

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Perancangan terdiri dari serangkaian kegiatan yang berurutan karena itu perancangan yang mencakup seluruh kegiatan yang terdapat dalam perancangan tersebut. Sedangkan untuk perancangan juga adalah penentuan akhir ukuran yang dibutuhkan untuk membentuk struktur atau komponen sebagai suatu keseluruhan dalam menentukan konstruksi sesungguhnya yang dapat dikerjakan. Masalah utama dalam proses perancangan struktur adalah masalah beban yang dapat ditahan oleh struktur tersebut. Oleh karena itu, suatu struktur atau komponen harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu menahan tegangan maksimum yang ditimbulkan oleh beban baik dalam bentuk tegangan aksial, lentur maupun geser.

Dalam merancang suatu struktur, ditetapkan prosedur pemilihan suatu material yang sesuai dengan kondisi aplikasinya. Kekuatan bahan bukan kriteria satu – satunya yang harus dipertimbangkan dalam perancangan struktur. Beberapa sifat yang menentukan kualitas bahan menurut Harsokusoemo.D., (1999) antara lain :

1. Kekuatan (strength) adalah kemampuan bahan untuk menahan tegangan tanpa terjadi kerusakan.
2. Elastisitas (elasticity) adalah kemampuan bahan untuk kembali ke ukuran dan bentuk asalnya, setelah gaya luar dilepas. Sifat ini sangat penting pada semua struktur yang mengalami beban berubah – ubah.
3. Kekakuan (stiffness) adalah sifat yang didasarkan pada sejauh mana bahan mampu menahan perubahan bentuk.
4. Keuletan (ductility) adalah sifat dari bahan yang memungkinkan bisa dibentuk secara permanen melalui perubahan bentuk yang besar tanpa terjadi kerusakan. Sifat – sifat ini sangat diperlukan untuk bahan yang mengalami beban secara tiba – tiba.

Menurut Kocabiyik (2004) mengungkapkan secara lengkap mengenai bagaimana melihat suatu produk dengan cara pendekatan konsep desainnya. Kocabiyik melihat pendekatan konsep desain sepeda yang ada dimasyarakat saat itu, dimana pembagian jenis sepeda berdasarkan pada kesesuaian dengan konstruksi desain sepeda dan fungsi penggunaan sepeda. Dengan pendekatan desain sepeda secara menyeluruh maka dapat diketahui desain sepeda seperti apa yang dibutuhkan oleh masyarakat saat ini.

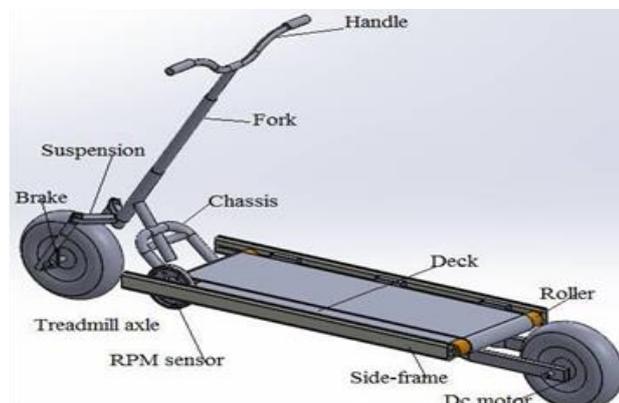
Menurut Garnet (2008) membuat rancangan sebuah desain sepeda yang ergonomi. Rancangan desain sepeda dengan memperhatikan berbagai macam posisi pengguna sepeda. Mulai dari posisi tangan, kayuhan sepeda, dan posisi duduk. Tidak hanya sampai perbaikan posisi manusia saja, tetapi juga menganalisis kemampuan membelok dengan mempertimbangkan posisi *trail* sepeda serta panjang *crank* guna memaksimalkan kekuatan kayuhan sepeda.

Menurut Bruin (2014) pencipta lopifit atau sepeda treadmill. Prototype ini didesain dengan rangka yang tak seperti sepeda umumnya dimana untuk bagian *crank*-nya justru tidak ada, digantikan dengan menggunakan sebuah papan untuk menjalankannya dan ditambahkan sebuah motor listrik. Motor listrik lopifit memiliki jangkauan 30 – 50 mil per charge dengan bilah tampilan untuk menunjukkan status baterai. Konsep desain penempatan mesin penggerak atau motor listrik berada pada kanan sumbu sepeda dengan mengkombinasikan roda gigi multi kecepatan yang dapat disesuaikan meningkatkan kecepatan berjalan hingga kecepatan sepeda biasa. Lopifit berjalan dengan kecepatan antara 4 – 17 mph. Dipandang dari segi efisien dan ergonomi, untuk konsep desain dari mesin penggerak sepeda seperti itu masih kurang efisien dan kurang ergonomi dikarenakan mesin penggerak tidak berada pada sumbu sepeda yang mana dapat mengganggu keseimbangan pada saat mengendarai sepeda dikarenakan ketambahan bobot dari mesin penggerak sehingga sepeda menjadi tidak seimbang, dan tidak efisien. Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.1 model sepeda treadmill bruin.



Gambar 2.1 Model sepeda treadmill Bruin (2014)
(<https://www.liputan6.com/lifestyle/read/2676220/>)

Menurut Kirtish dkk (2016) mendesain dan fabrikasi sepeda treadmill. Seiring berkembangnya zaman saat ini, pengembangan konsep rancangan sepeda pun berkembang. Kirtish dkk melihat pendekatan konsep desain sepeda yang ada di masyarakat saat ini, dimana dengan mendesain sepeda treadmill dengan cara yang sama sekali baru bergerak, dengan memodifikasi frame sepeda dan treadmill ditempatkan diantara dua roda. Konsep yang digunakan yaitu DFM. DFM adalah seni rekayasa umum merancang produk sedemikian rupa untuk mempermudah memproduksi. Perancangan Kirtish dkk (2016) setiap komponennya menggunakan CAD software dan kemudian merakit semua komponen. Komponen yang dirancang adalah sasis, garpu, poros sepeda dan treadmill, treadmill rol dan bingkai sisi treadmill. seperti pada gambar 2.2 Model desain CAD sepeda treadmill.



Gambar 2.2 Model desain CAD sepeda treadmill (Kirtish dkk, 2016)

Berdasarkan gambar pemodelan sepeda treadmill diatas, pemodelan rangka sangat efektif, namun masih ada kekurangan dan pengembangan dari konsep desain sepeda treadmillnya yaitu sebuah mesin penggerak dan komponen – komponen penggerak karena menurut kriteria transportasi diharuskan mempunyai sebuah mesin penggerak beserta komponen – komponen pendukungnya seperti motor listrik beserta komponennya sehingga mempermudah pengendara untuk mengendarai kendaraan tersebut.

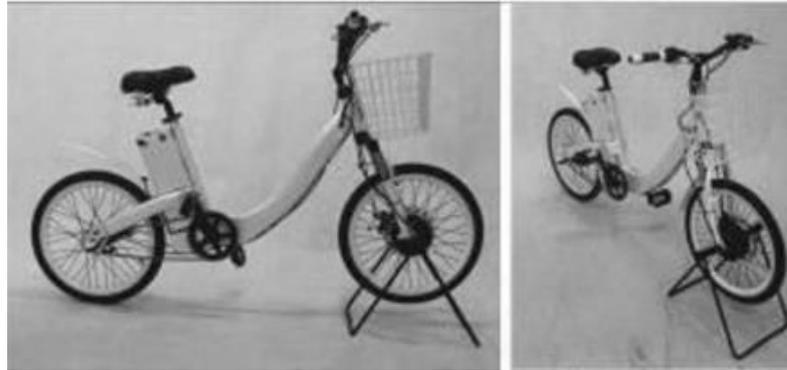
Kurniawan (2010) telah menciptakan sepeda motor listrik (*electric motorcycle*) sebagaimana Gambar 2.3 yang memiliki tiga tingkat kecepatan, yaitu kecepatan 1 maksimal 2,68 meter/detik, kecepatan 2 maksimal 5,18 meter/detik, dan kecepatan 3 maksimal 8,063 meter/detik. Jarak tempuh maksimal 42,546 meter dengan beban 60 kg untuk tiga buah baterai, dengan waktu pengisian baterai sampai selama 2000 detik (± 33 menit). Akan tetapi masih memiliki kekurangan dimana perlu penambahan transmisi gigi untuk meringankan kinerja dari motor listriknya serta penambahan lampu untuk penerangan di malam hari.



Gambar 2.3.Electric Motorcycle (Kurniawan dkk, 2010)

Sodiq dkk.(2015) telah membuat sepeda listrik yang diberi nama Bie (*Bicycle Electric*) sebagaimana Gambar 2.4, yang didesain untuk ibu rumah tangga sebagai alat transportasi yang aman dan nyaman digunakan di area kompleks perumahan yang padat penduduk, serta membantu mengurangi polusi udara kendaraan bermotor. Part – part yang digunakan dalam desain sepeda listrik bie yaitu : motor listrik yang digunakan yaitu mengambil kit sepeda listrik dari china 36 volt yang dipasang di roda depan, sistem

transmisi manual menggunakan sistem transmisi tiga kecepatan memakai internal hub Shimano Nexus, dan sistem transmisi elektrik yang digunakan adalah sistem pedal Assist Sistem.



