

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Ketersediaan Bahan Bakar Minyak

Bahan bakar minyak (BBM) ialah sumber energi yang sangat penting yang sering digunakan pada kehidupan sehari-hari, salah satunya berkendara dengan menggunakan motor atau mobil yang memerlukan bahan bakar minyak untuk menghidupkannya, karena banyaknya penggunaan bahan bakar minyak dalam segala aspek kehidupan masyarakat kini minyak bumi semakin lama semakin menipis. Diperkirakan ketersediaan bahan bakar minyak di Indonesia pada tahun 2025 sudah tidak bisa lagi memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak yang semakin meningkat karena ketersediaan bahan bakar minyak hanya bisa mencapai 657,092 juta barel, sedangkan kebutuhan penggunaan bahan bakar minyak bisa mencapai 719,048 juta barel [2]. Untuk mencukupi kebutuhan energi di masa depan ilmuwan-ilmuwan di setiap negara mulai menciptakan energi alternatif terbarukan yang lebih ramah lingkungan.

2.2 Polusi Udara

Pencemaran udara di kota-kota besar setiap tahun mengalami peningkatan, gas buang kendaraan bermotor merupakan penyebab utama pencemaran udara yang terjadi di kota-kota besar. Jumlah kendaraan bermotor yang ada tidak seimbang dengan jumlah ruang terbuka hijau di kota-kota besar, dimana jumlah kendaraan bermotor di Indonesia terus bertambah hingga sekarang sampai 133.617.012 unit pada tahun 2019 [1] dan ruang terbuka hijau baru 13 dari 174 kota di Indonesia

yang baru memiliki ruang terbuka hijau 30% atau lebih [3]. Jika jumlah kendaraan terus meningkat maka pencemaran udara yang dihasilkan pun akan semakin tinggi.

Pencemaran udara yang dihasilkan kendaraan bermotor memiliki senyawa berbahaya yaitu Karbon Monoksida, Hidrokarbon, Sulfur Dioksida, Nitrogen Oksida, dan Karbon Dioksida. Dari beberapa senyawa berbahaya ini karbon monoksida merupakan salah satu zat yang dominan yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor. karbon monoksida merupakan senyawa yang mengikat haemoglobin yang berfungsi mengantarkan oksigen segar ke seluruh tubuh, jika hemoglobin terganggu maka menghambat suplai oksigen keseluruh tubuh sehingga akan membuat sesak napas dan dapat lebih paranya menyebabkan kematian. Dari data *World Health Organization* (WHO) mencatat kematian yang disebabkan pencemaran udara kini mencapai 7 juta orang diseluruh dunia setiap tahunnya. Kematian tersebut dampak dari pencemaran udara melalui penyakit jantung, paru-paru, infeksi saluran pernapasan akut dan stroke [4].

2.3 Produksi kendaraan bermotor

Industri otomotif di Indonesia saat ini sedang mengalami penurunan produksi kendaraan bermotor dikarenakan dampak pandemi covid-19 yang masih berlanjut. Data yang didapat dari Federasi Otomotif ASEAN menunjukkan penurunan produksi sebanyak -13.8% dan penjualan kendaraan sebanyak -17.5% di kawasan ASEAN mulai dari bulan januari 2020 sampai dengan januari 2021.

Berdasarkan data yang didapat di situs Federasi Otomotif ASEAN, produksi dan penjualan kendaraan bermotor di indonesia mengalami penurunan yang cukup banyak yaitu -32.8% untuk produksi dan -34.2% untuk penjualan.

Jika dirincikan sektor produksi 75,728 unit pada tahun 2021 dan pada sektor penjualan mencapai 52,910 unit pada tahun 2021 [5]. Itu artinya turun dampak yang diakibatkan pandemi ini sangat berpengaruh dibidang industri otomotif.

2.4 Power Train

Power train merupakan suatu sistem atau serangkaian komponen yang meneruskan tenaga dari penggerak awal sampai ke penggerak akhir. Fungsi *power train* selain sebagai penerus atau penyalur tenaga, bisa juga merubah kecepatan dan torsi dari putaran mesin.

2.5 Perkembangan Sepeda Listrik

Sepeda listrik adalah sepeda konvensional yang digabungkan dengan teknologi tenaga listrik sebagai alat bantu geraknya dimana penggeraknya berupa perangkat elektromagnet yang mengubah tenaga listrik jadi tenaga mekanik, seperti motor DC atau BLDC yang membutuhkan suplai tegangan listrik yang searah pada kumparan medan magnet untuk diganti menjadi tenaga mekanik dan tenaga listriknya berasal dari baterai atau tempat penyimpanan lainnya.

