

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Pengertian Umum Kendaraan Listrik

Mobil Listrik dikenal dalam istilah *Electric road vehicles* yang di Amerika dikembangkan menjadi dua (2) jenis, diantaranya ; *Zero Emission Vehicles* (ZEV) dan *Low Emission Vehicles* (LEV). Mobil listrik yang di kategorikan menjadi *Zero Emission Vehicles* adalah Mobil Baterai (*Battery Operate*) dan *Mobil Fuel cell*. Sedangkan yang dikategorikan menjadi LEV adalah mobil yang sistem penggerakannya memadukan antara *convensional engine* dengan motor listrik (mobil Hybride). (ISO 8713:2002)

Baru baru ini perusahaan mobil asal jepang suzuki juga mengeluarkan produk mobil elektrik terbaru mereka. Mobil konsep pertama yang diperkenalkan adalah *Swift Range Extender* yang dijalankan secara elektrik. Jadi, mobil ini digerakkan oleh motor yang mendapat suplai dari baterai. Dengan baterai yang terisi penuh, mobil dapat berjalan sejauh 15 km. Jika kekuatan baterai berkurang, mesin 660 cc berfungsi sebagai pengisi sehingga tak perlu khawatir habis. Uji coba terhadap mobil ini sudah dilakukan sejak musim gugur tahun 2010. Mobil ramah lingkungan kedua *Concept-G* yang mewakili impian Suzuki akan mobil kecil (compact car). Konsepnya mengacu pada *Alto* yang dipasarkan di Jepang dan telah berkembang baik dari segi ekonomis, konsumsi bahan bakar, keamanan, maupun kenyamanan. Suzuki berharap *Concept-G* bisa menunjukkan kepada

publik bahwa Suzuki memiliki teknologi dan kemampuan dalam membuat mobil kecil dengan tetap mempertahankan unsur keceriaan kenyamanan.

Indonesia juga tak mau ketinggalan untuk mengembangkan mobil listrik yang ramah lingkungan. Baru baru salah satu anak bangsa yang bernaung di bawah LIPI berhasil mengembangkannya dengan nama merk MARLIP (marmut listrik LIPI).

LIPI (2011) menyatakan bahwa "...Marlip ini menggunakan sumber tenaga aki 200Ah/12V sebanyak 3 buah. Untuk perjalanan nonstop selama 8 jam, membutuhkan pengisian ulang selama 8 jam pula. Mobil ini dapat menempuh kecepatan rata-rata 40 km/jam. Mobil Marlip, terdiri dari banyak macam, seperti kereta pasien, mobil golf, kendaraan patroli polisi, hingga kendaraan perumahan untuk 2 penumpang. Saat ini sedang dikembangkan juga mobil listrik yang di beri tambahan sel surya diatapnya, untuk menambah daya jelajah mebil tersebut. Selain mobil, motor pun juga ada yang menggunakan sistem penggerak mesinnya dengan listrik.

Sepeda motor listrik menggunakan aki jadi tidak mengeluarkan polusi sama sekali. Keunggulan motor listrik yang tampak pada kutipan berikut. Sepeda motor listrikpun bisa jalan dengan kecepatan 60 km/jam, sehingga berkendara didalam kota sangat cukup. Jika hanya digunakan untuk pergi ke sekolah, kampus atau tempat kerja.

Motor tenaga listrik ini difasilitasi lampu sein, lampu penerangan, klakson, dan lampu rem. Motor Listrik sangat hemat, saat ini tarif dasar

listrik untuk kwh mencapai Rp. 600, sehingga beban biaya listrik untuk 80 km mencapai Rp. 13.000. Sedangkan untuk menempuh jarak 80 km dengan sepeda motor konvensional diperkirakan membutuhkan bahan bakar bensin 2 liter berarti sepeda motor ini terbebani Rp.13.000. Ternyata motor listrik mempunyai keunggulan dengan perlengkapan yang sudah lengkap seperti sepeda motor bensin. Karena dengan komponen yang sama dengan sepeda motor, motor listrik justru lebih hemat walau menempuh jarak yang sama. Motor listrik pun bisa jalan dengan kecepatan 60 km/jam. Bukan hanya motor atau mobil, ternyata bus pun sekarang ini sudah ada yang menggunakan sumber tenaganya dari listrik bukan bahan bakar fosil. Dan sangat dijamin tanpa polusi, ini merupakan perkembangan yang sangat positif bukan hanya untuk manusia tetapi juga untuk alam. (Maya 2009)

