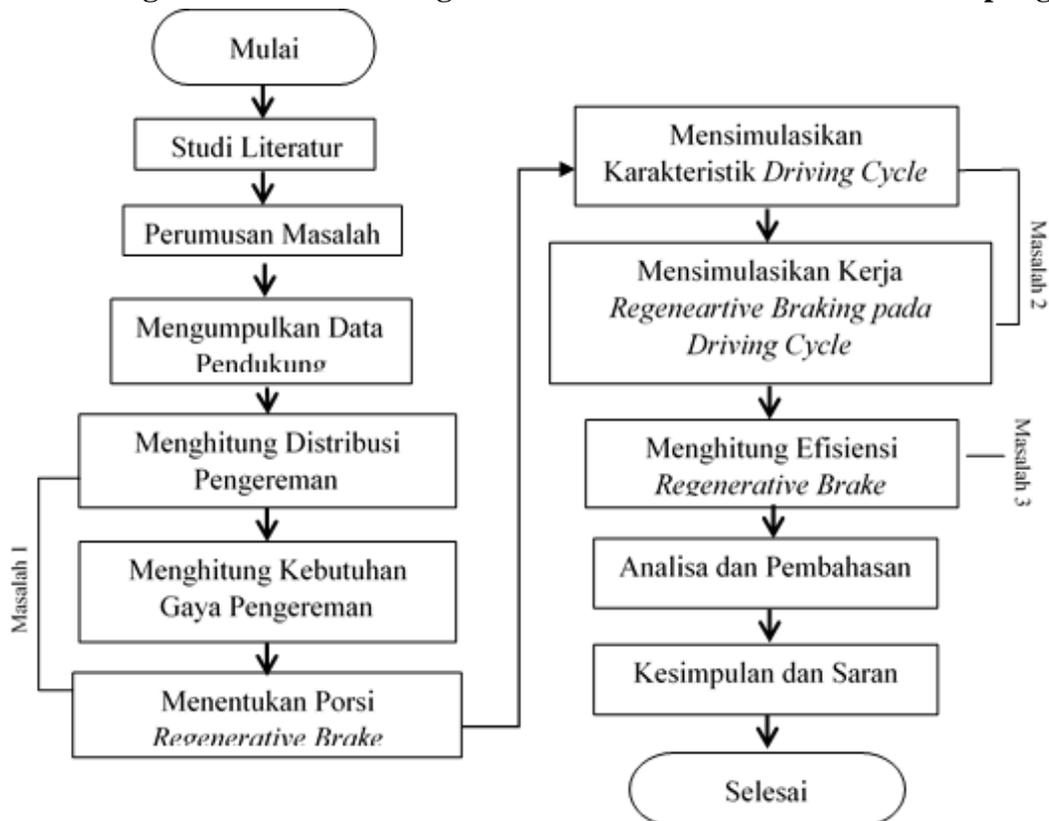


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan dilaksanakan tahap-tahap untuk menyelesaikan permasalahan yang telah direncanakan. Tahap awal akan melibatkan analisis mendalam terkait teknologi pengereman *regenerative*. Langkah berikutnya akan berfokus pada pengumpulan data yang relevan guna mendukung pelaksanaan penelitian ini. kemudian, data yang terkumpul akan dianalisis untuk menghasilkan temuan yang dapat memberikan jawaban terhadap permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya. Semua langkah dalam prosedur penelitian ini akan dijelaskan secara runtut melalui diagram alir penelitian dibawah ini

3.1 Diagram Alir Analisa Regeneratve Brake Mobil Listrik 4 Penumpang



Gambar 3.1 Diagram Alir Analisa Regeneratve Brake Mobil Listrik 4

Penumpang

Dengan mengacu pada diagram alir yang terdapat dalam Gambar 3.1, metodologi penelitian ini akan dijalankan melalui berbagai langkah-langkah yang telah ditentukan dibawah ini:

