adapun beberapa komponen yang akan dirakit diantaranya yaitu motor listrik, baterai, kontroler, pedal, display indikator dan lain sebagainya.

Komponen penting didalam merakit sepeda listrik diantaranya :

1. Motor Listrik

Motor listrik merupakan bagian terpenting dari sepeda listrik. Karena motor yang dapat menggerakkan roda sepeda sehingga dapat berjalan secara otomatis tanpa dikayuh. Motor listrik yang digunakan jenis Brushless DC Motor atau BLDC dengan daya 350 watt.



Gambar 5.1 Motor listrik tipe brushless BLDC 350 Watt

2. Baterai

Energi yang digunakan pada sepeda listrik adalah energi listrik, maka diperlukan sebuah baterai. Baterai yang digunakan pada sepeda jenis ini biasanya memiliki sifat dapat diisi ulang saat habis. Jenis baterai yang digunakan yaitu Li-ion.



Gambar 5.2 Baterai Lithium Ion

3. Kendali

Sepeda listrik diperlukan sebuah kendali yang dapat digunakan untuk mengontrol laju sepeda listrik. Fungsi utama dari bagian kendali ini mirip seperti gas pada sepeda motor.



Gambar 5.3 Pedal gas sepeda listrik

Adapun komponen secara keseluruhan pada sepeda listrik yang akan digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 5.4 Komponen penting pada sepeda listrik

Adapun prosedur perakitan yang dilakukan diantaranya sebagai berikut yaitu :

1. Mempersiapkan dan menyediakan komponen dari sistem penggerak sepeda listrik beserta peralatan (*tools*) yang akan digunakan.

2. Mengecek komponen sistem penggerak sepeda listrik, apakah berjalan dengan baik dan lancar atau tidak.
3. Memasang komponen motor listrik sebagai penggerak untuk sepeda listrik tersebut, setelah itu memasang display indicator beserta komponen peralatan lainnya diantaranya pedal pegas, baterai dan sensor kecepatan.
4. Setelah itu memasang instalasi kabel sesuai dengan acuan yang sudah diberikan dari beberapa komponen diantaranya motor listrik, baterai, kontroler dan *display indicator*.
5. Jika semua komponen sudah berjalan dengan baik diharapkan agar mengecek ulang sebelum sepeda listrik tersebut digunakan.

Adapun spesifikasi dari komponen sistem penggerak sepeda listrik yang telah dipilih pada bab sebelumnya sebagai berikut :

- Power : 350 Watt
- Motor : Brushless gearless hub motor
- Motor efficiency : >85%
- Magnet size : 35mm
- Phase angle : 120 degree
- 3 Switch Power Speed : 1-2-3
- Battery Li ion : 48v20Ah with BMS , Rear rack case, weight 5,2kg
- Cycle life : 1000 times
- Controller : 48v35Ah weight 0,8kg (18 Mosfet)
- Range : 50 - 60km
- Charging time : 2- 4 hours
- Top Speed : 70 - 80 km/h
- Sensor : Brake level
- Axle size/ Dropout spacing : 142mm x 12 mm
- Rims : Double wall 36H , spoke : 10G

5.2 Pengujian Motor Listrik

Tujuan dari pengujian sepeda listrik ini adalah untuk mengetahui apakah sepeda listrik yang dibuat ini dapat berfungsi dengan baik.

Dalam pengujian ini baterai yang digunakan adalah baterai lithium ion dan menggunakan motor listrik tipe brushless DC dengan daya 350 Watt yang telah kita dapatkan pada saat perancangan dibab sebelumnya. Setelah semua terpasang dengan baik baru dimulai pengujian pada sepeda listrik. Sebelum menjalankan sepeda semua komponen sepeda listrik harus disiapkan hal ini bertujuan agar pada saat pengujian sepeda listrik dapat dihasilkan data yang lebih akurat dan lebih baik. Indikator untuk mengukur pada saat pengujian juga harus dipersiapkan, setelah itu baru dilakukan pengujian, pengujian dilakukan beberapa tahap diantaranya yaitu dengan cara menjalankan penggerak mula motor listrik yang berada diroda depan dan dengan mengatur dan mengubah kecepatannya dan juga mengukur kecepatan maksimum dan jarak tempuh maksimum yang ada pada sepeda listrik tersebut. Sepeda listrik juga diuji pada saat menjalankan dijalanan yang memiliki tanjakan/sudut kemiringan. Maka dari parameter pengujian tersebut bisa didapatkan hasil pengujian sebagai berikut :

- Beban keseluruhan dari sepeda dan pengendara
- Jarak dan waktu tempuh pada saat pengujian
- Kecepatan rata rata dari sepeda listrik tersebut.