Bus listrik atau disebut juga sebagai Trolleybus dalam bahasa Inggris atau *electric bus* adalah bus yang digerakkan dengan energy listrik yang diperoleh dari jaringan atas seperti halnya kereta api listrik ataupun trem listrik.(Wikipedia 2011)

2.2. Prinsip Kerja Kendaraan Operasional Rumah Sakit

Energi Listrik yang bersumber dari listrik PLN atau Generator melalui alat pengisian (Charger) yang berfungsi untuk mengubah arus bolak balik (AC) menjadi arus searah (DC) sesuai dengan kebutuhan pengisian dari baterai melalui dua buah kabel yaitu positif dan negatif untuk mengisi baterai. Baterai terdiri dari 4 unit, 12 Volt, 12A dipasang secara seri dimana didapatkan keluaran 48 Volt, 48A.

Setelah baterai penuh, listrik yang tersimpan pada baterai dapat digunakan untuk memutar motor penggerak melalui solenoid yang memiliki 2 terminal yang berfungsi menyambung dan memutus dimana terminal positif pada baterai dipasang pada salah satu terminal pada solenoide dihubungkan ke kendali kecepatan, dimana solenoide ini dikendalikan oleh dua buah saklar pembatas yang di pasang pada sistem gas dan rem yang hanya dapat berfungsi setelah kunci kontak dinyalakan. motor listrik ganda di depan dan belakang sebagai penggerak utama-mobil Super Rimac. Untuk mengatur besar kecilnya putaran motor penggerak digunakan kendali kecepatan yang memiliki 4 buah terminal utama yang diberi tanda masing masing terminal Bat +, Bat -, A2, M -, dan juga tiga buah terminal untuk input dari potensio atau induktiv. Kabel positif yang melalui solenoid dihubungkan pada terminal Bat + pada kendali kecepatan.

Kendali yang inputnya berupa sinyal analog dari potensio dan juga induktiv throttle sensor yang dipasang pada mekanisme gas, agar kendaraan dapat bergerak maju, mundur dan netral digunakan saklar mekanis maju mundur SM3 (saklar mekanis maju mundur) yang di beri nama masing masing terminal a1, a2, b, c d1, d2 terminal C dihubungkan ke terminal A2 kendali kecepatan, melalui terminal A2 pada motor penggerak. Terminal M- pada kendali kecepatan dihubungkan langsung ke A1 pada motor penggerak. Untuk terminal B dan D pada SM3 memiliki dua buah kutub dimana difungsikan untuk membolak-balikan input arah arus pada terminal S1 dan S2 pada motor penggerak

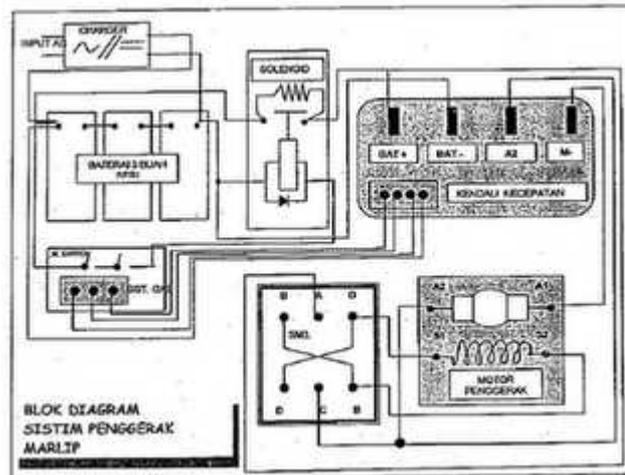
2.3. Sistem Penggerak Kendaraan Operasional Rumah Sakit