1. Langkah awal adalah melakukan tinjauan literatur mengenai teknologi pengereman regeneratif pada kendaraan. Pengumpulan informasi dapat dilakukan melalui berbagai sumber, seperti penelitian sebelumnya, text book, jurnal penelitian, hand book, dan penelusuran di internet.
2. Langkah kedua adalah merumuskan permasalahan. Informasi yang diperoleh dari studi literatur akan diubah menjadi poin-poin permasalahan yang relevan dan akan menjadi dasar untuk perumusan masalah yang tercantum dalam bab pendahuluan
3. Langkah ketiga adalah mengumpulkan data yang relevan untuk mendukung penelitian ini. Data yang diperlukan adalah data yang meliputi informasi mengenai mobil listrik 4 penumpang, termasuk dimensinya, serta data yang memengaruhi gaya yang bekerja pada kendaraan tersebut. Selain itu, data *drive cycle* juga diperlukan untuk mengetahui perilaku kendaraan selama beroperasi.
4. Langkah keempat adalah mencari model pengereman kendaraan yang sesuai. Pada langkah ini, dilakukan proses pemodelan pengereman kendaraan yang akan menghasilkan kurva distribusi pengereman.
5. Langkah kelima melibatkan analisis pembagian porsi pengereman antara rem mekanik dan rem elektrik berdasarkan kurva distribusi pengereman dari tahap sebelumnya. Pembagian pengereman ini akan disesuaikan dengan koefisien gesek jalan yang umumnya terjadi di lingkungan perkotaan. Selain

itu, posisi regenerative brake juga akan ditentukan. Setelah pembagian porsi pengereman yang optimal ditemukan, langkah selanjutnya adalah mencari gaya yang diperlukan selama proses pengereman kendaraan.

6. Langkah berikutnya melibatkan analisis terhadap potensi daya yang bisa dihasilkan oleh sistem pengereman *regenerative* dan kemudian disimpan dalam baterai.
7. Langkah terakhir bagaimana menentukan efisiensi sistem *regenerative brake* dalam membangkitkan energi kinetik yang terbuang pada saat pengereman, dengan membandingkan daya yang dihasilkan terhadap energi kinetik yang terbuang.

3.1.1. Pemilihan *Driving Cycle WLTP*

Penentuan *driving cycle WLTP Class* dipengaruhi oleh pemilihan sesuai dengan standar klasifikasi kendaraan berdasarkan rasio daya kendaraan terhadap berat kendaraan, sesuai dengan persamaan berikut :

$$PW_r = \frac{P}{m}$$

Keterangan

P : Daya (Kw)

m : Massa kendaraan (T)

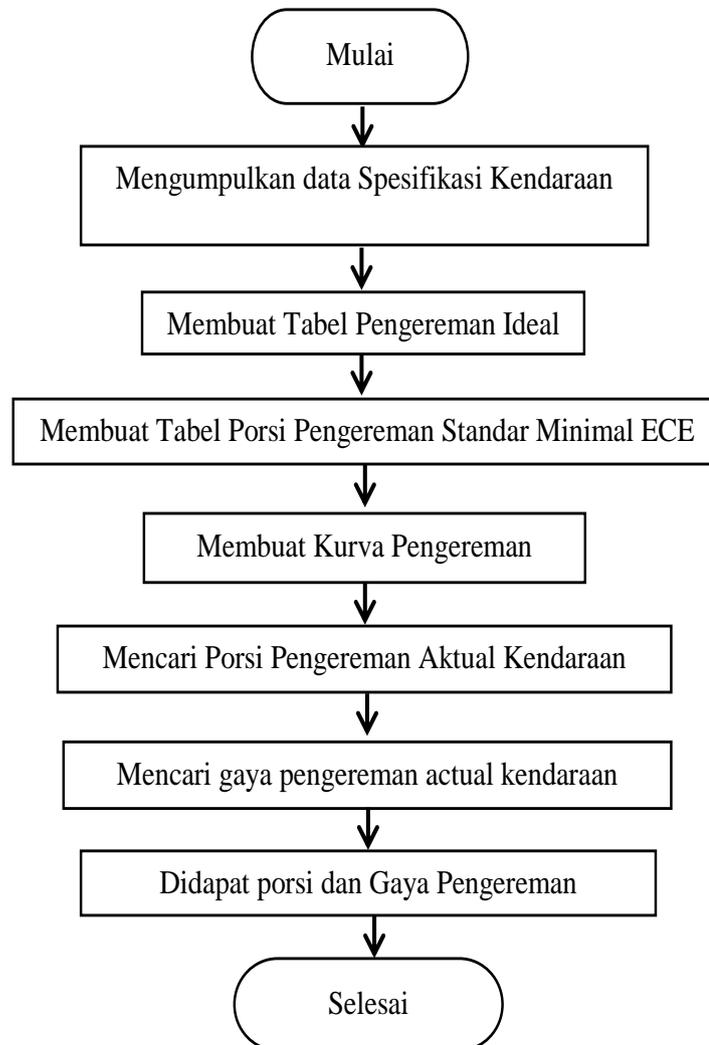
Berdasarkan informasi dalam Tabel 2.1 mengenai spesifikasi mobil listrik dengan kapasitas 4 penumpang digunakan daya motor sebesar 25 kW dan berat keseluruhan kendaraan mencapai 1470 kg. Dari data ini, diperoleh nilai rasio daya terhadap berat (PW_r) sebesar :