Seiring mencuatnya permasalahan mengenai pemanasan global dan kelangkaan BBM, sepeda listrik adalah salah satu solusi untuk kendaraan ramah lingkungan karena tidak memerlukan BBM sebagai energi utamanya. Konsep sepeda listrik sebenarnya dan hampir sama dengan sepeda pada umumnya, hanya pada sepeda listrik memiliki komponen tambahan seperti motor listrik, kontroler dan baterai. Sepeda motor listrik dan sepeda listrik adalah suatu hal yang berbeda, sepeda listrik memiliki pedal seperti sepeda biasanya hanya ditambah pendukung

motor sebagai penggerak tambahannya sedangkan sepeda motor listrik hanya menggunakan motor sebagai penggerak utamanya. Adapun Gambar 2.1 merupakan salah satu sepeda listrik buatan jepang jenis enacle.



Gambar 2.1 Sepeda listrik Enacle [6].

Sepeda listrik enacle adalah sepeda listrik yang biasa digunakan oleh penduduk jepang sepeda ini sudah diproduksi massal.

2.5.1 Komponen Utama Sepeda Listrik

Dalam perancangan sepeda listrik perlu diketahui komponen-komponen utama pada sepeda listrik mulai dari keadaan sepeda diam maupun pada saat sepeda dijalankan. Berikut komponen utama sepeda listrik :

2.5.1.1 Rangka

Rangka atau frame adalah komponen utama pada sebuah kendaraan dimana rangka adalah tempat komponen-komponen pendukung dipasang dan bagian yang akan menopang beban dari setiap komponen-komponen yang terdapat pada rangka. Gambar 2.2 dibawah ini adalah salah satu rangka sepeda listrik jenis *mountain bike*.



Gambar 2.2 Rangka sepeda [7].

2.5.1.2 Motor Listrik

Motor listrik ialah perangkat elektromagnetis yang bertujuan mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Motor listrik yang sering ditemui di kehidupan sehari-hari seperti: kipas angin, mesin cuci, blender, pompa air, mixer dan penyedot debu. Adapun motor listrik dibagi atas dua jenis yaitu motor listrik arus searah (*DC*) dan arus bolak-balik (*AC*). Pada Gambar 2.3 adalah salah satu motor listrik yang umum digunakan pada sepeda listrik, jenis motor *Brushless DC* 350 Watt, motor listrik ini dapat diatur kecepatannya sesuai dengan daya, beban, dan kecepatan yang diterima.



Gambar 2.3 Motor Listrik *Brushless DC* 350 Watt.

Sumber : Data pribadi

2.5.1.3 Tuas Gas (Pengatur Kecepatan)

Alat pengatur kecepatan pada sepeda listrik ada dua macam, yaitu tuas gas pada kemudi untuk mengontrol kecepatan motor listrik dan *pedal assist* yang cara mengaktifkan motornya apabila kayuhan pedal pada saat sepeda bergerak maka sensor akan memberi perintah motor untuk bergerak. Tetapi kebanyakan sepeda listrik menggunakan pengatur lewat tuas gas, seperti Gambar 2.4 dibawah ini tuas yang sudah memiliki sensor dan alat pengereman.



Gambar 2.4 Tuas Gas

Sumber : Data pribadi

2.5.1.4 Kontroler

Kontroler adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengatur sistem kelistrikan dari sepeda listrik. Besarnya energi listrik yang dialirkan ke dalam motor listrik di atur oleh kontroler biasanya melalui suatu komponen tambahan seperti tuas gas dan *pedal assist system*, selain itu kontroler juga dapat memberikan informasi kepada pengemudi terhadap jumlah daya listrik yang masih tersedia pada baterai. Adapun kontroler sepeda listrik yang umum dipasaran seperti Gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5 Kontroler

Sumber : Data pribadi

2.5.1.5 GPS Tracker

GPS Tracker adalah suatu alat pendukung yang memungkinkan pengguna untuk melacak posisi kendaraan, dalam keadaan *Real-Time*. *GPS Tracking* memanfaatkan kombinasi teknologi GSM dan GPS untuk menentukan koordinat sebuah objek, lalu menerjemahkannya dalam bentuk peta digital. Sistem ini menggunakan sejumlah satelit yang berada di orbit bumi, yang memancarkan sinyalnya ke bumi dan ditangkap oleh sebuah alat penerima. GPS tracker memiliki berbagai jenis ada yang menggunakan baterai dan tidak seperti Gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.6 GPS Tracker [8]

2.5.1.6 Baterai

Baterai merupakan elemen penting pada sepeda listrik karena fungsinya sebagai tempat penyimpanan energi listrik, baterai biasanya paling mahal selain motor listrik, sehingga sebelum memilih baterai yang ingin digunakan lebih baik ketahui dahulu spesifikasi motor listrik, seperti berapa voltase dan ampere yang dibutuhkan. Jumlah ampere yang besar sangat mempengaruhi daya jangkau sepeda, jadi alangkah baiknya jumlah ampere yang digunakan harus sama atau lebih dari daya yang diperlukan motor. Adapun baterai sepeda listrik yang umum dipasaran seperti Gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.7 Baterai

