

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Kajian Penelitian Terdahulu**

Mobil listrik adalah suatu langkah yang “sekali dayung dua tiga pulau terlampaui” dengan arti melalui mobil listrik permasalahan Krisis energi akan bahan bakar fosil dan pencemaran lingkungan dapat teratasi dengan hadirnya mobil listrik ini. Kendaraan mobil listrik di Indonesia mengalami perkembangan yang pesat terutama dikalangan mahasiswa perguruan tinggi dengan adanya kompetisi untuk membuat kendaraan yang layak dipasarkan. Salah satu kompetisi yang diadakan di Indonesia yaitu Kontes Mobil Listrik Indonesia (KMLI), Mobil Hemat Energi (KMHE), Indonesia Energy Marathon Challenge (IEMC) untuk tingkat Nasional dan Shell Eco Marathon (SEM) untuk tingkat Internasional kompetisi perguruan tinggi (Efendi., 2020).

Kendaraan listrik merupakan solusi dari masalah cadangan minyak yang semakin menipis dan masalah pencemaran lingkungan yang semakin meningkat akibat emisi gas buang dari kendaraan berbahan bakar minyak. Di negara maju, kendaraan ini sangat banyak digunakan bahkan disosialisasikan. Untuk itu, mengungkapkan keprihatinan banyak orang Indonesia tentang masalah cadangan minyak dan polusi, kami telah mengembangkan 'mobil listrik'. Ini juga menjadi tonggak transisi menuju Indonesia hijau dengan mempromosikan kendaraan hijau. Kendaraan listrik yang kami rancang secara alami menggunakan penggerak utama berupa motor listrik yang ditenagai oleh baterai (aki) untuk tujuan optimalisasi performa, efisiensi dan keekonomian. Sistem

kelistrikan merupakan bagian penting pada mobil. Ada dua sistem kelistrikan: Sistem kelistrikan mesin (baterai, busi, dll.) Sistem kelistrikan bodi (indikator belok, dll.). Seiring kemajuan teknologi, mobil berkembang menjadi kendaraan listrik. (Zainuri et al., 2015)

Sistem pengereman merupakan perangkat yang sangat penting pada setiap kendaraan listrik, baik itu kendaraan roda dua, roda empat, maupun roda banyak. Sistem pengereman ini memungkinkan pengemudi berkendara dengan aman di jalan lurus, sirkuit, dan jalan dengan gundukan yang curam. Saat melaju dengan kecepatan tinggi, sedang, dan rendah, kendaraan harus dapat berhenti dengan tepat sesuai dengan harapan pengemudi. Secara umum, sistem rem merupakan komponen yang mendukung keselamatan saat berkendara. Peralannya, bagian ini berperan dalam memperlambat mobil. Gesekan merupakan faktor penting dalam pengereman. Oleh karena itu, komponen sistem pengereman tidak hanya menghasilkan banyak gesekan, tetapi juga harus memiliki sifat material yang menahan gesekan dan tidak menghasilkan panas yang dapat melelehkan atau merusak material. Bahan tahan abrasi biasanya merupakan kombinasi dari beberapa bahan yang dirakit melalui proses tertentu (bahan komposit). Bahan-bahan tersebut antara lain tembaga, kuningan, timah, grafit, karbon, kevlar, resin, serat dan lainnya. (Rusli et al., 2010)

Sistem pengereman adalah salah satu bagian yang perlu dipertimbangkan, Desain pengereman yang dirancang harus dapat memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh panitia penyelenggara perlombaan. Persyaratan yang ditentukan dalam sistem pengereman diantaranya diwajibkan

menggunkan pengereman *hidrolis* dengan sistem paralel agar dapat menghentikan kendaraan atau mobil tersebut, kendaraan dibuat sesuai perancangan yang nantinya akan diuji agar mengetahui kelayakan saat berada pada lintasan.