Saklar pembatas yang dilengkapi dengan pelatuk menempel pada bagian batang pengungkit, akan berkerja apabila pedal rem ditekan batang pengungkit juga akan menekan pelatuk dari saklar pembatas. Sehingga arus yang mengalir melalui terminal penghubung dari saklar pembatas akan terputus seketika apabila proses pengereman mekanis pada roda kendaraan.

Proses penekanan batang pengungkit terhadap pelatuk saklar pembatas dapat disetel jarak aktifnya agar pada saat mengemudi menempelkan kakinya pada pedal rem yang tanpa bermaksud menekan sehingga saklar pembatas tidak akan berfungsi tapi apabila tekanan yang diberikan melebihi batas yang diberikan maka saklar pembatas akan bekerja dengan baik, tujuannya adalah apabila sistem penggerak mobil listrik ini sedang beroperasi tiba tiba pengendara menekan pedal rem maka beban yang diakibatkan oleh pengereman tidak akan berpengaruh pada sistem tenaga karena terlebih dahulu sistem daya telah terputus melalui saklar pembatas yang dipasang sebagai pengaman.

Untuk mengoperasikan kendaraan listrik ini pada system penggerak ini hanya dapat dioperasikan apabila kontak di ON kan atau dinyalakan kemudian pedal gas ditekan, dapat dijelaskan bahwa apabila pedal gas ditekan maka batang penarik akan menarik pengungkit poros dari potensio kemudian pengungkit tersebut akan melepaskan tekanan pelatuk saklar pembatas sehingga arus listrik yang akan menggerakkan solenoide dapat terhubung melalui terminal 1 dari saklar pembatas.

Sistem ini bertujuan agar energi listrik tidak terbuang percuma pada saat kendaraan mengalami jalan penurunan atau pada jalur macet dan juga berfungsi sebagai pengaman.



Gambar 2.1 Sistem Penggerak

2.4. Keuntungan Kendaraan Operasional Rumah Sakit

Dibandingkan dengan mobil berbahan bakar, mobil listrik memiliki beberapa keuntungan di antaranya :

1. Lebih ramah terhadap lingkungan.
2. Konstruksi mesin lebih simpel dibanding dengan mobil berbahan bakar.
3. Berat mesin lebih ringan.
4. Getaran yang dihasilkan minim dengan suara yang halus.
5. Tidak memerlukan bensin atau solar untuk bahan bakar.
6. Menjaga sumber daya agar tetap stabil.

2.5. Spesifikasi Motor DC Penggerak Kendaraan Operasional Rumah Sakit

Untuk mobil listrik sendiri digerakkan dengan sebuah Motor DC. Motor DC memiliki 3 komponen utama:

2.5.1 Kutub medan

Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.

2.5.2 Motor.

Bila arus masuk menuju motor, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Motor yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan motor.

2.5.3 Commutator.

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam motor. Commutator juga membantu dalam transmisi arus antara motor dan sumber daya.