$$PW_r = \frac{25 \text{ kw}}{1,470 \text{ T}} = 17,01 \frac{\text{kw}}{\text{T}}$$

Menurut Tabel 2.3 dalam klasifikasi driving cycle WLTP Class, driving cycle class 1 dipilih karena nilai rasio daya terhadap berat (PW_r) yang telah dihitung kurang dari 22.

3.2. Diagram Alir Perhitungan

3.2.1. Diagram Alir Perhitungan Gaya dan Porsi *Regenerative Brake* pada Kendaraan



Gambar 3.2 Diagram Alir Analisa Porsi Pengereman

Untuk menentukan porsi pengereman yang optimal pada kendaraan, langkah yang perlu dilakukan adalah membuat kurva distribusi pengereman. Pengereman yang dianggap baik adalah ketika kurva pengereman berada di bawah

kurva pengereman ideal dan di atas kurva standar pengereman ECE. Oleh karena itu, langkah awal adalah menentukan kurva ideal pengereman serta kurva standar pengereman *ECE* sebelum menentukan porsi pengereman yang sesuai.

Metode perhitungan distribusi pengereman

Untuk menghitung distribusi pengereman, langkah pertama adalah menentukan persamaan W_f (Berat mobil pada sisi ban bagian depan) dan W_r (Berat mobil pada sisi ban bagian belakang) berdasarkan prinsip kesetimbangan momen pada kendaraan, sesuai dengan persamaan 2.4 dan persamaan 2.5. Kemudian, persamaan W_f dan W_r ini digunakan untuk menghasilkan distribusi pengereman mekanik. Untuk melakukannya, kita perlu menentukan gaya pengereman pada setiap roda berdasarkan beban normal yang diterima oleh roda kendaraan. Dengan informasi ini, kita dapat menghitung rasio gaya pengereman pada roda terhadap berat kendaraan menggunakan persamaan 2.6, yang kemudian menjadi sebuah persamaan yang digunakan dalam perhitungan distribusi pengereman. :

$$\frac{Fb_r}{W} = \frac{(L_f - \frac{a}{g} \cdot h)}{(L_r + \frac{a}{g} \cdot h)} \cdot \frac{Fb_f}{W} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan

$\frac{Fb_r}{W}$: Porsi Pengereman sisi roda depan

$\frac{Fb_f}{W}$: Porsi Pengereman sisi roda belakang

L_f : Jarak titik pusat mobil ke ban depan (m)

L_r : Jarak titik pusat mobil ke ban belakang (m)

h : Jarak titik pusat mobil ke pusat ban kendaraan (m)

$\frac{a}{g}$: Perbandingan perlambatan dengan gravitasi

Dengan mengvariasikan nilai $\frac{a}{g}$ dan $\frac{F_{br}}{W}$ dalam rentang 0,1 hingga 0,8 , sehingga bias didapatkan kurva pengereman ideal.