Adapun data-data dari hasil pengujian dapa dilihat pada tabel hasil pengujian yang nantinya akan dilampirkan dibab berikutnya.

5.3 Analisa Pengujian

Setelah pengujian selesai, maka dilakukan analisa hasil dari pengujian tersebut dengan hasil analisa sebagai berikut :

5.3.1 Waktu Pengisian Baterai Lithium ion Pada Sepeda Listrik

Alat Ukur : StopWatch

Tempat Pengukuran : Rumah (Karang Tineung)

Tabel Pengukuran :

| No | Waktu Pengisian Awal dan Akhir | Waktu Pengisian (menit) | Keterangan |
|----|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 1 | 17.12 – 21.05 | 233 (3 jam 53 menit) | Baterai dalam keadaan habis |
| 2 | 08.00 – 11.27 | 207 (3 jam 27 menit) | Baterai dalam keadaan habis |
| 3 | 13.00 – 16.42 | 222(3 jam 42 menit) | Baterai dalam keadaan habis |
| 4 | 07.00 – 10.38 | 218(3 jam 38 menit) | Baterai dalam keadaan habis |
| 5 | 14.00 - 17.46 | 226(3 jam 46 menit) | Baterai dalam keadaan habis |

Tabel 5.1 Waktu Pengisian Baterai Lithium ion



Gambar 5.5 Pengisian Baterai Lithium Ion

Keterangan :

Pada saat melakukan pengisian baterai, pengisian baterai harus selalu diamati pada setiap waktu dan sebelum melakukan pengisian baterai, display indikator harus menunjukkan baterai habis agar pada saat melakukan pengukuran didapatkan waktu yang akurat, setelah melakukan pengukuran tersebut didapatkan waktu rata-rata yaitu 221 (3 jam 41 menit) atau berkisar antara 3,5 jam sampai 4 jam dial indikator baterai menunjukkan keadaan habis.

5.3.2 Pengukuran Kecepatan Tanjakan Pada Sepeda Listrik

Alat Ukur : 1. Stopwatch
2. Meteran

Tanggal/Waktu Pengukuran : 12 – 11 – 2014/ 13.00 - selesai

Tempat Pengukuran : Jalan Setia Budhi

Berat Pengendara dan sepeda : 100 KG

| No | Jarak Tempuh (m) | Waktu (s) | Kecepatan (m/s) | Sudut Tanjakan |
|----|------------------|-----------|-----------------|----------------|
| 1 | 10 m | 3.6 s | 2.8 m/s | 20 |
| 2 | 20 m | 6.3 s | 3.2 m/s | 20 |
| 3 | 30 m | 9.7 s | 3.01 m/s | 20 |
| 4 | 40 m | 12.5 s | 3.2 m/s | 20 |

5.2 Tabel Pengukuran Kecepatan Tanjakan Pada Sepeda Listrik



Gambar 5.6 Pengukuran kecepatan pada saat tanjakan

Keterangan :

Pada saat melakukan pengukuran kecepatan pada tanjakan, hal ini dipengaruhi oleh beberapa parameter diantaranya daya pada baterai karena pada saat baterai terisi penuh motor listrik dapat dengan baik melaju pada tanjakan hal ini dikarenakan pengaruh pada putaran dan kecepatan motor listrik tersebut, pengukuran dilakukan dengan beberapa kali pengukuran agar pada saat pengukuran didapatkan hasil yang akurat.