2.6 Teori Dasar Analisa Perancangan Rangka

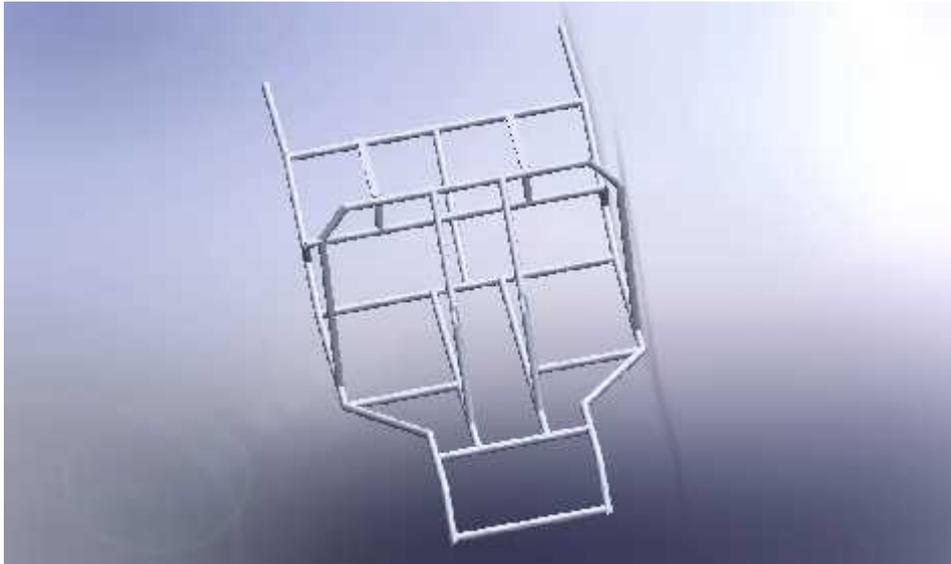
Rangka terbuat dari pipa berongga yang dirancang sedemikian rupa sehingga mampu untuk menahan sebagian besar beban yang ada dalam sebuah kendaraan. Fungsi utama rangka adalah :

1. Untuk mendukung gaya berat dari kendaraan penumpang.
2. Untuk menahan torsi dari mesin, aksi percepatan dan perlambatan, dan juga untuk menahan gaya torsi yang diakibatkan dari permukaan jalan.
3. Untuk menahan gaya kelembaman yang diakibatkan benturan dengan benda lain.
4. Sebagai landasan untuk meletakkan bodi mobil, mesin, aki penggerak motor, tempat duduk penumpang.

Pada perencanaan dan pembuatan mobil ramah lingkungan ini struktur *chassis* terbuat dari pipa berongga yang dapat disebut sebagai pipa berdinding tipis dimana ciri yang nyata dari suatu pipa berdinding tipis adalah bahwa ketebalannya relatif kecil dimensi lainnya, yaitu panjang, dimensi dalam dan dimensi luar. Pipa berdinding tipis yang dikenai gaya luar dalam arah normal terhadap bidang luasannya memiliki karakteristik seperti plat yang dikenai gaya pada bidang luasannya.

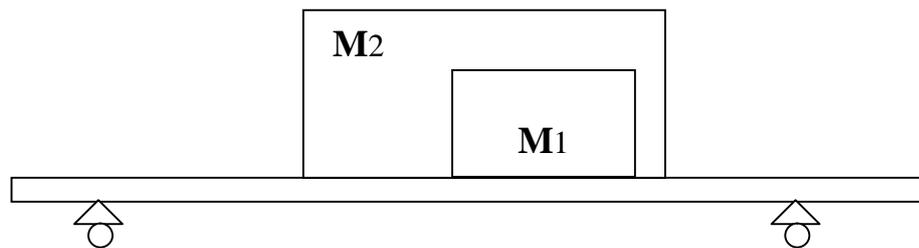
2.6.1 Beban Statis pada *Chassis* Kendaraan Operasional Rumah Sakit

Analisa terhadap beban statis yang bekerja pada mobil adalah untuk mengetahui kekuatan rangka mobil terhadap pembebanan statis yang diterima.



Gb.2.2 Beban statis pada rangka

Dari gambar 2.2 maka dapat digambarkan pemodelan yang sederhana untuk konstruksi tersebut seperti pada gambar 2.3.