Kurva pengereman ideal memiliki peran penting dalam merancang sistem pengereman karena berfungsi sebagai batasan untuk pengereman maksimum. Jika distribusi pengereman melebihi kurva pengereman ideal, maka ban belakang kemungkinan akan cenderung mengunci lebih awal, dan ini dapat mengakibatkan kehilangan stabilitas kendaraan. Hal ini terjadi karena kemampuan roda belakang untuk mengatasi gaya dorong dari samping akan berkurang, yang dapat mengancam kestabilan kendaraan.

Langkah berikutnya adalah menghitung pengereman minimum kendaraan sesuai dengan standar ECE. Standar ECE menetapkan batasan pengereman minimum untuk menjaga agar distribusi pengereman tidak terlalu jauh dari kurva pengereman ideal, sehingga roda depan tidak mengunci terlalu cepat. Sesuai dengan regulasi ECE, roda depan harus mengunci lebih dulu. Ketika roda depan mengunci, pengereman pada roda belakang harus sesuai dengan persamaan 2.10.

Substitusi persamaan 2.10 dan persamaan 2.11 sehingga diperoleh :

$$\frac{F_{bf}}{W} = \frac{(Lr + \frac{a}{g}h)}{L} \mu \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

$\frac{F_{bf}}{W}$: Porsi Pengereman sisi roda belakang

Lr : Jarak titik pusat mobil ke ban belakang (m)

h : Jarak titik pusat mobil ke pusat ban kendaraan (m)

$\frac{a}{g}$: Perbandingan perlambatan dengan gravitasi

L : Jarak ban depan dan belakang (m)

μ : koefisien gesek

Kemudian, kita akan menggantikan persamaan 3.2 dengan persamaan yang menggambarkan perlambatan kendaraan, yaitu persamaan 2.7. Hal ini akan menghasilkan persamaan untuk menghitung rasio pengereman terhadap berat kendaraan sesuai dengan standar *regulasi ECE* yaitu:

$$\frac{F_{bf}}{W} = \frac{\mu}{L} (L_r + (0.1 + 0.85(\mu - 0.2) h)) \dots \dots \dots (3.3)$$

$$\frac{F_{br}}{W} \geq (0.1 + 0.85(\mu - 0.2)) - \frac{F_{bf}}{W} \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan :

$\frac{F_{bf}}{W}$: Porsi Pengereman sisi roda belakang

$\frac{F_{br}}{W}$: Porsi Pengereman sisi roda depan

L_r : Jarak titik pusat mobil ke ban belakang (m)

h : Jarak titik pusat mobil ke pusat ban kendaraan (m)

L : Jarak ban depan dan belakang (m)

μ : koefisien gesek

Setelah nilai koefisien gesek μ dimasukkan ke dalam persamaan 3.3 dan 3.4, dengan mengubahnya dari 0.2 hingga 0.8 dalam variasi yang berbeda, hasilnya adalah kurva distribusi untuk pengereman minimal sesuai dengan persyaratan peraturan ECE.

Untuk menentukan distribusi pengereman aktual, langkah pertama adalah menentukan gaya pengereman maksimum yang dapat dihasilkan oleh sistem regenerative brake sedemikian rupa sehingga tetap berada dalam batas kurva pengereman ideal sesuai dengan regulasi ECE. Gaya pengereman regenerative

brake ini dihitung berdasarkan torsi yang dapat dihasilkan oleh motor-generator kendaraan, sebagaimana yang tercantum dalam spesifikasi motor-generator.

Setelah itu, proses pengereman akan dilanjutkan dengan menggunakan rem mekanik. Rem mekanik ini akan dirancang sesuai dengan persamaan 3.5 untuk memastikan bahwa pengereman sesuai dengan kebutuhan.

$$F_{bf} = W_f \cdot \mu \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan :

F_{bf} : Gaya rem pada ban depan (N)

W_f : Berat mobil pada sisi ban bagian depan (N)