Sumber : Data pribadi

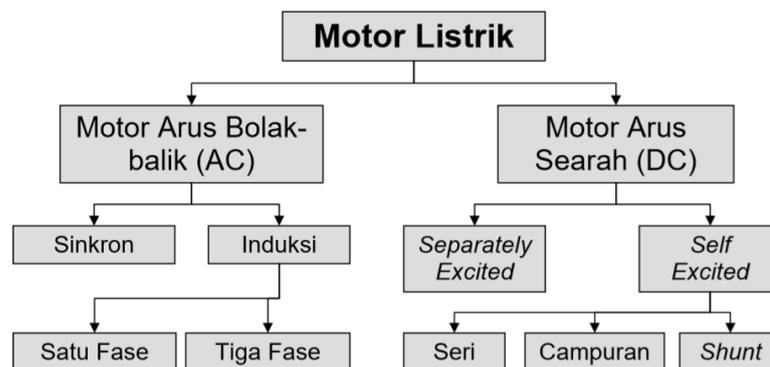
2.5.1.7 Motor listrik

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang bertujuan untuk mengubah tenaga listrik jadi tenaga mekanik. Begitu pula sebaliknya yaitu perangkat untuk mengganti tenaga mekanik jadi tenaga listrik yang umumnya disebut generator.

Proses yang terjadi pada motor listrik yaitu dengan memanfaatkan arus listrik diubah menjadi medan magnet yang biasa disebut electromagnet. Sebagaimana sifat magnet dimana jika kedua kutub pada medan magnet yang senama maka akan saling tolak menolak sedangkan jika kutub yang tidak senama maka akan saling tarik menarik. Dengan adanya proses ini maka magnet dapat dimanfaatkan gerakannya jika magnet ditempatkan pada suatu poros yang bisa berputar dan magnet yang lain pada posisi yang tetap. Motor listrik generasi sekarang kebanyakan menggunakan motor listrik jenis *Brushless DC* karena lebih tahan lama dan lebih mudah dalam perawatannya.[9]

2.6 Tipe Motor Listrik

Tipe motor listrik dibedakan menjadi dua yaitu motor arus searah (*DirectCurrent/DC*) dan motor arus bolak-balik (*AlternatingCurrent/AC*). Pada motor AC arus listrik bolak-balik dimanfaatkan untuk menjalankan motornya, sedangkan motor DC hanya memanfaatkan arus listrik searah (DC) untuk menjalankan motornya. Tipe motor listrik dapat diuraikan seperti Gambar 2.8 dibawah ini:



Gambar 2.8 Tipe motor listrik [10].

2.6.1 Motor Brushless DC

Motor *Brushless* DC sudah digunakan sejak Tahun 1886. Motor *Brushless* DC mulai banyak digunakan pada tahun 1992. Kekurangan pada motor DC yang memakai *brush* sebagai media penghantar arus dari sumber ke komutator, sudah dapat diatasi dengan motor *Brushless* DC ini, karena pada motor ini brush dan komutator tidak diperlukan sehingga menciptakan torsi yang optimal dikala putaran awal, selanjutnya torsi akan berkurang bersamaan dengan bertambahnya kecepatan motor [11].

Secara definisi Motor DC pula dimaksud sebagai mesin yang mengganti tenaga listrik jadi tenaga mekanik. Pada dasarnya motor listrik memakai prinsip elektromagnetik untuk memutar *armature* serta menciptakan tenaga mekanik pada porosnya. Rotasi pada poros dikenal dengan Torsi [11].

Dibanding motor induksi, *Brushless* DC mempunyai efisiensi yang lebih besar sebab rotor dibuat dari permanen magnet. Meski mempunyai keunggulan dibanding dengan motor DC dan induksi, pengontrolan motor *Brushless* DC jauh lebih sulit untuk kecepatan dan torsi yang konstan, sebab tidak adanya *brush* yang membantu proses komutasi dan harga motor *Brushless* DC ini lebih mahal. Secara universal motor *Brushless* DC terdiri dari 2 komponen, ialah, rotor bagian yang bergerak dan terbuat dari permanen magnet dan *stator* bagian yang diam [11].

Keunggulan yang dimiliki motor *Brushless* DC diantaranya adalah: [11]

1. Motor *Brushless* DC biasanya memiliki torsi yang besar, dikarenakan medan tarik yang dihasilkan stator seutuhnya diterima oleh rotor yang terbuat dari magnet permanen
2. Tidak menghasilkan suara berlebih ketika dijalankan, karena motor *Brushless* DC tidak memiliki komutator, tidak seperti motor DC dimana brush dan komutator akan bergesekan ketika dijalankan sehingga menghasilkan suara tidak nyaman.
3. Lebih tahan lama, karena jarang mengganti komponen dalam motor seperti *brush* dan komutator. Hal ini terjadi karena gesekan yang terjadi pada *brush* dan komutator hanya terdapat pada motor DC.
4. Tidak terjadi percikan bunga api, karena tidak adanya hubungan *brush* dan komutator yang menjadi penyebab percikan bunga api

Kelemahan yang dimiliki motor *Brushless* DC diantaranya adalah:

1. Harga motor *Brushless* DC yang mahal
2. Membutuhkan pengendali kecepatan elektronik untuk menjalankannya.

2.6.2 Menghitung Daya Yang Dihasilkan Motor Listrik

Untuk mengetahui daya yang dihasilkan motor listrik untuk menggerakkan sepeda listrik, dapat menggunakan persamaan 2.1 seperti berikut [12].

$$P = F_t \times V \quad (2.1)$$

Keterangan :

V = Kecepatan sepeda (m/s)

F_t = Beban total sepeda (N)

2.6.3 Menghitung Torsi Yang Dihasilkan Motor Listrik

Untuk mengetahui torsi yang dihasilkan motor listrik untuk menggerakkan sepeda listrik, dapat menggunakan persamaan 2.2 dibawah ini [13].

$$T = \frac{60 \times P}{2 \times \pi \times n} \quad (2.2)$$

Keterangan :

P = Daya Motor (watt)

n = putaran poros motor (rpm)

2.7 Perhitungan Massa Kendaraan

Langkah awal dalam mencari daya dan torsi motor listrik terlebih dahulu harus mencari massa kendaraan yang terdapat pada kendaraan tersebut dengan menggunakan persamaan 2.3 dan 2.4 [13].

$$M_{\text{total}} = \text{Berat sepeda keseluruhan} + \text{Berat pengendara} \quad (2.3)$$

$$W_{\text{total}} = M_{\text{total}} \times g \quad (2.4)$$

Keterangan :

M_{total} = Massa total sepeda listrik (kg)

W_{total} = Berat total sepeda listrik (N)

g = gaya gravitasi (9.81)

2.7.1 Mengetahui Kecepatan Sepeda

Kecepatan adalah kemampuan berpindah tempat dari satu tempat ke tempat lain dengan selang waktu, untuk mengetahui berapa kecepatan yang dilalui dapat menggunakan persamaan 2.5 dibawah ini [13].

$$V = \frac{s}{t} \quad (2.5)$$

Keterangan : S = Jarak tempuh (m)

t = Waktu (s)

2.7.2 Gaya Yang Diperlukan Setelah Sepeda Bergerak

Pada saat sepeda bergerak banyak gaya yang terjadi pada sepeda, mulai dari sepeda akan berjalan sampai sepeda berjalan dengan keadaan konstan maupun tidak. Berikut ini persamaan untuk mencari gaya yang berkerja pada sepeda bergerak tanpa menggunakan motor listrik.

a. Gaya normal [13].

Gaya reaksi yang timbul ketika sepeda diletakkan secara tegak lurus di atas sebuah permukaan bidang, untuk perhitungan yang digunakan seperti persamaan 2.6.

$$F_N = M_{total} \times g \quad (2.6)$$

b. Gaya gesek statik [13].

Gaya gesek yang terjadi ketika sepeda dalam keadaan diam lalu mulai bergerak, untuk perhitungan yang digunakan yaitu seperti persamaan 2.7 untuk koefisien gesek statik dapat dilihat pada Tabel 2.1

$$F_S = F_N \times \mu_s \quad (2.7)$$

c. Gaya gesek kinetik [13]

Gaya gesek yang terjadi ketika sepeda sudah bergerak, untuk perhitungan yang digunakan seperti Persamaan 2.8 untuk koefisien gesek kinetik dapat dilihat pada Tabel 2.1.

$$F_k = F_N \times \mu_k \quad (2.8)$$

Tabel 2.1 Koefisien gesek statis dan kinetik.[14]

Permukaan	Koefisien gesekan statis μ_s	Koefisien gesekan kinetik μ_k
Kayu pada kayu	0.4	0.2
Es pada es	0.1	0.03
Logam pada logam	0.15	0.07
Baja pada baja	0.7	0.6
Karet pada beton kering	1	0.8
Karet pada beton basah	0.7	0.5
Teflon pada Teflon di udara	0.04	0.04

Tabel koefisien gesek digunakan untuk mengetahui nilai gesek yang terjadi pada dua benda yang saling bergesek oleh karena itu tabel koefisien diperlukan pada perhitungan gaya yang terjadi pada sepeda

d. Torsi sepeda

Torsi yang diperlukan untuk menggerakkan sepeda harus lebih besar dari pada gaya gesek statik. Dapat dihitung dengan Persamaan 2.9 dan 2.10 [13].

$$T_R > F_S \times R. \text{roda} \quad (2.9)$$

$$T_p > F_s \times R. \text{pedal} \quad (2.10)$$

e. Gaya pedal

Agar sepeda bergerak, maka gaya pada pedal sepeda harus lebih besar dari pada torsi sepeda. Dapat dihitung dengan Persamaan 2.11 [13].

$$F. \text{Pedal} > \frac{T_p}{R. \text{pedal}} \quad (2.11)$$

f. Gaya yang diperlukan sepeda

Setelah sepeda bergerak, maka gaya yang diperlukan. Dapat dihitung dengan Persamaan 2.12 [13].

$$F = \frac{F_k \times R. \text{pedal}}{R. \text{roda}} \quad (2.12)$$

Keterangan :