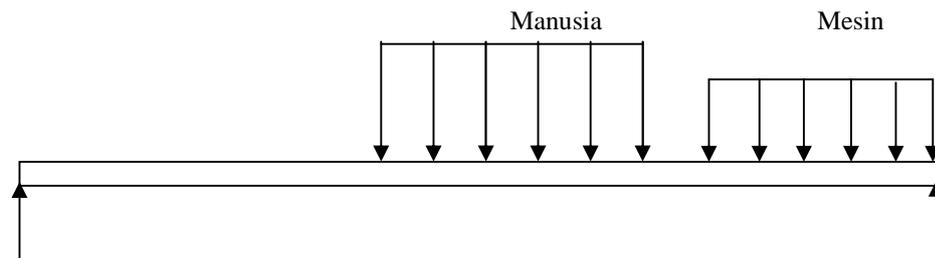


Gambar. 2.3 Pemodelan dudukan mesin dan pengemudi

Ket :

1. M 1 : Mesin
2. M 2 : Pengemudi

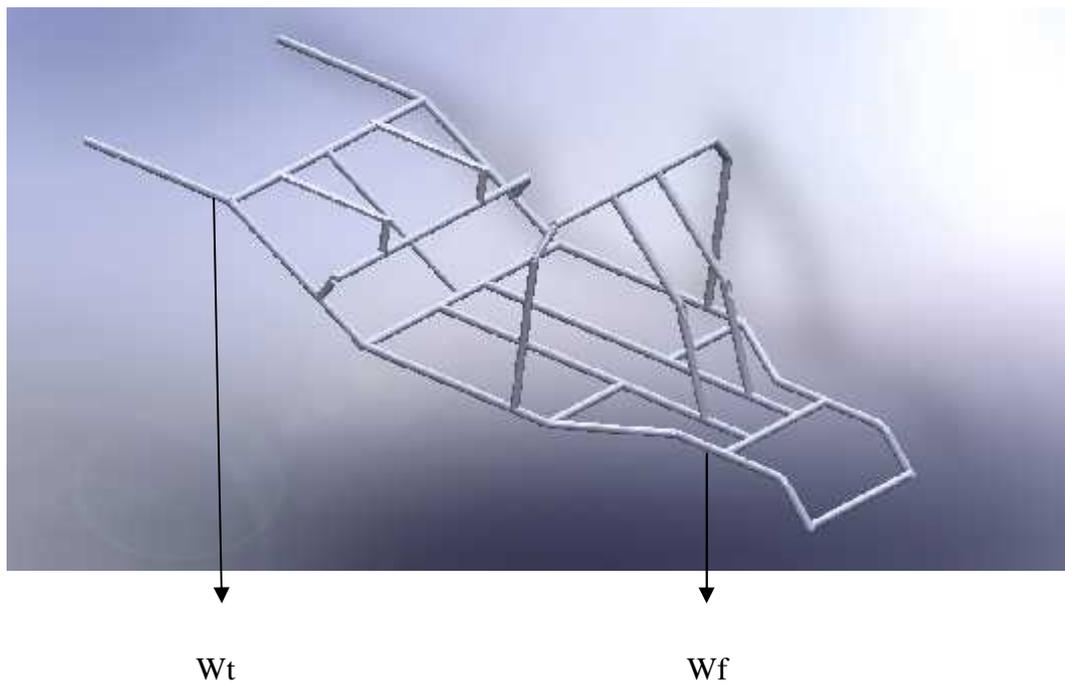
Sebuah gambar massa M1 *engine*, gambar massa M2 adalah pengemudi. Gaya-gaya yang diberikan oleh M1, M2, kepada rangka dimodelkan sebagai gaya-gaya yang terdistribusi secara merata sepanjang garis kontak antara masa dengan rangka karena perbandingan antara panjang garis kontak dengan panjang garis yang dikenai gaya-gaya tersebut tidak terlalu kecil maka pemodelan gaya-gayanya dapat dilihat pada gambar 2.4. dibawah ini.