Gambar 2.4 Sepeda listrik Bie (Sodiq dkk, 2015)

Menurut Setyono, dkk (2016) melakukan penelitian tentang perancangan dan analisis kekuatan *frame* sepeda hybrid “trisona” menggunakan software autodesk inventor. Perancangan sepeda listrik dapat dilakukan melalui perhitungan manual atau menggunakan alat bantu simulasi. Setyono, dkk (2016) merancang dengan frame berukuran panjang 1200 mm, lebar 180 mm, dan tinggi 618 mm serta pemberian beban bervariasi dari 0 – 95 kg mendapatkan hasil dengan simulasi bahwa nilai faktor keamanan terbesar dihasilkan pada pembebanan 0 kg (8,93) dan terkecil pada pembebanan 95 kg (1,99). Sedangkan pembebanan 95 kg, konstruksi sepeda dinyatakan tidak aman pada lokasi sambungan *down tube* dan *head tube*.

Berdasarkan tinjauan pustaka diatas dapat disimpulkan bahwa dalam perancangan sebuah kendaraan perlu diperhatikan sifat yang menentukan kualitas barang agar sebuah konstruksi pada rangka dapat kokoh dan perlu memperhatikan penempatan mesin penggerak yang efisien supaya kendaraan lebih seimbang, dan ergonomi. Untuk konsep desain dapat menggunakan konsep DFM dimana telah dilakukan oleh Kritish dkk.(2016). Untuk Pemilihan konsep rangka yang efisien supaya pada saat proses pembuatan tidak memerlukan waktu yang panjang karena tingkat kerumitan yang lebih, dapat menggunakan konsep desain rangka yang telah dilakukan oleh bruin (2014) dengan memodifikasi sistem transmisi dan mesin

penggeraknya berada pada sumbu sepeda. Mesin penggerak sepeda didesain berada pada sumbu sepeda supaya bobot mesin pada sepeda tidak mengganggu keseimbangan pada saat mengendarainya dan sepeda menjadi seimbang, efisien dan ergonomi. Untuk komponen – komponen penggerakannya dan transmisi yang paling cocok dipakai seperti sepeda listrik bie yang telah dilakukan oleh Sodiq dkk.(2015) dikarenakan part – part nya mudah didapat di pasaran di Indonesia sehingga untuk perawatan kendaraan tersebut mudah dan harga relatif murah.

2.2 Perancangan

Banyak literature yang telah mencoba menjabarkan tentang perancangan dan bagaimana definisi tentang perancangan itu sendiri, perancangan (*design*) merupakan suatu kegiatan atau rekayasa rancang bangun yang dimulai dari ide-ide inovasi desain, atau kemampuan untuk menghasilkan karya dan cipta yang benar-benar dapat menjabarkan permintaan pasar karena adanya penelitian dan pengembangan teknologi (Prasetyowibowo, 2000).

Definisi desain menurut kamus umumnya adalah membuat suatu rencana (*to fashion after plan*). Selanjutnya adalah kombinasi definisi baik untuk proses maupun praktisnya yang diambil dari institusi Inggris *Institution of Engineering Designers* dan organisasi dosen desain teknik, SEED Ltd. Desain teknik adalah seluruh aktivitas untuk membangun dan mendefinisikan berbagai solusi bagi masalah-masalah yang ada, yang tidak dapat dipecahkan sebelumnya atau solusi baru bagi berbagai masalah yang sebelumnya telah dipecahkan tetapi dengan cara berbeda. Aktivitas desain belum bisa dikatakan selesai sebelum hasil akhir produk dapat dipergunakan dengan tingkat performa yang dapat diterima dan dengan metode kerja yang terdefinisi dengan jelas. Fase-fase dalam perancangan dan pengembangan produk antara lain : (1) Fase Perencanaan (2) Fase Pengembangan Konsep (3) Fase Perancangan Tingkat Sistem (4) Fase Perancangan Detail (5) Fase Pengujian dan Perbaikan (6) Fase Produksi.

Dalam perencanaan kali ini perancangan yang akan digunakan pada proses perancangan sepeda *Helicle* dengan menggunakan bantuan software autodesk inventor 2016 yang didasari dengan teori – teori dan perhitungan struktur frame, analisa pembebanan, dan sistem transmisi.

2.2.1. Software Autodesk Inventor

Autodesk Inventor merupakan sebuah program CAD (Computer Aided Design) dengan kemampuan pemodelan tiga dimensi solid untuk proses pembuatan objek prototipe 3D secara visual, simulasi dan drafting beserta dokumentasi data-datanya. Dalam Inventor, seorang desainer bisa membuat sketsa 2D produk, memodelkannya menjadi 3D untuk dilanjutkan dengan proses pembuatan prototipe visual atau bahkan yang lebih kompleks lagi, yaitu simulasi. Autodesk Inventor, yang dikembangkan oleh perusahaan perangkat lunak yang berbasis di AS Autodesk, adalah merupakan perangkat lunak CAD mekanik desain 3D untuk membuat prototipe digital 3D yang digunakan dalam desain, visualisasi dan simulasi produk. Hingga saat ini *Autodesk Inventor* bersaing langsung dengan *Solid Works* dan *Solid Edge* (Waguespack, 2013).

2.2.1.1. Analisis Struktur pada Autodesk Inventor

1. Stress Analysis

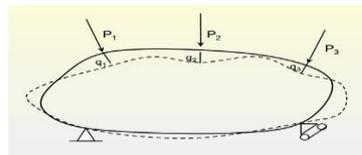
Stress Analysis merupakan salah satu alat pengujian struktur pada Autodesk Inventor yang dilakukan dengan menerapkan konsep *Finite Element Analysis* (FEA). Cara kerjanya adalah dengan memecah suatu objek struktur yang akan diuji menjadi elemen – elemen berhingga yang saling terhubung satu sama lain yang akan dikelola dengan perhitungan khusus oleh *software*, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat (Waguespack, 2013).

2. Frame Analysis

Selain *Stress Analysis*, pada *Autodesk Inventor* juga terdapat alat pengujian struktur yang lain, yaitu *Frame Analysis*. Konsep dari pengujian ini adalah dengan menerapkan ilmu mekanika teknik yaitu berkaitan dengan struktur *truss*, *beam*, dan *frame*. Input data berupa

beban (terpusat dan merata) dan tumpuan (jepit, roll dan engsel), sedangkan outputnya berupa diagram tegangan, regangan dan *displacement* (Waguespack, 2013).

3. Prinsip Superposisi



Gambar 2.5 Displacement pada prinsip superposisi (Waguespack dkk, 2013)

Sebuah obyek atau struktur dikenai, katakanlah, tiga buah gaya P_1 , P_2 , dan P_3 . Pada lokasi dan arah yang sama dengan tiga gaya tsb, terjadilah *displacement* pada komponen sebesar q_1 , q_2 , dan q_3 . Menurut prinsip superposisi, *displacement* yang terjadi bisa ditulis sebagai : (Waguespack, 2013)

$$\begin{aligned} q_1 &= f_{11} P_1 + f_{12} P_2 + f_{13} P_3 \\ q_2 &= f_{21} P_1 + f_{22} P_2 + f_{23} P_3 \\ q_3 &= f_{31} P_1 + f_{32} P_2 + f_{33} P_3 \end{aligned}$$

yang secara ringkas dapat ditulis sebagai :

$$\{q\} = [f] \cdot \{P\}$$

dimana :

$$\{q\} = \begin{Bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{Bmatrix} \quad \{f\} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} \\ f_{31} & f_{32} & f_{33} \end{bmatrix} \quad \{P\} = \begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{Bmatrix}$$

Dengan f_{ij} adalah koefisien fleksibilitas yang mendefinisikan displacement di i karena satu unit beban yang bekerja di j , dan matrik $[f]$ disebut sebagai matrik fleksibilitas. Persamaan diatas dapat pula ditulis sebagai : (Waguespack, 2013)

$$\{P\} = [K] \cdot \{q\}$$

dimana :

$$[K] = [f]^{-1}$$

2.3. 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 hybrid, 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.

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 Kementrian

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).

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.

2.3.1. Komponen - Komponen Sepeda Listrik

Sepeda merupakan kendaraan beroda dua atau tiga yang mempunyai setang, tempat duduk, dan sepasang pengayuh yang digerakkan kaki untuk menjalankannya. Seiring berjalannya dan berkembangnya zaman terciptalah sepeda elektrik (menggabungkan gabungan antara tenaga manusia dan daya motor listrik). Komponen yang ada pada sepeda elektrik hampir sama terhadap komponen sepeda biasa pada umumnya, namun ada beberapa penambahan komponen terhadap sepeda elektrik yang nantinya akan dipasang pada sepeda sebagai penggerak.