μ_s = Koefisien gesek statik

μ_k = Koefisien gesek kinetik

T_s = Torsi sepeda (Newton)

$F. \text{pedal}$ = Gaya pada sepeda (Newton)

$R. \text{roda}$ = Jari-jari roda (m)

$R. \text{pedal}$ = Jari-jari pedal sepeda (m)

2.7.3 Hambatan Gelinding

Hambatan gelinding (*Rolling resistance*) adalah hambatan yang terjadi pada roda kendaraan diatas permukaan yang dipijaknya. Besarnya hambatan gelinding dipengaruhi oleh jenis permukaan tanah di mana kendaraan melintas (Lembek, licin, keras dan lain-lain). Nilai Crr dapat dengan mudah diperoleh dengan menggerakkan kendaraan perlahan dan stabil serta mengukur gaya yang dibutuhkan atau dapat dengan mudah melihat pada Tabel 2.2. Untuk mencari hambatan gelinding dapat digunakan persamaan 2.13 [15].

$$\text{Tahanan Gelinding} = C_{rr} \times M \times g \quad (2.13)$$

Keterangan;

M = Massa Kendaraan (kg)

Crr = Koefisien tahanan gelinding

g = Gravitasi

Tabel 2.2 Koefisien Hambatan Guling[15].

Koefisien Hambatan Guling	Permukaan
0,001 – 0,002	Roda kereta api di rel
0,001	Roda sepeda pada jalan kayu
0,002 – 0,005	Ban tubeles rendah tahanan
0,002	Ban sepeda pada beton
0,004	Ban sepeda pada aspal
0,005	Jalan yang kotor
0,006 – 0,01	Ban truck di aspal
0,008	Ban sepeda di jalan yang beraspal yang kasar
0,01 – 0,015	Ban mobil biasa di beton aspal baru

Tabel diatas adalah tabel koefisien hambatan guling yang berfungsi untuk mengetahui nilai hambatan guling yang terjadi pada suatu benda dipermukaan

2.7.4 Hambatan Tanjakan

Hambatan tanjakan adalah hambatan yang terjadi pada kendaraan ketika melalui jalan yang menanjak dengan sudut kemiringan tertentu, umumnya kendaraan akan sulit menanjak karena beban yang ditampung kendaraan tidak sesuai dengan kemampuan motor penggerak, untuk mencari hambatan tanjakan dapat menggunakan persamaan 2.14 dibawah ini.

$$\text{Hambatan Tanjakan} = M.g.\sin \alpha \quad (2.14)$$

Keterangan:

M = Massa kendaraan (kg)

g = Gravitasi

Sin α = Sudut kemiringan jalan

2.7.5 Beban Total Pada Sepeda

Beban total adalah penjumlahan dari gaya yang terjadi pada sepeda mulai dari hambatan gelinding sampai hambatan tanjakan, perhitungan beban total diperlukan untuk mengetahui daya yang terjadi pada sepeda, untuk perhitungan beban total dapat dilihat pada persamaan 2.15 dibawah ini.

$$F_t = \text{Hambatan Gelinding} + \text{Hambatan Tanjakan} \quad (2.15)$$

2.8 Baterai Lithium Ion

Baterai lithium-ion atau disingkat Li-ion adalah salah satu dari tipe baterai *rechargeable*. Proses menghasilkan listrik Lithium-ion terjadi jika anoda dan katoda dihubungkan maka elektron mengalir dari anoda menuju katoda bersamaan dengan itu listrik pun mengalir. Lithium-ion akan bergerak kembali dari katoda ke anoda saat itu dilakukan proses *charging*. Prinsip kerja baterai ini membuatnya memiliki daya yang tinggi serta bobot yang ringan yang memungkinkan untuk digunakan meskipun berkali-kali [16].

Baterai lithium-ion merupakan baterai yang tidak menggunakan bahan cairan, baterai ini dikembangkan oleh seorang ilmuwan Jepang yaitu Yoshino Akira. Yoshino Akira memadukan karbon, polimer dan lithium sebagai anoda. Tahun 1991 adalah tahun di mana baterai lithium-ion diproduksi oleh Sony Corp dan Asahi Kasei Corp secara massal. Semenjak itu baterai jenis ini terus menunjukkan perkembangannya secara pesat di pasaran sebagai sumber energi bagi ponsel dan komputer. Pengembangan teknologi baterai ini tentunya menguntungkan untuk sepeda yang bertenaga listrik. Seperti baterai ini umumnya bersifat *removeable*, jadi baterai ini dapat dicopot, memiliki kepadatan energi yang tinggi dan mudah ditemukan di pasaran [16].

2.8.1 Jenis-Jenis Baterai Li-Ion

Berdasarkan senyawa kimia yang digunakan dalam baterai Li-ion, maka baterai tersebut dibagi ke dalam 6 kelompok atau jenis, yaitu : [16].