5.3.3 Pengukuran Putaran Pada Motor Listrik

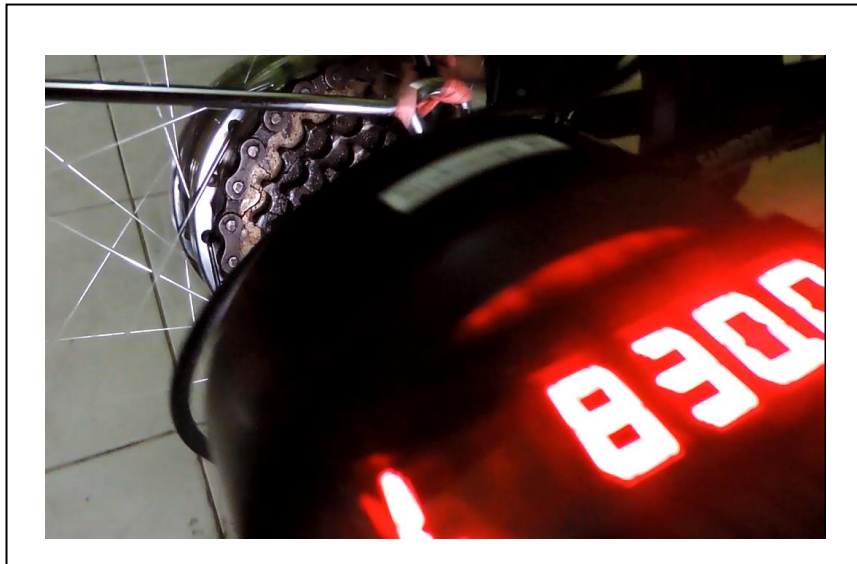
Alat Ukur : Stroboscope

Tanggal/Waktu Pengukuran : 12 – 11 – 2014/ 10.00 - selesai

Tempat Pengukuran : LAB. UJI PRESTASI MESIN

| | | |
|---|------------|-------------|
| 1 | 830 | Stroboscope |
| 2 | 827 | Stroboscope |
| 3 | 834 | Stroboscope |
| 4 | 830 | Stroboscope |
| 5 | 830,25 rpm | Rata – Rata |

5.3 Tabel Pengukuran Putaran Pada Motor Listrik



Gambar 5.7 Pengukuran putaran menggunakan alat stroboscope

Keterangan :

Pada saat melakukan pengukuran putaran pada motor listrik baterai harus terisi penuh hal ini dikarenakan sangat berpengaruh pada putaran dan kecepatan motor listrik tersebut, pengukuran dilakukan dengan beberapa kali pengukuran agar pada saat pengukuran didapatkan hasil yang akurat, setelah dilakukan hasil pengukuran ternyata didapatkan putaran rata – rata sebesar 830, 25 rpm

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukannya perancangan, perakitan dan pengujian dari sistem penggerak sepeda listrik, maka dapat disimpulkan bahwa adapun beberapa komponen sistem penggerak sepeda listrik diantaranya dengan menggunakan motor listrik tipe *Brushless geared hub* DC dengan daya 350 Watt dan sepeda listrik tersebut dapat digunakan dengan baik dan nyaman, adapun kecepatan rata – rata dari sepeda tersebut adalah 27 km/jam penempatan posisi motor listrik dibelakang dengan memperhatikan beberapa hal yang telah dijabarkan dibab bab sebelumnya, untuk baterai menggunakan baterai lithium ion dengan tegangan sebesar 12 volt dengan arus 8,8 Ampere