1. Motor Listrik

Motor listrik merupakan salah satu alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor Listrik berfungsi sebagai alat konversi energi, merubah energi listrik menjadi energi mekanik begitu juga sebaliknya dalam bentuk torsi dan putaran poros. Motor listrik juga 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.

2. Accumulator (Aki)

Baterai adalah suatu kimia listrik dimana energi listrik diubah menjadi energi kimia yang kemudian diubah kembali menjadi energi listrik bila diperlukan. Bila energi listrik diubah menjadi energi kimia berarti baterai sedang diisi (*charge*) dan jika diubah dari energi kimia menjadi listrik berarti baterai sedang mengeluarkan isi (*discharge*).

3. Sistem Kemudi

Sistem kemudi adalah salah satu sistem yang terdapat pada kendaraan yang berfungsi untuk merubah arah kendaraan dan laju kendaraan dengan cara menggerakkan atau membelokkan roda – roda depan kendaraan dan menjaga agar posisi suatu kendaraan tetap stabil.

4. Kontroller

Kontroler merupakan alat pengendali dari sebuah sepeda listrik. Kontroler berfungsi untuk mengatur penyaluran arus dan tegangan dari baterai ke motor listrik.

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.

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.

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.

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.

9. Pemindah Gigi Transmisi

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

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.

2.4. Dasar Teori

2.4.1. Rangka Sepeda (*Frame*)

Rangka sepeda berguna sebagai penyangga utama menjadi tempat berpusatnya semua resultan gaya dari semua komponen. Pada kondisi jalan yang rata gaya reaksi didefinisikan sebagai beban minimum, sedangkan pada kondisi jalan yang bergelombang atau sedang terjadi benturan kondisi beban didefinisikan sebagai beban maksimum. Kondisi pembebanan seperti ini berlangsung secara berulang, hingga material rangka sepeda mengalami kelelahan (*fatigue*) kemudian terjadi kegagalan (*failure*).

Kegagalan yang disebabkan kelelahan material sangat membahayakan, karena kelelahan mengakibatkan patah yang terjadi tanpa diawali deformasi pada material tersebut. Beberapa hal yang menyebabkan kelelahan terjadi

labih cepat, yaitu beban maksimum yang cukup tinggi, variasi atau fluktuasi tegangan yang cukup besar. Selain itu variabel lain yang menyebabkan terlalu cepatnya terjadi kelelahan seperti konsentrasi tegangan, korosi, suhu, tegangan sisa dan geometri pada rangka itu sendiri. Namun pada kondisi sebenarnya bentuk geometri dari rangka sepeda sangatlah penting, karena geometri sepeda menentukan kenyamanan dari sepeda itu sendiri. Sehingga untuk melakukan optimasi *fatigue* dari rangka sepeda tidak bisa dilakukan dengan mengubah geometri. Optimasi hanya dapat dilakukan dengan optimasi pada daerah terjadinya tegangan kritis pada rangka sepeda.

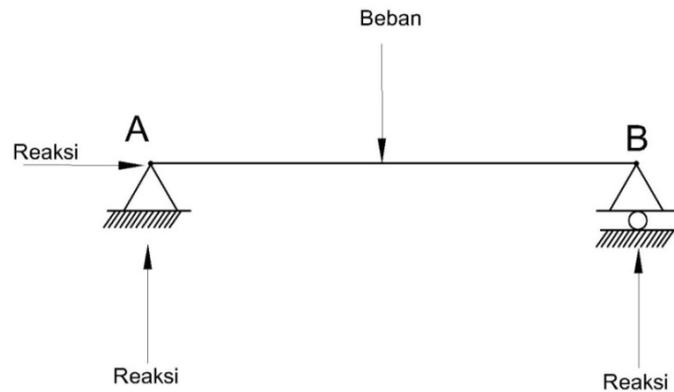
(sumber : <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-11046-Paper.pdf>)

2.4.2. Statika

Statika adalah ilmu tentang kesetimbangan benda yang mempelajari tentang cara – cara untuk menganalisis suatu sistem struktur baik berupa struktur balok menerus, rangka batang, maupun struktur portal. Dalam statika keberadaan gaya-gaya yang mempengaruhi sistem menjadi suatu obyek tinjauan utama. Sedangkan dalam perhitungan kekuatan rangka, gaya-gaya yang diperhitungkan adalah gaya luar dan gaya dalam. Jenis beban dapat dibagi menjadi :

1. Beban dinamis adalah beban yang besar atau arahnya berubah terhadap waktu.
2. Beban statis adalah beban yang besar atau arahnya tidak berubah terhadap waktu.
3. Beban terpusat adalah beban yang bekerja pada suatu titik.
4. Beban terbagi adalah beban yang terbagi merata sama pada setiap satuan luas.
5. Beban momen adalah hasil gaya dengan jarak antara gaya dengan titik yang ditinjau.
6. Beban torsi adalah beban akibat puntiran.

Pada gambar 2.6 terlihat sebuah batang yang ditumpu oleh tumpuan sendi dan tumpuan rol, dimana batang tersebut dikenakan sebuah beban terpusat.



Gambar 2.6 Prinsip statika keseimbangan (Meriem & Kraige, 1996)

2.4.2.1. Gaya

Suatu konstruksi bertugas mendukung gaya-gaya luar yang bekerja padanya yang kita sebut sebagai beban. Konstruksi harus ditumpu dan diletakkan pada peletakan-peletakan tertentu agar dapat memenuhi tugasnya yaitu menjaga keadaan konstruksi yang seimbang. Suatu konstruksi dikatakan seimbang bila resultan gaya yang bekerja pada konstruksi tersebut sama dengan nol atau dengan kata lain $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$, $\sum F_z = 0$, dan $\sum M = 0$.

Gaya adalah sesuatu yang menyebabkan suatu benda dari keadaan diam menjadi bergerak atau sebaliknya. Dalam ilmu statika berlaku hukum (Aksi = Reaksi), gaya dalam statika kemudian dikenal dibedakan menjadi :

1. Gaya Luar

Gaya luar adalah gaya yang diakibatkan oleh beban yang berasal dari luar sistem yang pada umumnya menciptakan kestabilan konstruksi. Sedangkan beban adalah beratnya beban atau barang yang didukung oleh suatu konstruksi atau bangunan beban dan dapat dibedakan menjadi beberapa macam yaitu :

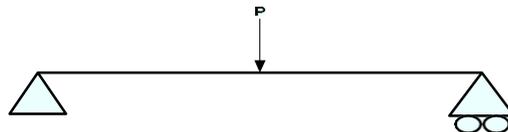
- a. Beban mati yaitu beban yang sudah tidak bisa dipindah-pindah, Seperti dinding, penutup lantai dll.
- b. Beban sementara yaitu beban yang masih bisa dipindah-pindahkan, ataupun beban yang dapat berjalan seperti beban orang, mobil (kendaraan), kereta dll.

- c. Beban terbagi rata yaitu beban yang secara merata membebani struktur. Beban dapat dibedakan menjadi beban segi empat dan beban segitiga.
 - d. Beban titik terpusat adalah beban yang membebani pada suatu titik.
 - e. Beban berjalan adalah beban yang bisa berjalan atau dipindah - pindahkan baik itu beban merata, titik, atau kombinasi antar keduanya.
2. Gaya Dalam

Akibat adanya gaya luar yang bekerja, maka bahan memberikan perlawanan sehingga timbul gaya dalam yang menyebabkan terjadinya deformasi atau perubahan bentuk. Agar suatu struktur tidak hancur atau runtuh maka besarnya gaya akan bergantung pada struktur gaya luar, yaitu:

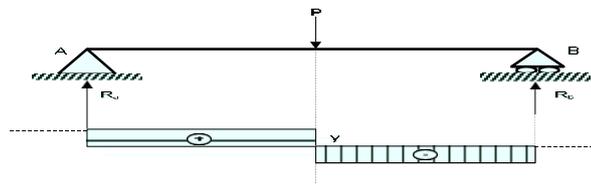
3. Gaya geser (*Shearing Force Diagram*)

Gaya geser merupakan gaya dalam yang terjadi akibat adanya beban yang arah garis kerjanya tegak lurus pada sumbu batang yang ditinjau seperti tampak pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Sketsa prinsip statika kesetimbangan (Popov, 1991)

Gaya bidang lintang ditunjukkan dengan SFD (*shearing force diagram*), dimana penentuan tanda pada SFD berupa tanda negatif (-) atau positif (+) bergantung dari arah gaya.

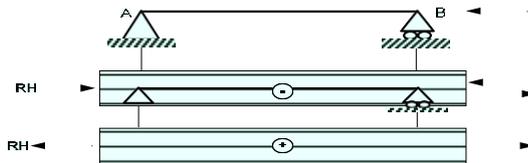


Gambar 2.8 Sketsa *shearing force diagram* (Popov, 1991)

4. Gaya Nornal (*Normal Force*)

Gaya normal merupakan gaya dalam yang terjadi akibat adanya beban

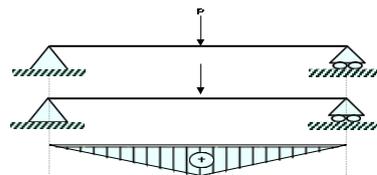
yang arah garis kerjanya searah (//) sumbu batang yang ditinjau agar batang tetap utuh, maka gaya dalam sama dengan gaya luar. Pada gambar 2.9 nampak bahwa tanda (-) negative yaitu batang tertekan, sedang bertanda (+) batang tertarik.