Gambar. 2.4 Diagram benda bebas pada pemodelan 2.3

2.6.2 Penentuan Posisi Titik Berat

Sebelum menganalisa dinamika kendaraan lebih lanjut, maka perlu ditentukan terlebih dahulu dimana posisi titik berat dari kendaraan. Untuk menentukan titik berat kendaraan dapat menggunakan sistem eksperimen, yaitu ditimbang dengan asumsi bahwa beban terdistribusi merata. Secara bergantian roda depan dan belakang ditimbang seperti gambar 2.5.



Gambar 2.5. Titik berat kendaraan

Dari penimbangan tersebut didapat :

1. W_f : berat kendaraan depan / gaya reaksi depan
2. W_r : berat kendaraan belakang / gaya reaksi belakang

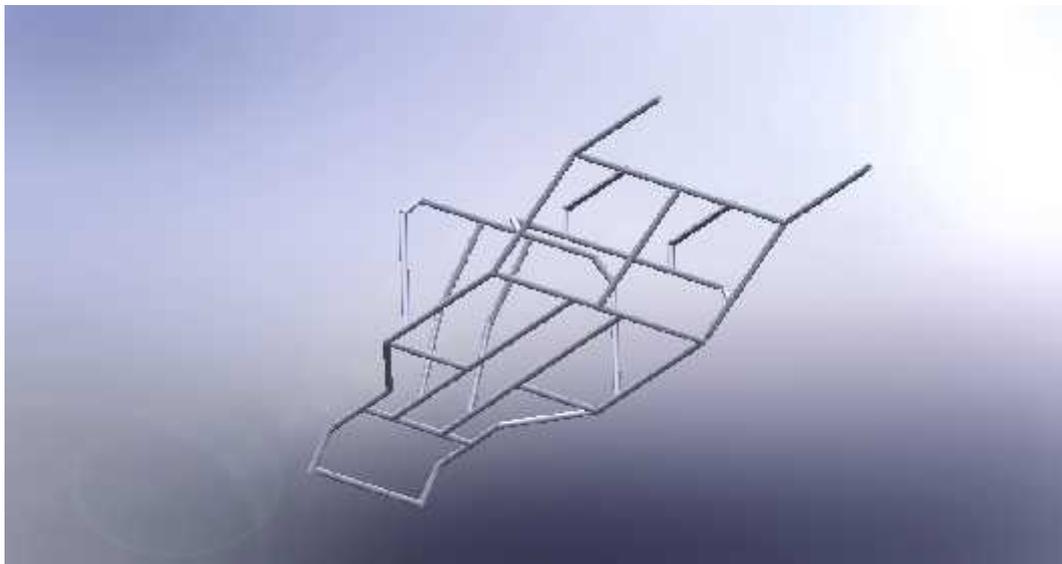
Dimana $L = a + b$; adalah jarak antara kedua sumbu roda depan dan belakang, dan $W_t = W_f + W_r$; merupakan berat total.

Dengan menggunakan rumus $\Sigma M = 0$, didapat:

$$(i) W_r \cdot L = a \cdot W \rightarrow a = W_r \cdot L / W$$

$$(ii) W_f \cdot L = b \cdot W \rightarrow b = W_f \cdot L / W$$

Untuk menentukan tinggi titik berat kendaraan maka dapat dilakukan dengan cara percobaan seperti gambar 2.6.



Gambar 2.6. Tinggi titik berat

Dalam keadaan statis, dengan rumus $\Sigma M_A = 0$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$W \cdot \tan \theta \cdot H_f = W_r \cdot L - W \cdot a$$

$$h_f = \frac{W_r \cdot L - W \cdot a}{W \cdot \tan \theta} \quad (\dots 1)$$

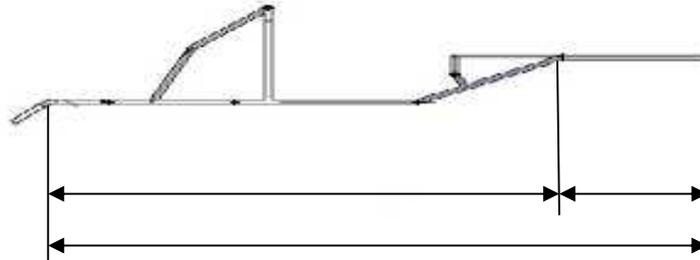
Tinggi titik berat dari permukaan jalan :