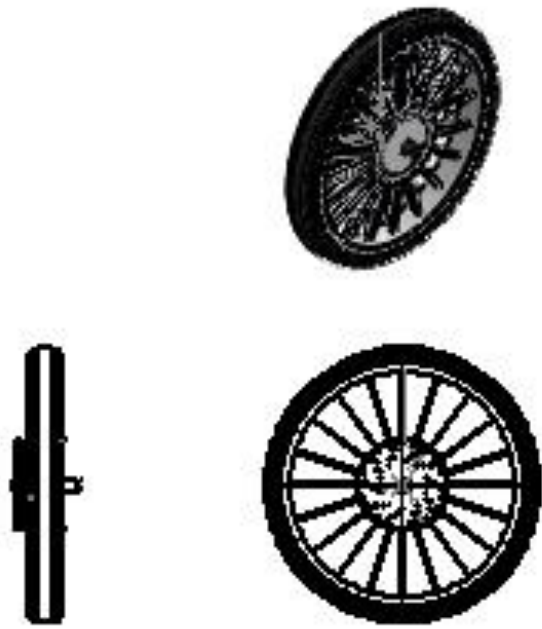
6.2 Saran

Dari hasil perancangan, pengembangan, pemilihan konsep serta pengembangan prototyping dan pengujian kita dapat mengetahui beberapa parameter karakteristik komponen – komponen dari sistem penggerak tersebut, untuk itu saran dari penyusun pada saat memilih komponen khususnya baterai, motor listrik dan kontroller agar didalam pemilihannya haru berdasarkan beberapa faktor diantaranya biaya, perawatan yang mudah, serta komponen yang ada dipasaran dan disesuaikan dengan kebutuhan dari spesifikasi komponen sepeda tersebut. Untuk pemilihan baterai harus dipertimbangkan dari beberapa faktor, pemilihan daya pada motor listrik juga sangat mempengaruhi dan juga penempatan motor dan baterai pada sepeda listrik agar sepeda listrik dapat bergerak secara optimal baik itu dari segi efisiensi dan juga kecepatan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dudiana, ST., "*Tugas Akhir Identifikasi dan Pengujian Daya Mekanik Motor DC jenis pancake untuk Sepeda Listrik*", Universitas Pasundan, Bandung:2006
2. Suryadi Tedi,ST., "*Tugas Akhir Pembuatan Sepeda Listrik dengan Menggunakan Motor DC jenis Pancake*"Universitas Pasundan, Bandung : 2007.
3. Ismail Jaji ,ST., "*Pengujian Prestasi Sepeda Listrik*"Universitas Pasundan, Bandung:2010.
4. Zuhail, "*Dasar Tenaga Listrik*", Cetakan kedua, ITB, Bandung: 1991
5. Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Cetakan keenam, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2000
6. <http://sepedalistrik.weebly.com/album-kit.html> (Diakses pada tanggal 23 Februari 2014 pada jam 08:34)
7. <http://jakartacity.olx.co.id/pictures/sepeda-listrik-murah-iid-29876187> (Diakses pada tanggal 25 Februari 2014 pada jam 20:27)
8. <http://www.ridemyelectricbike.com/>(Diakses pada tanggal 26 Februari 2014 pada jam 15:47)
9. <http://www.otakku.com/2009/04/13/gocycle-sepeda-listrik-yang-bisa-dilipat/> (Diakses pada tanggal 03 Maret 2014 pada jam 11:16)
10. <http://www.betrix.co.id>(Diakses pada tanggal 23 Maret 2014 pada jam 16:13)

LAMPIRAN

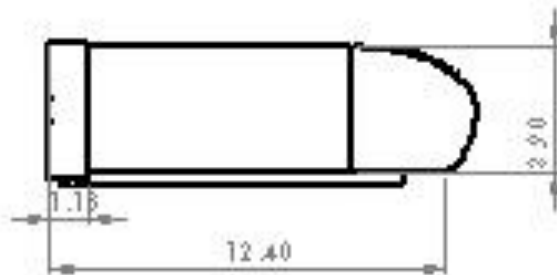
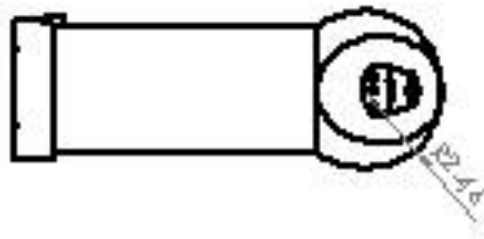


| | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|
| LINDO DITINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO | | | DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO | | DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO | |
| DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO | | | DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO | | DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO | |
| DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO | | | DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO | | DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO DINDO | |

Motor Listrik dan Ban



DETAIL C
SCALE 2 : 5



DAFTAR BAHAN
REVISI
REVISI
REVISI
REVISI
REVISI

NO. REVISI

REVISI
REVISI
REVISI

REVISI
REVISI
REVISI

REVISI
REVISI
REVISI

| NO. | REVISI | REVISI | REVISI | REVISI |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |

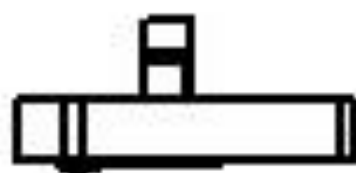
Baterai Lithium ion

batre 2

AA

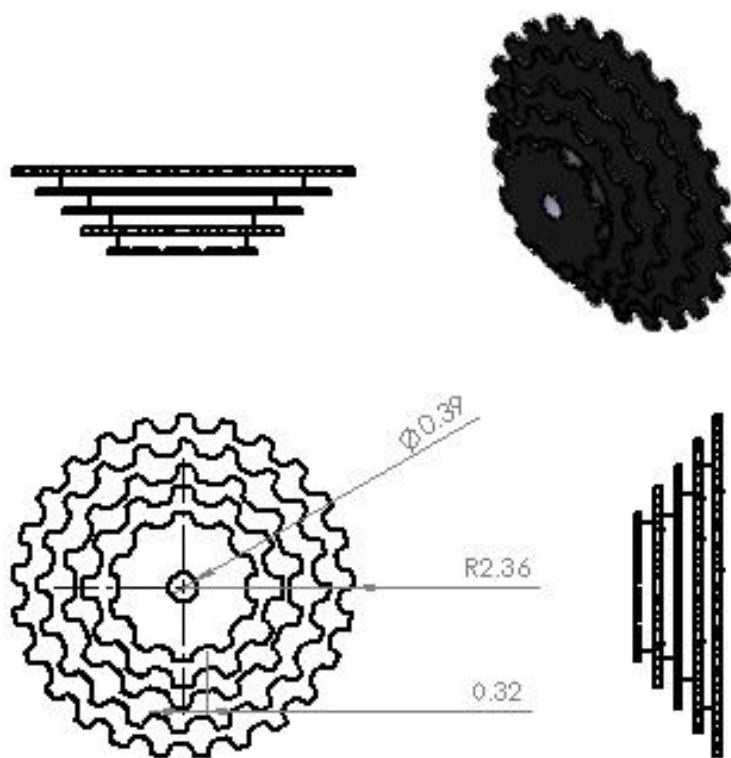


DATA A
SCAIFI 1

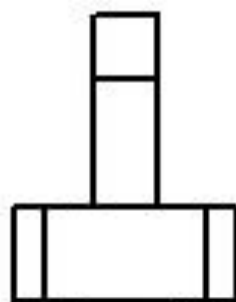


| FUEL SYSTEM PRESS | | TEMP | | TEMP | | TEMP | | TEMP | |
|-------------------|----|------|----|------|----|------|----|------|-----|
| FUEL PRESSURE | | TEMP | | TEMP | | TEMP | | TEMP | |
| FUEL PRESSURE | | TEMP | | TEMP | | TEMP | | TEMP | |
| FUEL PRESSURE | | TEMP | | TEMP | | TEMP | | TEMP | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 |
| 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 |
| 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 |
| 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |

Display Indikator



| | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|
| KEMENTERIAN RIPEKPT DIREKTORAT JENDERAL PERENCANAAN BINA RAJA DEPARTEMEN PERENCANAAN DAN KENDALI BANGUNAN DAN KAWASAN | | NO. 100 JALAN KEMENTERIAN RIPEKPT JAKARTA | | DESAIN DAN BINA KAWASAN BINA RAJA | | DIREKTORAT PERENCANAAN BINA RAJA | | NO. 100 JALAN KEMENTERIAN RIPEKPT JAKARTA | |
| NO. 100 JALAN KEMENTERIAN RIPEKPT JAKARTA | | NO. 100 JALAN KEMENTERIAN RIPEKPT JAKARTA | | NO. 100 JALAN KEMENTERIAN RIPEKPT JAKARTA | | NO. 100 JALAN KEMENTERIAN RIPEKPT JAKARTA | | NO. 100 JALAN KEMENTERIAN RIPEKPT JAKARTA | |
| Gear Transmisi | | | | | | roda gigi | | | |
| A4 | | | | | | | | | |