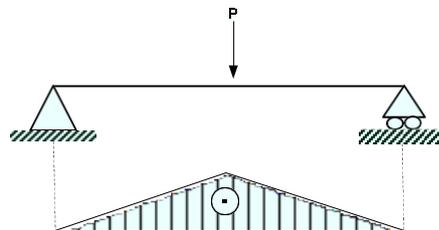
Gambar 2.9 Sketsa *normal force* (Popov, 1991)

5. Momen

Momen adalah gaya yang bekerja dikalikan dengan panjang lengan yang terjadi akibat adanya beban yang terjadi pada struktur tersebut



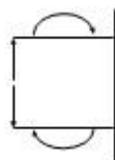
Gambar 2.10 Sketsa *moment bending* (Popov, 1991)



Gambar 2.11 Landasan sketsa *moment bending* (Popov, 1991)

Dalam sebuah perhitungan gaya dalam momen memiliki kesepakatan yang senantiasa dipenuhi yaitu pada arah tinjauan, diantaranya:

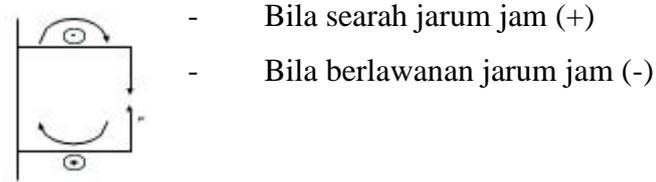
- Ditinjau dari arah kanan



- Bila searah jarum jam (+)
- Bila berlawanan jarum jam (-)

Gambar 2.12 Landasan arah kanan. (Popov, 1991)

- Ditinjau dari arah kiri



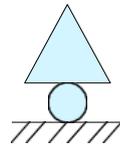
Gambar 2.13 Landasan arah kiri. (Popov, 1991)

2.4.2.2. Tumpuan

Dalam ilmu statika, tumpuan dibagi atas (Popov, 1991):

1. Tumpuan Rol

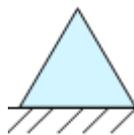
Yaitu tumpuan yang dapat meneruskan gaya desak yang tegak lurus bidang peletakannya. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Tumpuan rol (Popov, 1991)

2. Tumpuan Sendi

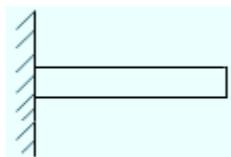
Tumpuan yang dapat meneruskan gaya tarik dan desak tetapi arahnya selalu menurut sumbu batang sehingga batang tumpuan hanya memiliki satu gaya. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Tumpuan sendi (Popov, 1991)

3. Tumpuan Jepit

Jepitan adalah tumpuan yang dapat meneruskan segala gaya dan momen sehingga dapat mendukung H, V dan M yang berarti mempunyai tiga gaya. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 Tumpuan jepit (Popov, 1991)

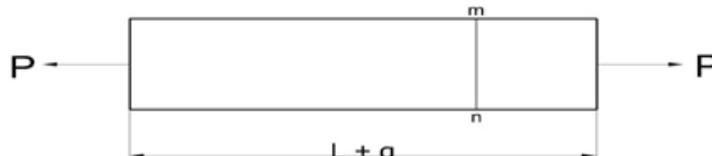
2.4.3. Tegangan Normal

Konsep paling dasar dalam mekanika kekuatan bahan adalah tegangan dan regangan. Konsep ini dapat diilustrasikan dalam bentuk yang paling mendasar dengan meninjau sebuah batang yang mengalami gaya aksial. Gaya aksial adalah beban yang mempunyai sama arah dengan sumbu elemen sehingga mengakibatkan terjadinya tegangan tarik atau tekan pada suatu batang seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Sebuah batang yang mengalami pembebanan tarik sebesar P
(Meriem & Kraige, 1996)

Gambar 2.18 merupakan gambar sebuah batang dengan penampang b dan diberikan pembebanan tarik sebesar P. Batang tersebut merupakan elemen prismatic yang mendapat tarikan.



Gambar 2.18 Sebuah batang yang sudah diberikan pembebanan
(Meriem & Kraige, 1996)

Dengan mengasumsikan tegangan rata diseluruh permukaan potongan mn , sedangkan gaya terdistribusi kontinyu bekerja pada seluruh penampang (Gambar 2.18). Intensitas gaya (yaitu gaya per satuan luas) disebut dengan tegangan dan diberi notasi σ . Dengan demikian persamaan untuk tegangan adalah (Meriem & Kraige, 1996) :

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana :

σ = tegangan yang terjadi

P = gaya yang diberikan

A = luas penampang

Persamaan ini memberikan intensitas tegangan merata pada batang prismatik yang dibebani secara aksial dengan penampang yang sembarang. Apabila batang ini ditarik dengan gaya P , maka tegangannya adalah tegangan tarik (*tensile stress*), apabila gayanya mempunyai arah yang sebaliknya, sehingga batang tersebut mengalami tekan, maka terjadi tegangan tekan (*compressive stress*) (Meriem & Kraige, 1996).

2.4.4. Rangka Batang Sederhana

Struktur yang dibentuk dari sebuah segitiga dasar dikenal sebagai rangka batang sederhana. Jika terdapat jumlah batang lebih banyak dari yang diperlukan untuk mencegah agar struktur tidak runtuh, maka rangka batang tersebut menjadi statis tak tentu. Artinya adalah rangka batang tersebut tidak dapat dianalisa hanya dengan menggunakan persamaan-persamaan keseimbangan statis saja. Rangka batang disebut statis tertentu, jika dapat dianalisa dengan hanya memakai persamaan-persamaan keseimbangan statika saja.

Stabilitas dari sebuah rangka batang juga tergantung pada kondisi tumpuan yang tersedia. Secara umum kita dapat menyatakan bahwa stabilitas dari struktur harus ditumpu oleh sekurang-kurangnya 3 (tiga) gaya reaksi, semuanya tidak boleh paralel ataupun konkuren (melalui satu titik). Untuk rangka batang bidang, gaya-gaya yang bekerja pada titik-titik simpul adalah gaya batang, gaya-gaya luar dan gaya reaksi.

Tujuan menganalisa struktur rangka adalah untuk menghitung gaya-gaya yang terjadi dalam batang-batangnya akibat suatu set gaya-gaya luar yang bekerja pada rangka batang tersebut. Karena gaya-gaya ini adalah gaya-gaya dalam, jika memandang rangka batang secara keseluruhan, untuk menganalisanya perlu membuat *free-body diagram* dari bagian-bagian rangka.

Stabilitas Rangka Batang dapat ditinjau dari :

1. Stabilitas Luar (perletakan).

2. Reaksi-reaksi perletakan tidak boleh bertemu disatu titik.

3. Stabilitas Dalam (posisi batang).

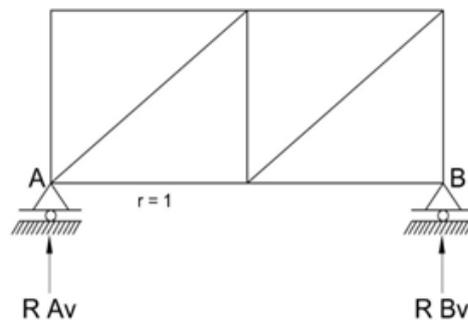
Batang-batang yang menyusun struktur harus mengikuti pola segitiga.

Untuk memenuhi sifat statis tertentu, rangka batang harus memenuhi syarat-syarat :

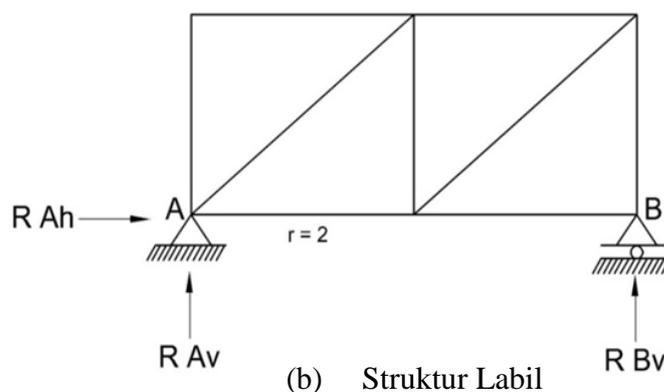
a. Statis Tertentu Luar

Persyaratan keseimbangan memberikan 3 persamaan ($\Sigma V = 0$, $\Sigma H = 0$, $\Sigma M = 0$,) sehingga gaya-gaya yang tidak diketahui (dalam hal ini reaksi) yang dapat diselesaikan sebanyak 3 ($r = 3$) seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.19.