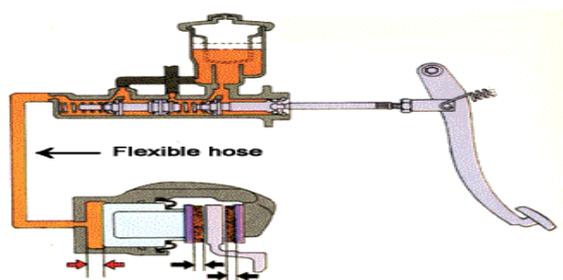
## **B. Kajian Teori**

### **1. Sistem Pengereman**

Pengereman adalah konversi energi kinetik (gerakan) menjadi energi panas yang dihasilkan oleh gesekan antara tromol dan kanvas da antara roda dan jalan. Proses pengereman berlanjut dari saat pengemudi merasakan benturan saat menginjak pedal rem, melalui pergantian kendaraan, hingga saat pedal rem dilepas kembali. Ini dapat dibagi menjadi lima kategori berikut. Waktu untuk memeriksa jalan/situasi, reaksi pengemudi, pergerakan bebas piston, reaksi, waktu pengereman (Zainuri et al., 2015). Rem adalah komponen struktural kendaraan listrik dan perannya adalah menghilangkan energi kinetik kendaraan untuk memperlambatnya. Prinsip pengoperasian rem ini adalah terjadi kontak gesekan antara cakram (cakram rem) dan bantalan saat rem diinjak, sehingga menimbulkan getaran pada rem. Rem (brake pad) bekerja ketika kedua bagian rem ini bersentuhan dengan ketidakrataan (kekasaran) permukaan rotor (Rusli et al., 2010)

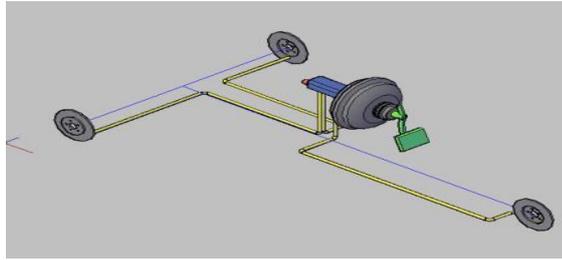
Rem cakram *hidrolis* adalah perangkat pengereman kendaraan yang terdiri dari cakram logam. Cakram logam dijepit oleh bantalan rem, yang digerakkan oleh piston di silinder roda. Cakram ini sangat kuat, sehingga diperlukan banyak tenaga pada bantalan rem saat menjepit cakram ini. Oleh

karena itu, rem cakram dilengkapi dengan sistem hidrolik (minyak rem mengalir dari pegangan tekanan kaki ke rem cakram). Rem cakram *hidrolis* adalah sistem pengereman yang memperlambat dan menghentikan putaran roda dengan menjepit rem cakram yang terpasang pada roda karena bentuk dan fungsinya. Sistem rem cakram ini memiliki penampang pengereman yang lebih kecil daripada sistem lain, tetapi gesekannya sangat kuat sehingga mengurangi gesekan timbal balik dan menghasilkan pengereman yang lebih efektif. Karena itu, sistemnya dikatakan lebih sederhana dan lebih responsif dibandingkan jenis rem lainnya. Rem adalah komponen tambahan pada kendaraan listrik dan perannya adalah untuk menghilangkan energi gerak kendaraan dan memperlambatnya. Prinsip kerja rem ini adalah ketika dua bagian rem bersentuhan, akan terjadi gesekan antara cakram dan bantalan rem. Saat Anda menginjak rem, energi kinetik kendaraan diubah menjadi panas dan suara melalui proses gaya gesek (Rusli et al., 2010). Mekanisme Kerja rem cakram kendaraan dan sistem pengereman dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.1. Mekanisme Kerja Rem cakram Kendaraan

Sumber : (Okan et al., 2019)



Gambar 2.2. Sistem Pengereman dan Aliran fluida

Sumber : (Okan et al., 2019)

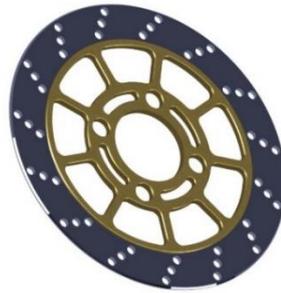
## 2. Komponen Pengeriman

### a. Piringan rem / *Disc Brake*

Komponen pertama adalah disc brake atau rem cakram. Fungsi cakram adalah sebagai media penahan bantalan rem sehingga dapat menimbulkan efek pengereman. Rem cakram hidrolis ini terbuat dari baja. Pasalnya, komponen ini harus menahan panas yang ditimbulkan oleh gesekan yang ditimbulkan oleh bantalan saat pengereman. Ada dua jenis rem cakram.