1. THE DESIGNER HAS TO CHECK
 2. THE DESIGNER HAS TO CHECK
 3. THE DESIGNER HAS TO CHECK
 4. THE DESIGNER HAS TO CHECK
 5. THE DESIGNER HAS TO CHECK

NAME: _____
 DATE: _____
 CLASS: _____

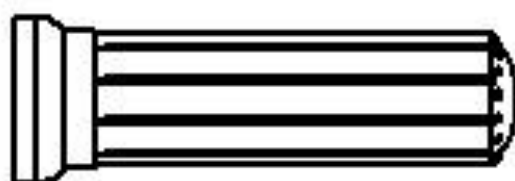
THE DESIGNER HAS TO CHECK
 THE DESIGNER HAS TO CHECK

DO NOT WRITE ANYTHING
 IN THIS AREA

NAME: _____
 DATE: _____

| DATE | NAME | CLASS | MARK |
|------|------|-------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

DATE: _____
 NAME: _____
 spido meter
 A4
 DATE: _____
 NAME: _____



| | | | |
|---|----------|----------------------------------|----------------------|
| 1. HINDI... 2. HINDI... 3. HINDI... 4. HINDI... 5. HINDI... | HINDI... | HINDI... HINDI... HINDI... | HINDI... HINDI... |
|---|----------|----------------------------------|----------------------|

| | | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| HINDI... HINDI... HINDI... HINDI... HINDI... | HINDI... | HINDI... | HINDI... | HINDI... | HINDI... | HINDI... | HINDI... |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|

Pedal Gas

TABEL PENGUJIAN

KOMPONEN SISTEM PENGGERAK SEPEDA LISTRIK

5.2.1 PENGUKURAN PUTARAN PADA MOTOR LISTRIK

Alat Ukur : Stroboscope

Tanggal/Waktu Pengukuran : 12 – 11 – 2014/ 10.00 - selesai

Tempat Pengukuran : LAB. UJI PRESTASI MESIN

| No | Putaran (rpm) | Keterangan |
|----|---------------|-------------|
| 1 | 830 | Stroboscope |
| 2 | 827 | Stroboscope |
| 3 | 834 | Stroboscope |
| 4 | 830 | Stroboscope |
| 5 | 830,25 rpm | Rata - Rata |

Keterangan :

Pada saat melakukan pengukuran putaran pada motor listrik baterai harus terisi penuh hal ini dikarenakan sangat berpengaruh pada putaran dan kecepatan motor listrik tersebut, pengukuran dilakukan dengan beberapa kali pengukuran agar pada saat pengukuran didapatkan hasil yang akurat, setelah dilakukan hasil pengukuran ternyata didapatkan putaran rata – rata sebesar 830, 25 rpm

TABEL PENGUJIAN
KOMPONEN SISTEM PENGGERAK SEPEDA LISTRIK

5.2.2 Waktu Pengisian Baterai Lithium ion Pada Sepeda Listrik

Alat Ukur : StopWatch

Jam Dinding

Tempat Pengukuran : Rumah (Karang Tineung)

Tabel Pengukuran :

| No | Waktu Pengisian Awal dan Akhir | Waktu Pengisian (menit) | Keterangan |
|----|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 1 | 17.12 – 21.05 | 233 (3 jam 53 menit) | Baterai dalam keadaan habis |
| 2 | 08.00 – 11.27 | 207 (3 jam 27 menit) | Baterai dalam keadaan habis |
| 3 | 13.00 – 16.42 | 222(3 jam 42 menit) | Baterai dalam keadaan habis |
| 4 | 07.00 – 10.38 | 218(3 jam 38 menit) | Baterai dalam keadaan habis |
| 5 | 14.00 - 17.46 | 226(3 jam 46 menit) | Baterai dalam keadaan habis |

Keterangan :

Pada saat melakukan pengisian baterai, pengisian baterai harus selalu diamati pada setiap waktu dan sebelum melakukan pengisian baterai, display indikator harus menunjukkan baterai habis agar pada saat melakukan pengukuran didapatkan waktu yang akurat, setelah melakukan pengukuran tersebut didapatkan waktu rata-rata yaitu 221 (3 jam 41 menit) atau berkisar antara 3,5 jam sampai 4 jam dial indikator baterai menunjukkan keadaan habis.