$$H = h_f + r$$

Dimana r : jari-jari roda

A. Gaya Traksi Kendaraan

Gaya traksi juga umum disebut gaya dorong kendaraan untuk melawan hambatan-hambatan seperti angin, rolling, tanjakan, hambatan inersia, dan hambatan beban yang ditanggung oleh kendaraan. Gaya dorong disamping mampu melawan hambatan juga harus mampu menghasilkan percepatan yang diinginkan. Pada gaya-gaya yang bekerja pada kendaraan ditunjukkan pada gambar 2.7



Gambar 2.7. Gaya-gaya yang beraksi pada kendaraan dua gandar

Persamaan gerak sepanjang sumbu longitudinal dari kendaraan dinyatakan dengan:

$$\Sigma F = m \cdot \frac{d^2 \cdot x}{d \cdot t^2} = \frac{W}{g} \cdot a$$

$$F_f + F_r - R_a - R_{rf} - R_{rr} - R_d - R_g - m \cdot \frac{d^2 \cdot x}{d \cdot t^2} = \frac{W}{g} \cdot a$$

Melalui konsep gaya inersia persamaan diatas dapat ditulis sebagai berikut :

$$F_f + F_r - (R_a + R_{rf} + R_{rr} + R_d + R_g + \frac{W}{g} \cdot a) = 0, \text{ atau}$$

$$F = R_a + R_{rf} + R_{rr} + R_d + R_g + \frac{W}{g} \cdot a$$

Dimana F adalah gaya traksi total, dan R_f adalah tahanan gelinding total dari kendaraan.

Untuk menentukan gaya traksi maksimum yang dapat ditumpu oleh kontak antara ban dan jalan, beban normal pada gandar harus ditentukan. Ini dapat dihitung melalui momen pada titik A dan B, seperti gambar 2.7.

Melalui asumsi momen terhadap titik A, beban normal pada gandar depan W_f dapat ditentukan :

$$W_f = \frac{W \cdot I_r \cdot \cos \theta - R_a \cdot h_a - h \cdot W \cdot a / g - R_d \cdot h_d \cdot \mp W \cdot h \cdot \sin \theta}{L}$$

dimana I_r adalah jarak gandar belakang ke pusat massa kendaraan. Saat kendaraan menanjak maka digunakan tanda (-) pada $W \cdot h \cdot \sin \theta$.

Hal serupa, beban normal pada gandar belakang dapat ditentukan melalui sumasi momen titik B;

$$W_r = \frac{W \cdot I_f \cdot \cos \theta - R_a \cdot h_a - h \cdot W \cdot a / g - R_d \cdot h_d \cdot \pm W \cdot h \cdot \sin \theta}{L}$$

dimana I_f adalah jarak antara gandar depan ke pusat massa kendaraan. Pada saat kendaraan menanjak digunakan tanda (+) pada $W \cdot h \cdot \sin \theta$.

Untuk kemiringan yang kecil, $\cos \theta \approx 1$. untuk kendaraan penumpang h_a dan dapat dianggap mendekati h . sehingga persamaanya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$W_f = W \cdot \frac{l_r}{L} - \frac{h}{L} \left(R_a + \frac{W \cdot a}{g} + R_d \pm W \cdot \sin \theta \right)$$

$$W_r = W \cdot \frac{l_f}{L} + \frac{h}{L} \left(R_a + \frac{W \cdot a}{g} + R_d \pm W \cdot \sin \theta \right)$$

Substitusikan persamaan-persamaan diatas, sehingga didapatkan :

$$W_f = W \cdot \frac{l_r}{L} - \frac{h}{L} (F - R_r)$$

$$W_r = W \cdot \frac{l_f}{L} + \frac{h}{L} (F - R_r)$$

Perlu diingat bahwa suku pertama pada sebelah kanan dari masing-masing persamaan mewakili beban statik pada gandar ketika kendaraan berada pada permukaan datar. Suku kedua pada

sebelah kanan dari masing-masing persamaan mewakili komponen dinamik dari beban normal.