- *Ventilated Disc* adalah sebagai udara yang lubangnya berada pada sekitar piringan memiliki bentuk yang lebih tipis. Lubang ini akan dimaksimalkan demi proses pendinginan piringan yang panas akibat gesekan. Jenis *ventilated disc* ini kebanyakan diaplikasikan pada rem cakram sepeda motor.
- *Solid Disc*, Cakram ini juga terbuat dari baja, tetapi tebal dan tidak ada lubang di sekelilingnya. Ini semakin mempengaruhi kinerja pengereman. Cakram padat ini digunakan pada rem cakram mobil

(Tripariyanto et al., 2021). Komponen *Disk Brake* dapat dilihat pada Gambar 2.3 dibawah ini:



Gambar 2.3 *Disk Brake*

b. Kampas Rem

Kampas rem atau brake pad adalah komponen yang dimaksudkan untuk mendorong cakram rem saat melakukan pengereman. Untuk memaksimalkan efektivitas rem, diperlukan gaya gesek yang tinggi dan ketahanan panas pada bantalan rem. Kampas rem dulunya terbuat dari bahan asbes, namun debu asbes sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, sehingga penggunaan asbes pada bagian-bagian mobil sudah dilarang. Oleh karena itu, bahan yang paling umum digunakan saat ini adalah paduan keramik dengan serbuk besi. Bahan-bahan ini lebih ramah lingkungan dan gesekan yang dihasilkan lebih tinggi saat panasnya sedang. (Tripariyanto et al., 2021). Komponen Kampas Rem dapat dilihat dapat dilihat pada Gambar 2.4 dibawah ini:



Gambar 2.4 Kampas Rem

c. Kaliper Rem

Kaliper adalah komponen yang mengubah tekanan fluida menjadi gerakan mekanis dan mendorong bantalan rem. Dengan kata lain, fungsi rem cakram adalah mengubah tekanan hidrolis yang masuk ke kaliper menjadi gerakan mekanis untuk menjepit bantalan. (Tripariyanto et al., 2021). Komponen *Disk Brake* dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini:



Gambar 2.5 *Caliper Rem*

d. Selang Rem

Fungsi dari selang rem untuk penghubung dan penyalur minyak rem sehingga mendorong *break leaver* ke *brake caliper*. Agar memudahkan

pada saat perancangan, maka selang rem dipilih menggunakan set rem sepeda. Komponen ini mempunyai material yang tahan terhadap suhu panas, selang ini terbuat dari lembaran *stainless steel* yang dianyam dan diberi finishing PVC pada bagian luar. Komponen Selang Rem dapat dilihat pada Gambar dibawah ini:



Gambar 2.6 Selang Rem

e. *Master silinder*

*Master cylinder* merupakan bagian komponen yang sangat penting pada sistem pengereman hidrolis mobil atau kendaraan yang dapat mengubah gaya mekanik menjadi gaya hidrolis ketika pedal rem diinjak. *Master cylinder* menggunakan media fluida untuk mendorong piston – piston pada kaliper dan fungsi dari *master cylinder* mengkonversikan gaya tekan mekanik dari tuas rem menjadi tekanan hidrolis. Komponen *Master Silinder* dapat dilihat pada Gambar 2.7 dibawah ini:



Gambar 2.7 *Master Silinder*

Cara kerja rem cakram *hidrolis* kendaraan bekerja dengan memberikan tekanan untuk menjepit cakram, maka dapat dijelaskan di bawah ini:

- Rem bekerja saat Anda menginjak pedal. Dari penyerbuan ini dan seterusnya, piston utama remnya didorong ke bawah dan didorong ke depan.
- Tekanan minyak rem ditransmisikan melalui selang rem ke piston dan menekan bantalan rem. Bantalan rem sekarang akan mencengkeram cakram.
- Proses perlambatan kendaraan terjadi karena adanya gaya pengereman.
- Setelah dilepas pedal rem diregangkan agar tidak ada gesekan antara kampas rem dan cakram. (Tripariyanto et al., 2021)

### 3. Perhitungan Pengereman

Adapun rumus yang digunakan untuk mengetahui perhitungan gaya pengereman dan juga rumus untuk mengetahui perhitungan tekanan *hidrolis* disajikan pada persamaan dibawah ini :

a. Spesifikasi Rem *Prototype* Mobil Listrik

Spesifikasi data pada *Prototype* Mobil Listrik yang dirancang dalam perhitungan dapat dilihat sebagai berikut: :

▪ Panjang Kendaraan	:	2620 mm
▪ Lebar Kendaraan	:	650 mm
▪ Tinggi Kendaraan	:	600 mm
▪ <i>Wheel Base</i>	:	1870 mm
▪ <i>Track Width</i>	:	620 mm
▪ Berat Kendaraan	:	101 kg
▪ Jarak Pedal Keporos	:	140 mm
▪ Jarak Push Rod Ke Poros	:	115 mm
▪ Diameter Piston Master Silinder	:	12,7 mm
▪ Diameter Piston Kaliper	:	34 mm
▪ Diameter Cakram	:	190 mm
▪ Diameter Tromol	:	70 mm

b. Perlambatan Pengereman

$$V_t^2 = V_0^2 - 2.a.s \text{ m/s}^2 \dots\dots\dots (\text{Arifin, 2017})$$

Keterangan:

$a$  = Perlambatan (m/s)

$V_0^2$  = Kecepatan Awal (km/jam) = (m/s)

$V_t$  = Kecepatan Akhir (m/s)

$t$  = Waktu (s)

$S$  = Jarak Pengereman (m)

Dari persamaan diatas didapat nilai perlambatan pengereman ( $m/s^2$ )

c. Waktu Pengereman

$$V_t = V_0 + a \cdot t \dots\dots\dots (Arifin, 2017)$$

Keterangan :

$V_0$  = Kecepatan Awal (km/jam) = (m/s)

$V_t$  = Kecepatan Akhir (m/s)

$a$  = Perlambatan (m/s)

$t$  = Waktu Pengereman (s)

Dari persamaan diatas didapat nilai jarak pengereman saat mobil bejalan

(t)

d. Jarak Pengereman

$$S = V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \dots\dots\dots (Arifin, 2017)$$

Keterangan:

$S$  = Jarak Pengereman (m)

$V_0$  = Kecepatan Awal (m/s)

$a$  = Perlambatan ( $m/s^2$ )