1. Baterai Li-ion yang menggunakan senyawa kimia LiCoO_2 (Lithium Cobalt Oxide) atau disingkat dengan LCO. LCO biasa digunakan pada *Cell Phone*, Laptop, Camera dsb.
2. Baterai Li-ion yang menggunakan senyawa kimia Lithium Manganese Oxide (LiMn_2O_4) atau disingkat dengan LMO. LMO biasa digunakan pada alat-alat listrik (*Power tools*), Peralatan medis (*Medical devices*), *Electric Powertrains*.
3. Baterai Li-ion yang menggunakan senyawa kimia Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (LiNiMnCoO_2) atau disingkat dengan NMC. NMC sering digunakan pada *E-bikes*, Peralatan Medis, EVs, dan di industri-industri.
4. Baterai Li-ion yang menggunakan senyawa kimia Lithium Iron Phosphate (LiFePO_4) atau disingkat dengan LFP. LFP digunakan pada *stationer* yang membutuhkan arus beban tinggi dan juga daya tahan tinggi.
5. Baterai Li-ion yang menggunakan senyawa kimia Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide (LiNiCoAlO_2) atau disingkat dengan NCA. NCA digunakan pada Peralatan medis, Industri, *Electric powertrain* (Tesla).
6. Baterai Li-ion yang menggunakan senyawa kimia Lithium Titanate ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) atau disingkat dengan LTO. LTO digunakan pada UPS, *electric powertrain* dan penerangan jalan bertenaga surya.

2.8.2 Menghitung Daya Baterai

Daya baterai adalah daya dari baterai untuk dapat mengalirkan arus listrik yang dimana akan dimanfaatkan untuk menggerakkan motor. Untuk menghitung

besarnya daya baterai untuk memberikan arus ke motor listrik bisa menggunakan persamaan 2.16 sebagai berikut :[17].

$$P = V \times I \quad (2.16)$$

Keterangan :

P = Daya listrik (Watt)

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus listrik (ampere)

2.8.3 Menghitung Lamanya Charging Pada Baterai

Baterai yang digunakan adalah baterai lithium ion, sehingga baterai ini dapat di *charging*, untuk mengetahui lamanya *charging* baterai dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.17 sebagai berikut: [17].

$$t = \frac{\text{Daya baterai}}{\text{Daya charger}} \quad (2.17)$$

$$P = V \times I$$

Keterangan :

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus listrik (ampere)

t = Lama arus mengalir

2.8.4 Menghitung Energi Yang Dikonsumsi

Energi yang dikonsumsi untuk menggerakkan sepeda listrik dapat dicari pada saat pengujian dengan menjalankan kecepatan rata-rata sepeda dan berapa waktu pengujian dapat dilihat dengan menggunakan persamaan (2.18) dibawah[17].

$$W = P \times t \quad (2.18)$$

W = Energi listrik (Watt)

P = Daya listrik (Watt)

t = Lama arus mengalir

2.9 Sistem Transmisi

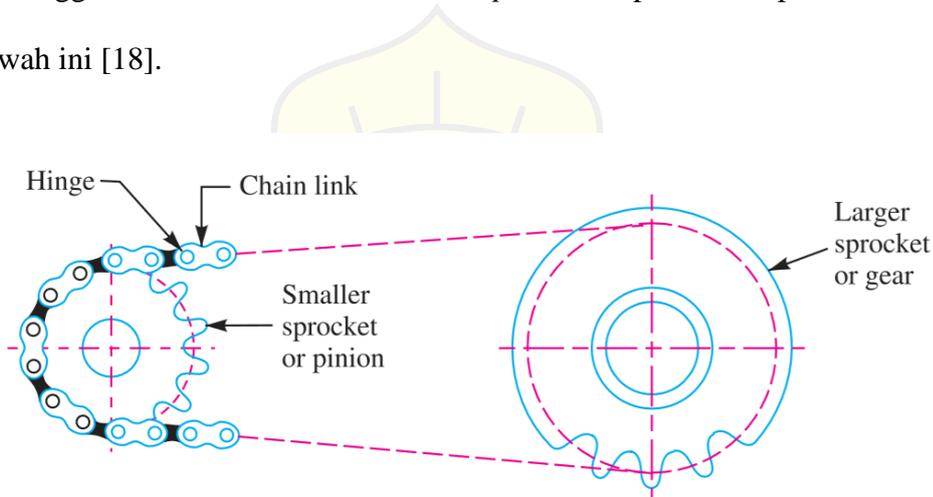
Sistem transmisi adalah sistem yang berfungsi untuk mengkonversi torsi dan kecepatan (putaran) dari mesin atau penggerak awal menjadi torsi dan kecepatan untuk diteruskan ke penggerak akhir. Konversi tersebut mengubah kecepatan putar dari kecepatan tinggi menjadi kecepatan rendah ataupun sebaliknya.