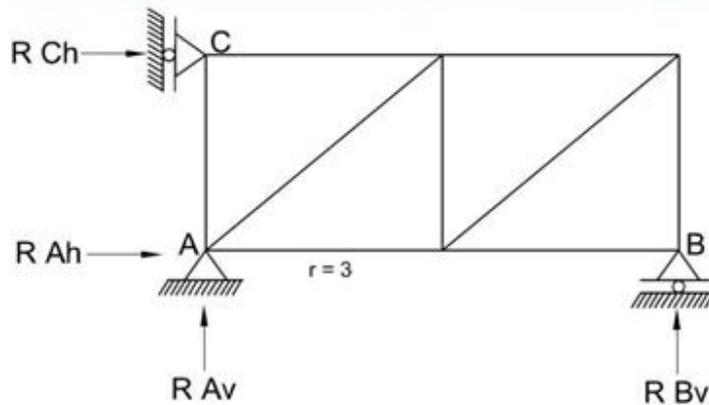
- Bila $r < 3$: struktur akan labil
- Bila $r = 3$: struktur akan stabil dan statis tertentu
- Bila $r > 3$: struktur akan stabil dan statis tak tertentu



(a) Struktur stabil statis tertentu



(b) Struktur Labil



(c) Struktur Stabil Statis Tak Tentu

Gambar 2.19 Struktur gaya luar (Meriem & Kraige, 1996)

b. Statis Tertentu Dalam

Untuk struktur rangka batang dengan jumlah titik simpul (joint) sebanyak j , jumlah batang m dan komponen reaksi tumpuan sebanyak r , maka harus dipenuhi syarat struktur stabil statis tertentu :

$$2j = m + r \quad m = 2j - r.$$

2.4.5. Metode Perhitungan Struktur Rangka Batang Sederhana

Ada 2 metode yang terkenal (Meriem & Kraige, 1996), antara lain :

1. Metode Keseimbangan Titik Simpul (*method of joints*).

Pada cara ini memperhatikan dan meninjau *free-body* dari titik-titik simpul. Prinsip dasar yang dipergunakan dalam metode titik simpul, adalah :

- a. Seluruh gaya yang bekerja pada titik simpul (gaya luar maupun gaya batang) harus memenuhi persamaan $\Sigma V = 0$ dan $\Sigma H = 0$
- b. Perhitungan gaya batang dapat dimulai dari titik simpul yang diketahui gaya luarnya (reaksinya), sedang gaya batang yang belum diketahui besarnya, maksimum 2 batang.
- c. Batang yang akan dihitung gaya batangnya dianggap mengalami tarik dan diberi nilai positif (+).
- d. Bila ditinjau dari titik simpul, maka yang dimaksud dengan :

- Batang tarik, adalah batang yang memberikan gaya dengan arah meninggalkan (menarik) titik simpul.
- Batang tekan, adalah batang yang memberikan gaya dengan arah menuju titik simpul.

Selanjutnya diselesaikan dengan menggunakan metode keseimbangan titik simpul. Gaya-gaya batang yang belum diketahui (yang akan dicari) diasumsikan dulu sebagai tarikan (batang tarik) dengan arah meninggalkan titik simpul, seperti dalam gambar *free body* menunjukkan batang tarik (\rightarrow).

2. Metode Potongan (*method of section*)

Pada cara ini kita membagi / memotong rangka batang menjadi 2 bagian, lalu meninjau *free-body* dari satu bagian yang sudah terpisah. Jika kita ingin menghitung beberapa gaya-gaya batang tertentu saja, maka lebih menguntungkan dengan memakai *method of section*. Sedangkan jika ingin menghitung semua gaya batang dari rangkabatang, lebih baik memakai *method of joint*. Prinsip dasar yang dipergunakan dalam Metode Potongan (*Method of Section*), adalah :

- 1) Seluruh gaya yang bekerja pada potongan (tinjau bagian kiri atau kanan struktur yang terpotong) harus memenuhi persamaan $\sum M_J = 0$ (titik simpul/joint diasumsikan sebagai sendi); $\sum V = 0$ dan $\sum H = 0$.
- 2) Perhitungan gaya batang tidak harus dimulai secara berurutan, tapi dapat langsung pada batang yang diinginkan.
- 3) Potongan harus melalui/memotong batang yang akan dihitung gayanya, sehingga dapat digambarkan *free body diagram*-nya.
- 4) Batang yang akan dihitung besar gaya batangnya, dianggap mengalami tarik dan diberi nilai positif (+).

2.4.6. Sistem Kemudi Kendaraan

Sistem kemudi berfungsi sebagai alat pengatur arah kendaraan dengan cara membelokkan roda bagian depan. Cara kerja sistem kemudi bila roda kemudi (*steering wheel*) diputar, maka batang kemudi (*steering column*)

akan meneruskan tenaga putar ke roda gigi kemudi (*steering gear*). *Steering gear* akan memperbesar tenaga putar ini sehingga dihasilkan momen yang lebih besar untuk diteruskan melalui sambungan-sambungan kemudi (*steering linkage*). *Steering linkage* akan meneruskan gerakan *steering gear* ke roda depan.

Sedangkan sistem kemudi dibedakan berdasarkan jumlah roda yang berbelok saat roda kemudi berputar, yaitu:

a. Sistem kemudi 2 roda

Pada sistem ini hanya menggunakan 2 roda dan pada umumnya roda depan saja yang digunakan untuk mengendalikan arah laju kendaraan.

b. Sistem kemudi 4 roda

Pada sistem ini keempat roda digunakan untuk mengendalikan arah gerakan. Roda depan berfungsi sebagai pemberi arah laju kendaraan, sedangkan roda belakang berfungsi sebagai penyetabil atau pengendali arah laju kendaraan.

2.4.7. Sistem Transmisi

Transmisi bertujuan untuk meneruskan daya dari sumber daya ke sumber daya lain, sehingga mesin pemakai daya tersebut bekerja menurut kebutuhan yang diinginkan. Adapun macam sistem transmisi diantaranya sistem transmisi roda gigi, sistem transmisi sabuk, sistem transmisi rantai dan *sprocket (chain drive)*.

Dalam ilmu perancangan mesin, sistem transmisi secara garis besar terdiri dari beberapa perencanaan komponen elemen mesin diantaranya :

1. Poros
2. Rantai (chain) dan sprocket.
3. Bantalan
4. Roda gigi.

2.4.7.1. Poros

Poros merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang berputar dimana fungsinya untuk meneruskan daya dari satu tempat ke tempat lain.

Dalam penerapannya poros dikombinasikan dengan puli, bearing, roda gigi dan elemen lainnya.

❖ Macam – macam poros menurut pembebanannya (Sularso, 2004) :

1. Poros transmisi

Poros semacam ini mendapat beban puntir murni atau puntir dan lentur. Daya yang ditransmisikan ke poros ini melalui kopling, roda gigi, puli sabuk atau sprocket rantai, dll.

2. Spindel

Poros transmisi yang relatif pendek, seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran disebut spindle. Syarat yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasinya harus kecil dan bentuk serta ukurannya harus teliti.

3. Gandar

Poros seperti yang dipasang diantara roda – roda kereta barang, dimana tidak mendapat beban puntir, bahkan kadang – kadang tidak boleh berputar, disebut gandar. Gandar ini hanya mendapat beban lentur, kecuali jika digerakkan oleh penggerak mula dimana akan mengalami beban puntir juga.

❖ Gaya yang bekerja pada poros :

1. Gaya aksial

Arah beban atau gaya mengarah sepanjang garis sumbu poros

2. Gaya radial

Arah gaya reaksi atau arah beban mengarah tegak lurus pada garis sumbu poros.

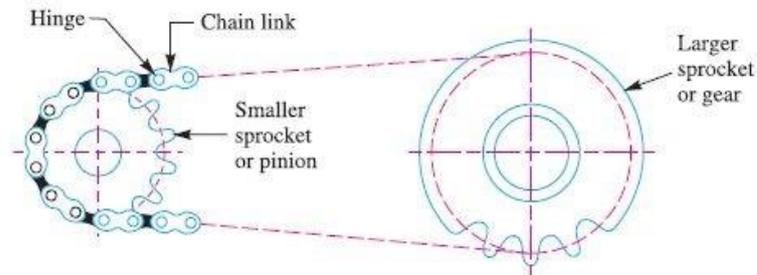
3. Gaya tangensial

Arah gaya yang bekerja tegak lurus terhadap jari – jari poros.

2.4.7.2. Rantai (chain)

Rantai sebagian besar digunakan untuk meneruskan putaran dan daya dari satu poros ke poros yang lainnya. Jarak antar poros transmisi rantai lebih besar dari transmisi roda gigi tetapi lebih pendek dari transmisi sabuk. Rantai mengait pada roda gigi (sprocket) dan meneruskan daya tanpa slip,

jadi menjamin putaran tetap sama. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.20.