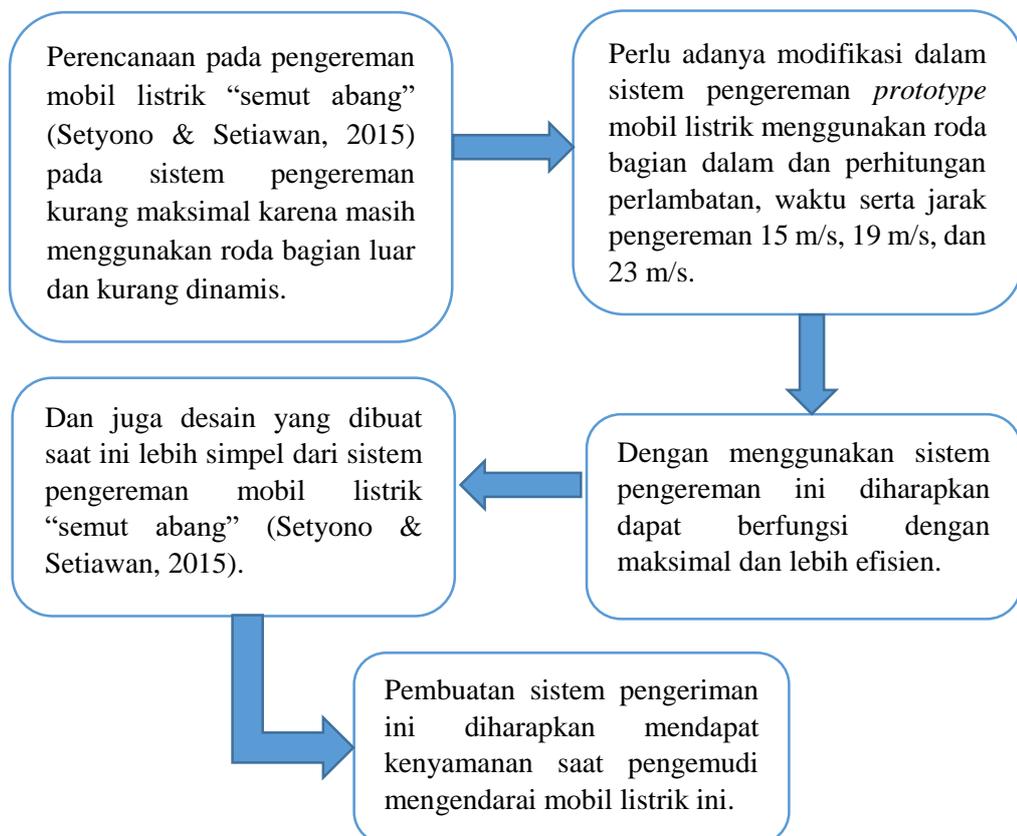
Dari persamaan diatas didapat nilai waktu pengereman (s)

### C. Kerangka Berfikir

Kendaraan bermotor semakin banyak di Indonesia polusi udarah juga semakin meningkat (CO<sub>2</sub>), serta kelangkaan BBM saat ini menjadi permasalahan yang sedang dihadapi oleh pemerintah salah satu sebabnya diakibatkan oleh konflik antar negara yang ada di luar negeri mengakibatkan kebutuhan perekonomian menjadi terganggu. Dalam mengatasi hal ini dapat menggunakan mobil listrik sebagai solusi krisisnya energi dan juga sebagai solusi mobil masa depan yang hemat energi serta rama lingkungan. *Prototype* Mobil listrik ini didesain seringan dan se-aerodinamis mungkin karena digunakan sebagai perlombaan KMHE.

Perancangan sistem pengereman *Prototype* mobil listrik ini menggunakan rem cakram *hidrolis* sepeda karena rem ini bentuknya kecil namun cukup kuat dan dirasa sangat efisien saat dipakai. Serta perancangan ini membahas tentang Penempatan *break leaver* pengereman roda depan dipasang secara parallel dengan fungsi agar pengeremannya mudah dan roda bagian depan bisa bersamaan ketika terjadi tekan pada *caliper* juga pada piringan cakram yang disatukan oleh sebuah plat aluminium. Hal ini bertujuan agar memudahkan saat pengereman roda depan dapat mengerem secara bersamaan dengan metode pengereman injak. Penempatan *break leaver* untuk pengereman roda belakang berada disetang kemudi sebelah kiri. Hal ini dengan maksud agar pengereman roda belakang lebih efektif layaknya sepeda motor *skuter* pada umumnya. Sistem pengereman disetiap roda depan berada di sisi dalam kendaraan dengan

penempatan *braket caliper* dibelakang dari *braket shaft* roda. Perangkaian sistem *hidrolik* pada pengereman roda depan dan belakang. Hal ini bertujuan agar pemasangan komponen lebih efektif dan lebih aman karena saat proses pengereman terjadi, maka tekanan yang diberikan oleh *braket caliper* dapat tertahan oleh *braket shaft* roda yang mempunyai bidang lebih lebar dan bermaterialkan aluminium pejal. Penempatan sistem pengereman roda belakang berada di sebelah kiri, yaitu menyesuaikan layaknya sepeda pada umumnya. Hal ini karena sistem transmisi sepeda berada di sebelah kanan. Di bawah ini dapat dilihat gambar 2.8 kerangka berfikir untuk mengetahui tahapan dalam perancangan sistem pengereman *Prototype* mobil listrik sebagai berikut:



Gambar 2.8 *Flowchart* Kerangka Berfikir