Dalam ilmu perancangan mesin sistem transmisi terdiri dari beberapa macam, antara lain:

1. Transmisi roda gigi
2. Transmisi sabuk dan pully
3. Transmisi rantai
4. Transmisi kabel atau tali

2.9.1 Sistem Transmisi Rantai

Rantai umumnya digunakan untuk meneruskan putaran dan daya dimulai dari satu poros kemudian ke poros berikutnya, Rantai mengait roda gigi (*Sprocket*) dan meneruskan daya tanpa slip, jadi menjamin putaran tetap sama, misalnya, pada sepeda, siklus mesin, peralatan hortikultura, angkutan, *conveyers* pada pabrik, penggiling jalan dan sebagainya. Rantai juga dapat digunakan pada jarak fokus yang jauh hingga 8 meter. Rantai digunakan untuk kecepatan hingga 25 m/s dan daya hingga 110 kW. Skema rantai dan *sprocket* dapat dilihat pada Gambar 2.9 dibawah ini [18].



Gambar 2.9 Rantai dan roda gigi [18].

2.9.2 Terminologi Pada Transmisi Rantai

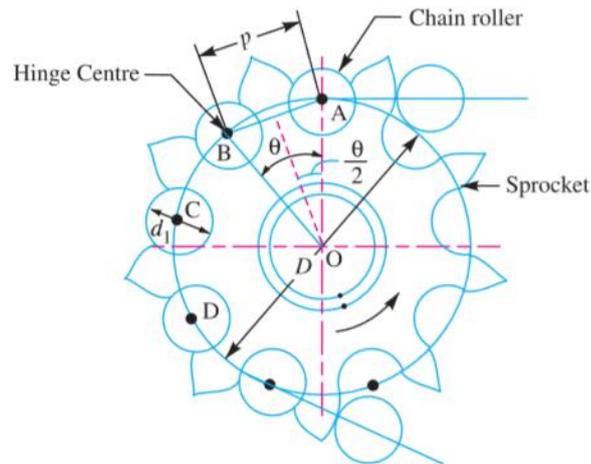
Berikut terminologi atau istilah-istilah yang sering digunakan pada transmisi rantai atau bisa dilihat pada Gambar 2.10 [18]

1. *Pitch of the chain*

Ini adalah jarak antar pusat engsel link seperti yang ditunjukkan pada gambar. Dinotasikan dengan p .

2. Pitch circle diameter of chain sprocket

Ini adalah diameter lingkaran ketika rantai membungkus sprocket dari pusat engsel satu ke engsel lain ditarik garis lurus melalui pusat *sprocket*, seperti yang ditunjukkan pada gambar dinotasika dengan D.



Gambar 2.10 Terminologi pada transmisi rantai[18].

2.9.3 Velocity Ratio

Rasio kecepatan dari sebuah penggerak rantai dinyatakan dengan Persamaan (2.19) dibawah ini [18].

$$V.R. = \frac{N_1}{N_2} = \frac{T_2}{T_1} \quad (2.19)$$

Keterangan:

N1 = Kecepatan rotasi dari *sprocket* kecil (rpm)

N2 = Kecepatan rotasi dari *sprocket* besar (rpm)

T1 = Jumlah gigi pada *sprocket* kecil

T2 = Jumlah gigi pada *sprocket* besar

Rata-rata kecepatan rantai dapat dinyatakan dengan Persamaan 2.20

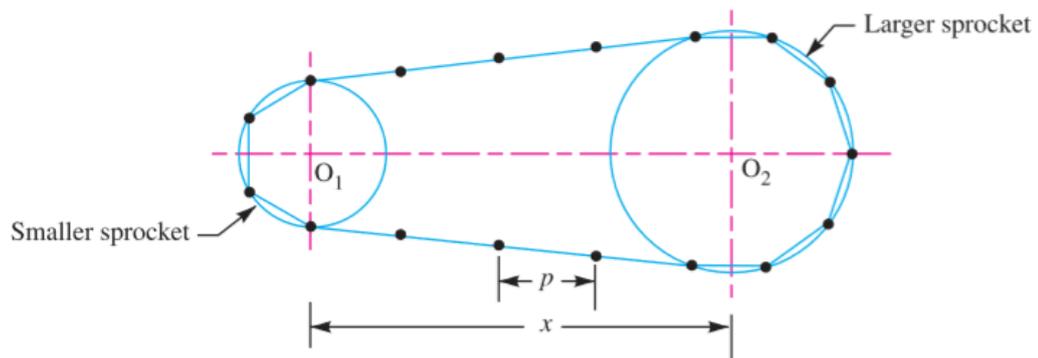
$$V = \frac{T2.p.N2}{60 \times 1000} \quad (2.20)$$

Keterangan:

p = Pitch (m)

2.9.4 Panjang Rantai dan *Centre Distance*

Penggerak rantai sistem terbuka yang menghubungkan dua *sprocket* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11 dibawah ini [18].



Gambar 2.11 Panjang rantai dan center distance [18].