Gambar 2.20 Rantai dan sprocket

(R.S. Khurmi dan J.K. Gupta, 2005)

Rantai lebih banyak digunakan untuk mentransmisikan daya dari poros satu ke poros lain ketika jarak pusat antara poros adalah pendek seperti pada sepeda, sepeda motor, mesin pertanian (traktor), konveyor, *rolling mills*, dan lain-lain. Rantai bisa juga digunakan untuk jarak pusat yang panjang hingga 8 meter. Rantai digunakan untuk kecepatan hingga 25 m/s dan untuk daya sampai 110 kW. Dalam beberapa kasus, transmisi daya yang lebih tinggi juga memungkinkan menggunakan rantai.

❖ Keuntungan:

1. Tidak slip selama rantai bergerak, di sini rasio kecepatan yang sempurna dapat dicapai.
2. Karena rantai dibuat dari logam, maka rantai menempati ruang yang kecil dalam lebar dari pada *belt*.
3. Dapat digunakan untuk jarak pusat yang pendek dan panjang.
4. Memberikan efisiensi transmisi yang tinggi (sampai 98%).
5. Memberikan beban yang kecil pada poros.
6. Mempunyai kemampuan untuk mentransmisikan gerak ke beberapa poros hanya dengan satu rantai.
7. Mentransmisikan daya yang lebih besar dibanding *belt*.
8. Rasio kecepatan yang tinggi dari 8 sampai 10 dalam satu tahap.
9. Dapat dioperasikan pada kondisi atmosfer dan temperatur yang lebih besar.

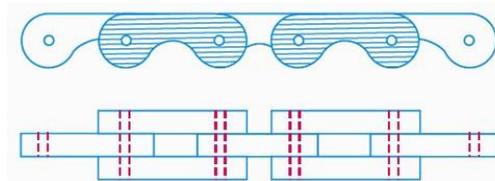
❖ Kerugian :

1. Biaya produksi rantai relatif lebih tinggi (harga lebih mahal).
2. Rantai membutuhkan pemasangan yang akurat dan perawatan yang hati-hati, pelumasan yang istimewa dan memperhatikan kelonggaran.
3. Rantai mempunyai fluktuasi kecepatan terutama ketika terlalu longgar.

❖ Jenis – jenis rantai :

1. *Block* atau *bush chain* (rantai *ring*).

Seperti pada Gambar 2.21, tipe ini menghasilkan suara berisik ketika bergesekan dengan gigi *sprocket*. Tipe ini digunakan sedemikian luas seperti rantai konveyor pada kecepatan rendah.

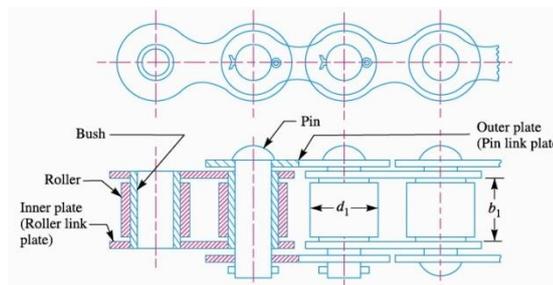


Gambar 2.21 *Block* atau *bush chain*

(R.S. Khurmi dan J.K. Gupta, 2005)

2. *Bush roller chain* (rantai *roll ring*)

Seperti pada Gambar 2.22, terdiri dari plat luar, plat dalam, pin, *bush* (ring) dan rol. Pin, *bush* dan rol dibuat dari paduan baja. Suara berisik yang ditimbulkan sangat kecil akibat impact antara rol dengan gigi *sprocket*. Rantai ini hanya memerlukan pelumasan yang sedikit.



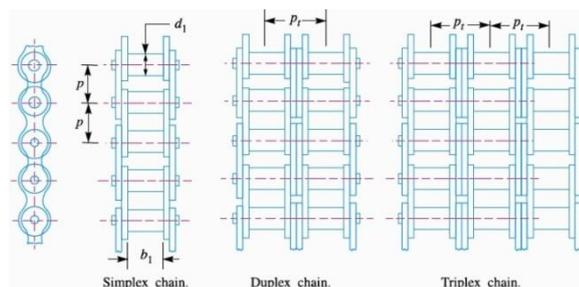
Gambar 2.22 *Bush roller chain*

(R.S. Khurmi dan J.K. Gupta, 2005)



Gambar 2.23 *Bush roller chain* pada sepeda motor
(R.S. Khurmi dan J.K. Gupta, 2005)

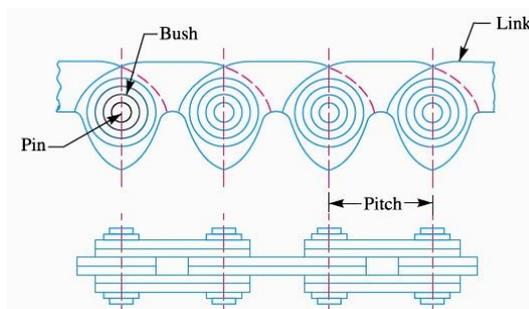
Rantai rol distandarisasi dan diproduksi berdasarkan *pitch*. Rantai ini tersedia dalam bermacam-macam deret (baris), ada *simplex chain*, *duplex chain*, dan *triplex chain*. Tipe rol chain ditunjukkan pada gambar 2.24.



Gambar 2.24 Tipe rol chain (R.S. Khurmi dan J.K. Gupta, 2005)

3. *Silent chain* (rantai sunyi)

Seperti pada Gambar 2.25, rantai ini dirancang untuk menghilangkan pengaruh buruk akibat kelonggaran dan untuk menghasilkan suara yang lembut (tak bersuara).

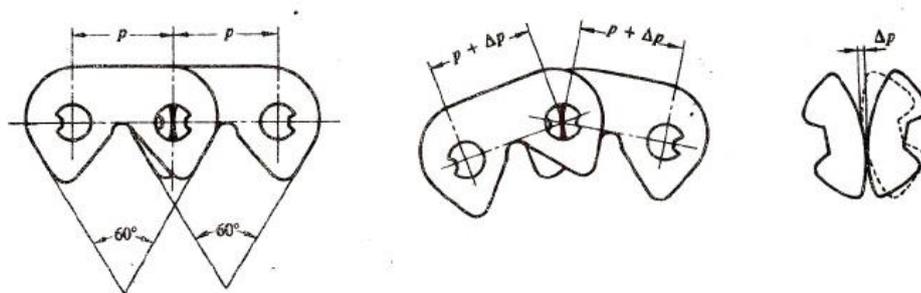


Gambar 2.25 *Silent chain* (R.S. Khurmi dan J.K. Gupta, 2005)

Rantai dalam sistem transmisi mesin dapat dibagi atas dua jenis, yaitu (Sularso, 2004) :

1. Rantai Gigi

Bagian – bagiannya terdiri dari plat – plat berprofil roda gigi dan pena yang disebut sambungan kunci. Rantai gigi merupakan elemen penerus daya yang mengait pada sprocket tanpa terjadinya slip dan menjamin putaran roda yang tetap. Rantai gigi tersusun dari plat – plat berprofil seperti roda giginya dan pena berbentuk bulan sabit yang disebut sambungan kunci.



Gambar 2.26 Roda gigi (Sularso, 2004)

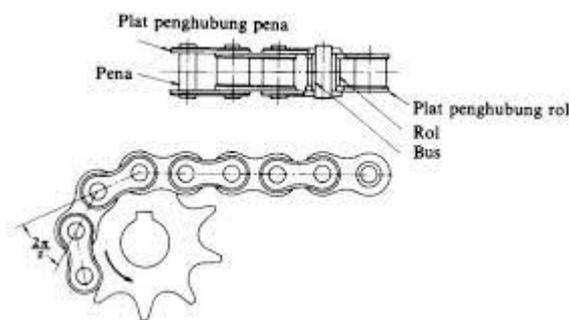
Bila kita menginginkan transmisi dengan kecepatan tinggi, yaitu lebih dari 1000m/menit, tidak berisik, dan dapat mentransmisikan daya yang besar, maka rantai gigi dapat digunakan. Namun karena pembuatannya yang sulit karena memerlukan ketelitian dan bahan atau material logam yang bervariasi menyebabkan harga rantai gigi mahal.

Ciri yang paling menonjol dari penggunaan rantai gigi adalah dengan cepat bergerak setelah mengait secara meluncur dengan *sprocket* yang berprofil involute (*evolven*), mata rantai berputar sebagai satu benda dengan *sprocket*. Hal ini membedakan dengan rantai rol, dimana bus mata rantai mengait sprocket pada dasar kaki gigi. Dengan cara kerja diatas, tumbukan pada rantai gigi jauh lebih kecil daripada rantai rol.

Karena hal seperti itu, maka dapat menyebabkan bunyi akan sangat berkurang dan tidak akan bertambah keras walaupun kecepatan bertambah tinggi. Begitu mudahnya pemasangan rantai gigi, toleransi pada saat pemasangan tidak memerlukan ketelitian yang tinggi seperti pada roda gigi.