Gaya traksi maksimum yang dapat ditahan oleh kontak ban dengan jalan dapat ditentukan dari koefisien adhesi jalan dan parameter kendaraan. Untuk kendaraan *rear-wheel drive*.

$$F_{maks} = \mu \cdot W_f = \sim \left(W \frac{l_r}{L} - \frac{h}{L} (F_{maks} - R_r) \right)$$

Dan

$$F_{maks} = \frac{\sim W \cdot (l_r + f_r \cdot h) / L}{1 + \frac{\sim h}{L}}$$

Untuk mencari daya didapat dengan ,emgunakan rumus sebagai berikut:

$$P = F_{maks} \cdot V$$

Dimana V dimisalkan dengan kecepatan maksimal 10km/jam.

Limit kecepatan merupakan kecepatan maksimum yang dapat dicapai oleh kendaraan pada kondisi jalan datar.

$$V^2 = \frac{F_{maks} - R_r}{0,5 \cdot \dots_{ud} \cdot Cd \cdot A} ;$$

Dimana : v = limit kecepatan (m/s)

\dots_{ud} = 1,225 kg/m³ ; rapat masa udara pada P dan T tertentu.

Cd = 1,8 ; koefisien tahanan drag sepeda motor dan *rider*. (tabel 4.3)

F_{maks} = Gaya traksi kendaraan (N)

R_r = tahanan *rolling* (N)

A = luas proyeksi penampang (m²)

Dalam memperhitungkan percepatan maksimum yang dapat dicapai dalam kondisi roda masih *rolling* adalah dengan rumus sebagai berikut :

$$F_{maks} = m \cdot a_{maks}$$

$$a_{maks} = \frac{F_{maks}}{m}$$

Dimana :

F_{maks} = gaya traksi kendaraan (N)

a_{maks} = limit percepatan (m/s^2)

m = Berat total (kg)

2.7 Analisa

2.7.1 Solar cell dan Daya Untuk Menjalankan Motor

Solar cell berfungsi sebagai pengkonversi energi matahari ke energi listrik. *Solar cell 50 wp* artinya solar cell tersebut mempunyai 50 watt peak (pada saat matahari terik) Peak 1 hari di asumsikan 6 jam sehingga $50 \times 6 = 300$ watt / day itu kapasitas maksimal untuk pemakaian 1 hari. masa keseluruhan $m = 155,7$ kg

2.7.2 Kecepatan Maksimal Kendaraan

Untuk menghitung kecepatan maksimal dari kendaraan ini didapat rumus dengan cara mencari I atau angka transmisi. Dengan cara perbandingan roda gigi belakang dengan roda gigi depan. Lalu memasukan rumus kecepatan sebagai berikut:

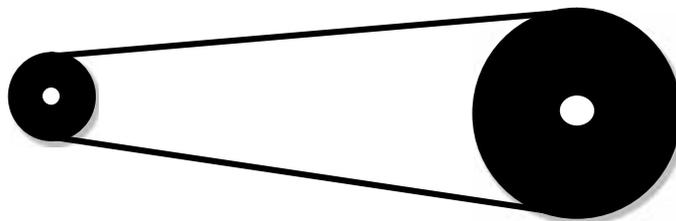
$$V = \frac{60 \cdot f \cdot D \cdot N}{1000 \cdot I}$$

Dimana:

D= diameter roda

N= putaran motor

I= angka transmisi



Gambar 2.8. roda gigi depan dan roda gigi belakang

2.8 Pengujian

Untuk pengujian yang dilakukan adalah pengujian terhadap daya dengan berat pengemudi yang berbeda yaitu 50kg dan 120kg.