Panjang rantai adalah hasil kali antara jumlah mata rantai (K) dengan *pitch* (p) dapat dilihat pada Persamaan 2.21.

$$L = K.p \quad (2.21)$$

Jumlah mata rantai diperoleh dari persamaan (2.22)

$$K = \frac{T1+T2}{2} + \frac{2x}{p} + \left[\frac{T2-T1}{2\pi} \right]^2 \frac{p}{x} \quad (2.22)$$

Keterangan:

T1 = Jumlah gigi pada sprocket kecil

T2 = Jumlah gigi pada sprocket besar

p = pitch

x = centre distance

2.9.5 Ukuran Umum Rantai Rol

Dalam penggunaan rantai rol terdapat nomor-nomor yang tertera pada bagian rantai. Angka tersebut menunjukkan spesifikasi karakteristik berupa dimensi dan kekuatan rantai tersebut sesuai ISO 2403-1991 dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Karakteristik rantai rol menurut 2403-1991 [18]

ISO Chain number	Pitch (p) mm	Roller diameter (d1) mm	Maximum Width between inner plates (b1) mm	Maximum Transerve Pitch (p1)mm	Breaking load (kN) Minimum		
					Simple	Duplex	Triplex
05 B	8.00	5.00	3.00	5.64	4.4	7.8	11.1
06 B	9.525	6.35	5.72	10.24	8.9	16.9	24.9
08 B	12.70	8.51	7.75	13.92	17.8	31.1	44.5
10 B	15.875	10.16	9.65	16.59	22.2	44.5	66.7
12 B	19.05	12.07	11.68	19.46	28.9	57.8	86.7
16 B	25.4	15.88	17.02	31.88	42.3	84.5	126.8
20 B	31.75	19.05	19.56	36.45	64.5	129	193.5
24 B	38.10	25.40	25.40	48.36	97.9	195.7	293.6
28 B	44.45	27.94	30.99	59.56	129	258	387
32 B	50.80	29.21	30.99	68.55	169	338	507.10
40 B	63.50	39.37	38.10	72.29	262.4	524.9	787.3

Untuk memudahkan dalam mengetahui jenis rantai, pitch rantai sampai kekuatan putus yang terjadi pada rantai dapat dengan mudah dilihat pada tabel diatas

2.9.6 Daya Yang Ditransmisikan oleh Rantai

Daya yang ditransmisikan oleh rantai berdasarkan kekuatan putus rantai (WB) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.23 dibawah ini [18].

$$P = \frac{WB \times v}{n \times Ks} \quad (2.23)$$

Keterangan :

WB = *Breaking load* (newton)

v = Kecepatan rata-rata rantai (m/s)

n = *Factor of safety*

Ks = *Service factor*

Ks = $K1 \times K2 \times K3$ (2.24)

Service factor (Ks) adalah hasil kali dari beberapa faktor antara lain faktor beban, faktor pelumasan dan faktor lama pemakaian. Nilai dari faktor tersebut adalah sebagai berikut:

1. Beban (K1)

= 1 Untuk beban konstan

= 1.25 Beban untuk variabel dengan guncangan ringan

= 1.5 Untuk beban guncangan berat

2. Pelumasan (K2)

= 0.8 Untuk pelumasan terus menerus

= 1 Untuk pelumasan menurun

= 1.5 Untuk pelumasan berkala

3. Pemakaian (K3)
 - = 1 Pemakaian selama 8 jam/hari
 - = 1.25 Pemakaian selama 16 jam/hari
 - = 1.5 Untuk pemakaian terus menerus.

2.9.7 Beban Total

Beban total yang mampu diterima oleh rantai dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.25 seperti dibawah ini: [18].

$$W = \frac{\text{Rated Power}}{\text{Pitch Line Velocity}} \quad (2.25)$$

Keterangan:

(Rated power) P = Daya yang ditransmisikan

(Pitch line velocity) = Kecepatan rata-rata rantai

2.9.8 Factor Of Safety

Factor of safety pada transmisi rantai dapat didefinisikan rasio dari kekuatan putus dari rantai (W_B) dibagi dengan beban total rantai saat bergerak. Dapat dilihat pada Persamaan (2.26).

$$\text{Factor of safety} = \frac{W_B}{W} \quad (2.26)$$

$$W_B = 106 \times p^2 \text{ (newton) untuk roller chain} \quad (2.27)$$

$$W_B = 106 p \text{ (newton) untuk chain silent}$$

Keterangan :

W_B = *Breaking load (newton)*

W = *Beban total*

P = *Pitch rantai (mm)*

Selain perhitungan untuk mendapatkan *factor of safety* dapat diketahui

juga dengan menggunakan Tabel 2.4 seperti berikut:

Tabel 2.4 *Factor of safety roller chain & silent chain* [18].

Type of chain	Pitch of chain (mm)	Speed of the sprocket pinion in r.p.m								
		50	200	400	600	800	1000	1200	1600	2000
Bush roller chain	12 – 15	7	7.8	8.55	9.35	10.2	11	11.7	13.2	14.8
	20 – 25	7	8.2	9.35	10.3	11.7	12.9	14	16.3	-
	30 – 35	7	8.55	10.2	13.2	14.8	16.3	19.5	-	-
Silent chain	12.7 – 15.87	20	22.2	24.4	28.7	28.7	28.7	28.7	28.7	28.7
	19.05 – 25.4	20	23.4	26.7	30	30	30	30	30	30