2. Rantai Rol

Rantai rol merupakan elemen mesin yang berfungsi sebagai transmisi daya atau putaran dari mesin penggerak. Dengan keunggulan dan kekurangan rantai rol pada umumnya sama dengan penggunaan rantai gigi. Rantai rol biasanya dipergunakan dimana jarak poros lebih besar dari pada transmisi roda gigi tetapi lebih pendek dari transmisi sabuk, Rantai rol terdiri atas pena, bus, rol, dan plat mata rantai, seperti ditunjukkan pada gambar 2.27 berikut.



Gambar 2.27 Rantai rol (Sularso, 2004)

Rantai rol yang bekerja mengait dengan dua roda gigi yang terpasang antara dua poros dengan jarak tertentu. Rantai mengait pada sprocket dan meneruskan daya tanpa terjadi slip sehingga menjamin putaran yang tetap.

2.1. Material atau bahan yang digunakan

Bahan pembuatan pena, bus dan rol dipergunakan baja karbon atau baja khrom dengan pengerasan pada kulit. Sedangkan untuk bahan sprocket biasanya dipakai besi cor kelabu (FC 25), baja karbon rol konstruksi umum (SS 41), baja karbon konstruksi mesin (S 35 C), dan baja cor (SC 46), bisa juga dipakai dengan baja paduan, namun harganya lebih mahal. Bahan untuk sprocket diusahakan pengerasan pada bagian gigi sprocket dengan cara pencelupan dingin, terutama untuk sprocket dengan jumlah gigi kurang dari 24.

Kemudian untuk bahan poros yang digunakan pada transmisi rantai rol biasanya menggunakan batang baja karbon difinis dingin (SC-D), baja karbon untuk kontruksi mesin (SC), baja karbon tempa (SF), maupun baja dengan paduan, seperti baja nikel khrom (SNC), baja nikel khrom molibden

(SNCM), baja khrom (SCr), dan baja khrom molibden (SCM).

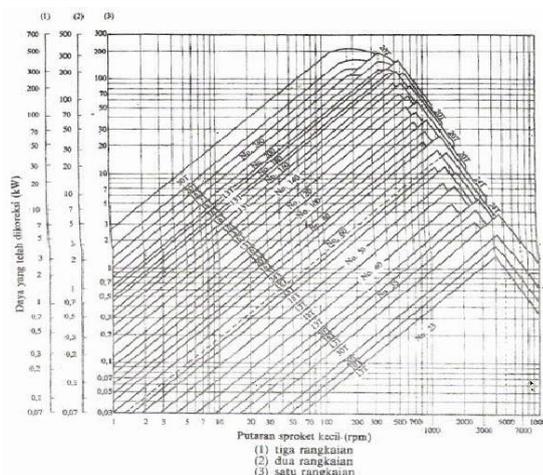
2.2. Pemilihan rantai rol

Dengan kemajuan teknologi akhir – akhir ini, kekuatan rantai semakin meningkat. Rantai dengan rangkaian tunggal adalah yang paling banyak digunakan. Rangkaian banyak, seperti dua atau lebih rangkaian digunakan untuk transmisi beban berat.

Tata cara pemilihan rantai rol dapat dilihat menurut diagram pada gambar 2.28. Daya yang akan ditransmisikan (kW), putaran poros penggerak (rpm), dan jarak sumbu poros kira – kira (mm) diberikan lebih dahulu,. Daya yang akan ditransmisikan perlu dikoreksi menurut mesin yang akan digerakkan dan penggerak mulanya. Dengan faktor koreksi dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Faktor koreksi untuk daya yang akan ditransmisikan rantai rol (f_c)
(Sularso, 2004)

Jumlah rangkaian	Faktor
2	1,7
3	2,5
4	3,3
5	3,9
6	4,6



Gambar 2.28 Diagram pemilihan rantai rol (Sularso, 2004)

2.4.7.3. *Bearing* (Bantalan)

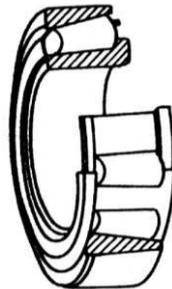
Bantalan (*Bearing*) merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan penting karena fungsi dari bantalan yaitu menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros dan elemen mesin yang lainnya berfungsi dengan baik.

❖ Macam – Macam Bearing

I. Jenis – jenis bantalan luncur

i. Bantalan luncur aksial

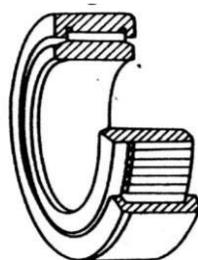
Bantalan ini menghantarkan poros engkol menerima gaya aksial yaitu terutama pada saat terjadi melepas / menghubungkan pelat saat mobil berjalan konstruksi *bearing* ini juga terbagi menjadi dua dan dipasang pada poros jurnal bagian tengah *pullet*. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.29.



Gambar 2.29 Bantalan luncur aksial (Suga, Kiyukatsu, 2004)

ii. Bantalan khusus

Yaitu kombinasi antara bantalan luncur radial dan aksial. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.30.



Gambar 2.30 Bantalan khusus (Suga, Kiyukatsu, 2004)

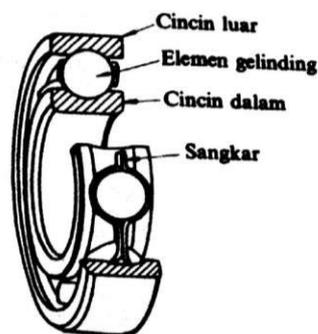
iii. Bantalan gelinding (*roller bearing*)

Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola *roll*

- Jenis – Jenis Bantalan Gelinding :

- a. Bantalan bola radial alur dalam baris tunggal

Berdasarkan konstruksinya, jenis ini ideal untuk beban radial. Bearing ini biasanya dipasangkan dengan bearing lain, baik itu dipasang secara paralel maupun bertolak belakang, sehingga mampu juga untuk menahan beban aksial. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.31.



Gambar 2.31 Bantalan bola radial alur dalam baris tunggal

(Suga, Kiyukatsu, 2004)

- b. Bantalan alur dalam garis ganda

Jenis ini mempunyai dua baris bola, masing-masing baris mempunyai alur sendiri-sendiri pada cincin bagian dalamnya. Pada umumnya terdapat alur bola pada cincin luarnya. Cincin bagian dalamnya mampu bergerak sendiri untuk menyesuaikan posisinya. Inilah kelebihan dari jenis ini, yaitu dapat mengatasi masalah poros yang kurang sebaris. Contoh bantalan alur dalam garis ganda ditunjukkan pada gambar 2.32.

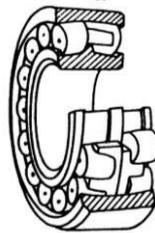


Gambar 2.32 Bantalan alur dalam garis ganda (Suga, Kiyukatsu, 2004)

c. Bantalan rol silinder ganda

Bearing ini mempunyai dua baris elemen roller yang pada umumnya mempunyai alur berbentuk silinder. Jenis ini memiliki kapasitas beban radial yang besar sehingga ideal untuk menahan beban kejut.

Gambar 2.33 menunjukkan bantalan rol silinder ganda.



Gambar 2.33 Bantalan rol silinder ganda (Suga, Kiyukatsu, 2004)

d. Bantalan rol silinder baris tunggal

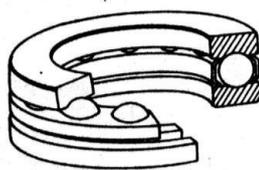
Jenis ini mempunyai dua alur pada satu cincin yang biasanya terpisah, seperti ditunjukkan pada gambar 2.34.



Gambar 2.34 Bantalan rol silinder baris tunggal (Suga, Kiyukatsu, 2004)

e. Bantalan bola aksial satu arah

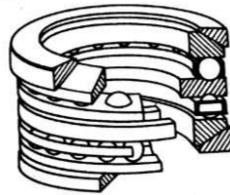
Bearing jenis ini hanya cocok untuk menahan beban aksila dalam satu arah saja. Elemenya dapat dipisahkan sehingga mudah melakukan pemasangan. Beban aksial minimum yang dapat ditahan tergantung dari kecepatannya. Jenis ini sangat sensitif terhadap ketidaksebarisan (*misalignment*) poros terhadap rumahnya, seperti ditunjukkan pada gambar 2.35.



Gambar 2.35 Bantalan bola aksial satu arah (Suga, Kiyukatsu, 2004)

f. Bantalan bola aksial ganda

Bearing jenis ini hanya cocok untuk menahan beban aksial dalam satu arah saja. Elemenya dapat dipisahkan sehingga mudah melakukan pemasangan. Beban aksial minimum yang dapat ditahan tergantung dari kecepatannya. Jenis ini sangat sensitif terhadap ketidaksebarisan (*misalignment*) poros terhadap rumahnya, seperti ditunjukkan pada gambar 2.36.

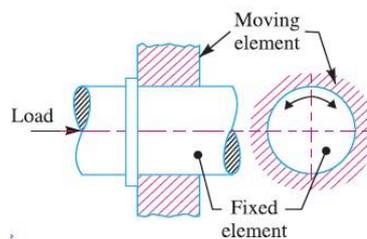


Gambar 2.36 Bantalan bola aksial ganda (Suga, Kiyukatsu, 2004)

II. Berdasarkan Arah Beban Terhadap Poros

a. Bantalan radial

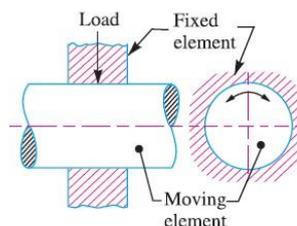
Arah beban yang ditumpu oleh bantalan adalah tegak lurus dengan sumbu poros. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.37.



Gambar 2.37 Bantalan radial (R.S. Khurmi dan J.K. Gupta, 2005)

b. Bantalan aksial

Arah beban yang ditumpu oleh bantalan ini adalah sejajar dengan sumbu poros. Gambar 2.38 menunjukkan bantalan aksial.



Gambar 2.38 Bantalan aksial (R.S. Khurmi dan J.K. Gupta, 2005)

2.4.7.4. Roda Gigi

Roda gesek adalah dua buah roda berbentuk silinder atau kerucut yang saling bersinggungan pada kelilingnya salah satu diputar maka yang lain akan ikut berputar pula.

Guna mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat tidak dapat dilakukan dengan roda gesek. Untuk ini, kedua roda tersebut harus dibuat bergigi pada kelilingnya sehingga penerusan daya dilakukan oleh gigi – gigi kedua roda yang saling berkait. Roda bergigi semacam ini, yang dapat berbentuk silinder atau kerucut disebut roda gigi. (Sularso, 2004)

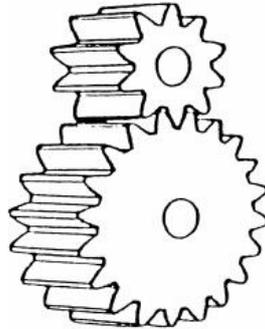
❖ Klasifikasi roda gigi (Sularso, 2004) :

Roda gigi diklasifikasikan seperti terlihat dalam tabel 2.2, menurut poros, arah putaran, dan bentuk jalur gigi.

Tabel 2.2. Klasifikasi roda gigi (Sularso, 2004)

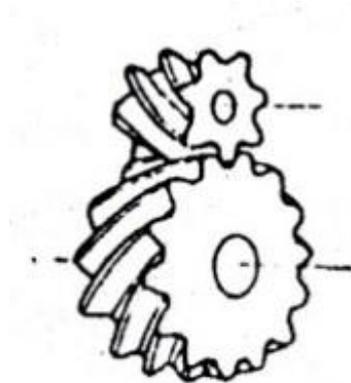
Letak poros	Roda gigi	Keterangan
Roda gigi dengan poros sejajar	Roda gigi lurus, (a)	(Klasifikasi atas dasar bentuk alur gigi)
	Roda gigi miring, (b)	
	Roda gigi miring ganda, (c)	
	Roda gigi luar	Arah putaran berlawanan
	Roda gigi dalam dan pinyon, (d)	Arah putaran sama
	Batang gigi dan pinyon, (e)	Gerakan lurus dan berputar
Roda gigi dengan poros berpotongan	Roda gigi kerucut lurus,	(Klasifikasi atas dasar bentuk jalur gigi)
	Roda gigi kerucut spiral,	
	Roda gigi kerucut ZEROL	
	Roda gigi kerucut miring	
	Roda gigi kerucut miring ganda	
	Roda gigi permukaan dengan poros berpotongan	(Roda gigi dengan poros berpotongan berbentuk istimewa)
Roda gigi dengan poros silang	Roda gigi miring silang,	Kontak titik
	Batang gigi miring silang	Gerakan lurus dan berputar
	Roda gigi cacing silindris,	
	Roda gigi cacing selubung ganda (globoid),	
	Roda gigi cacing samping	
	Roda gigi hiperboloid	
	Roda gigi hipoid,	
Roda gigi permukaan silang		

- a. Roda gigi lurus merupakan roda gigi paling dasar dengan jalur gigi yang sejajar poros. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.39.



Gambar 2.39 Roda gigi lurus (Sularso, 2004)

- b. Roda gigi miring, Mempunyai jalur gigi yang membentuk ulir pada silinder jarak bagi. Pada roda gigi miring ini, jumlah pasangan gigi yang saling membuat kontak serentak disebut perbandingan kontak. Perbandingan kontak adalah lebih besar dari pada roda gigi lurus, sehingga pemindahan momen atau putaran melalui gigi – gigi tersebut dapat berlangsung dengan halus, seperti ditunjukkan pada gambar 2.40.



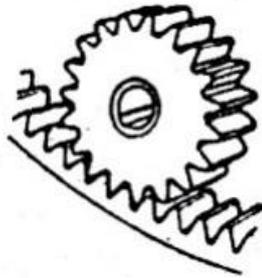
Gambar 2.40 Roda gigi miring (Sularso, 2004)

- c. Roda gigi miring ganda. Dalam hal roda gigi miring ganda gaya aksial yang timbul pada gigi yang mempunyai alur berbentuk V tersebut, akan saling meniadakan. Dengan roda gigi ini, perbandingan reduksi, kecepatan keliling, dan daya yang diteruskan dapat diperbesar, tetapi pembuatannya sukar. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.41.



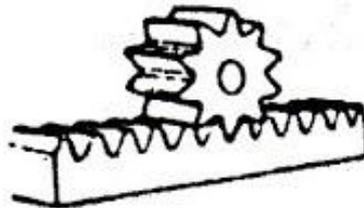
Gambar 2.41 Roda gigi miring ganda (Sularso, 2004)

- d. Roda gigi dalam dan pinyon. Roda gigi ini dipakai jika diinginkan alat transmisi dengan ukuran kecil dengan perbandingan reduksi besar, karena pinyon terletak di dalam roda gigi. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.42.



Gambar 2.42 Roda gigi dalam (Sularso, 2004)

- e. Batang gigi dan pinyon. Batang gigi merupakan dasar profil pahat pembuat gigi. Pasangan antara batang gigi dan pinyon dipergunakan untuk merubah gerakan putar menjadi lurus atau sebaliknya. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.43.



Gambar 2.43 Pinyon dan batang gigi (Sularso, 2004)

Pada penelitian ini akan menggunakan roda gigi lurus yang akan diaplikasikan pada sepeda helicle, dikarenakan sesuai letak poros yaitu roda

gigi dengan poros sejajar. Roda gigi dengan poros sejajar adalah roda gigi dimana giginya berjajar pada dua bidang silinder atau disebut bidang jarak bagi, kedua bidang silinder tersebut bersinggungan dan yang satu menggelinding pada yang lain dengan sumbu tetap sejajar.

2.4.8. Material

2.4.8.1. Besi Hollow

Pada dasarnya besi hollow adalah besi berongga seperti pipa yang berbentuk kotak atau disebut juga SHS (*Square Hollow Section*) dan besi hollow yang berbentuk panjang disebut RHS (*Rectangular Hollow Section*) (Pratama, 2017). Besi hollow pada umumnya digunakan untuk konstruksi bangunan karena jenis material tersebut lebih ringan dan sederhana, biasanya besi hollow terbuat dari material carbon steel atau stainless steel. Bentuk besi hollow dapat dilihat pada Gambar 2.44.



Gambar 2.44 Besi hollow (<http://cekhargabahan.com>)

2.4.8.2. Besi Siku

Pada umumnya besi siku adalah besi yang berukuran panjang sekitar 6 meter dengan berbentuk siku atau besi yang memiliki sudut 90 derajat. Biasanya besi siku digunakan untuk pembuatan konstruksi tangga, tower air, dan konstruksi lainnya. Karakteristik besi ini memiliki profil yang kokoh dan tahan lama sehingga sangat cocok untuk keperluan konstruksi dengan jangka panjang. (<http://histeel.co.id/profil-baja/siku/siku-50-x-50-polos> diakses pada 14 Oktober 2018 jam 03.00 AM) Bentuk besi siku bisa dilihat pada Gambar 2.45.



Gambar 2.45 Besi siku (<http://infohargamaterial.com>)

2.4.8.3. Pipa Baja

Fungsi pipa digunakan untuk mengalirkan atau mendistribusikan air, gas atau bahan kimia lainnya yang memiliki karakteristik cair ke arah yang dituju. Bentuk dari pipa baja yaitu baja yang berukuran panjang yang memiliki lubang dibagian tengah dengan diameter dan bentuk yang berbeda-beda. Terkadang pipa baja juga digunakan untuk pembuatan konstruksi karena karakteristik material ini sangat kokoh dan daya tahan yang lebih baik dari pipa lainnya. (<http://libratama.com/mengenal-pipa-baja-dalam-industri/> diakses pada 14 Oktober 2018 jam 03.00 AM). Pada Gambar 2.46. dibawah ini adalah bentuk pipa baja.



Gambar 2.46 Pipa baja (<https://isibangunan.com>)