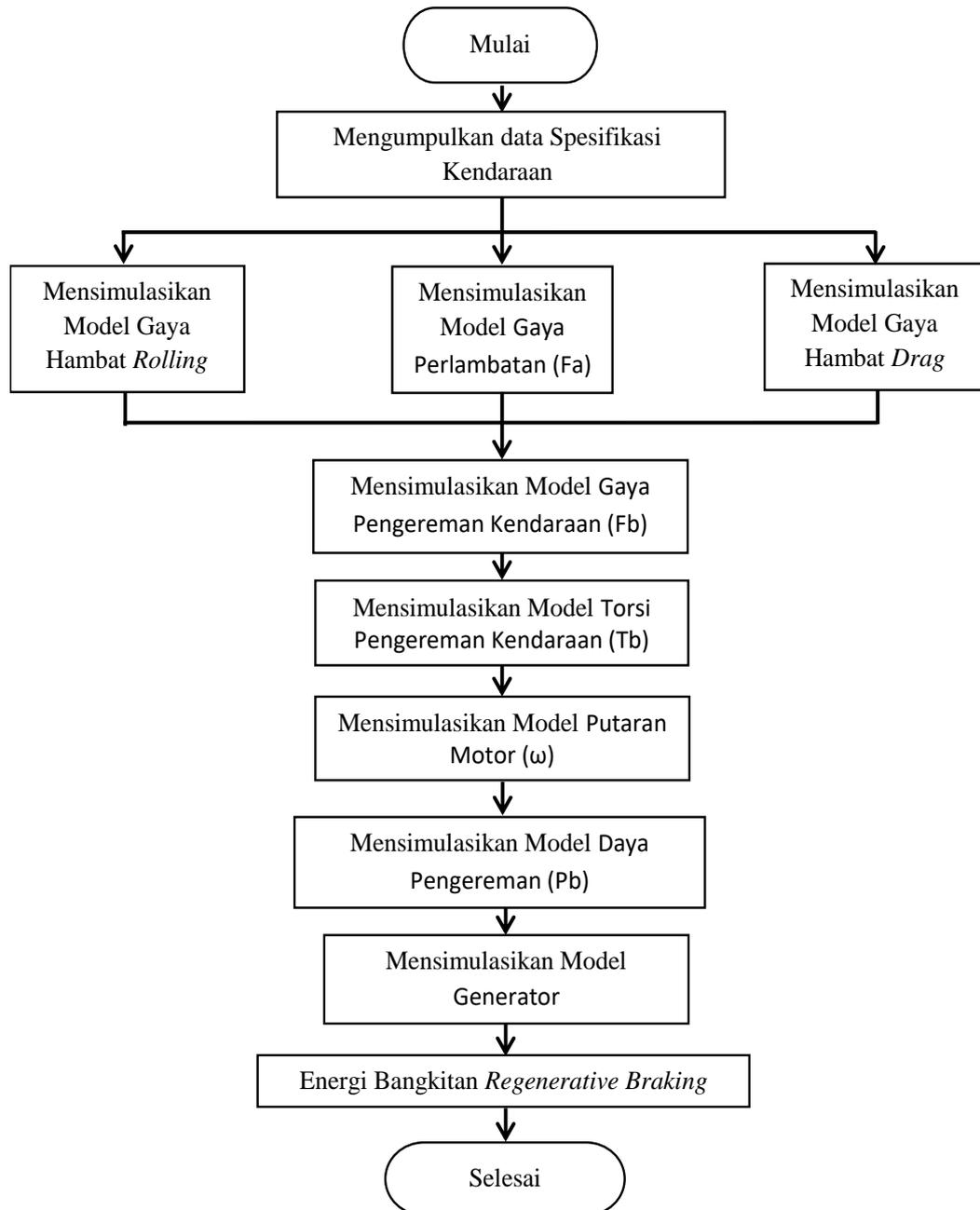
μ : koefisien gesek

Dengan menggunakan nilai W_f dan koefisien gesek lintasan sebesar 0.8, maka kita dapatkan grafik pengereman aktual.

Porsi pengereman mekanik yang sudah diperoleh kemudian digunakan untuk menentukan gaya pengereman mekanik pada setiap roda, baik roda depan maupun roda belakang. Dalam upaya mencari pengaturan porsi dan gaya pengereman yang optimal pada kendaraan, diperlukan memvariasi nilai koefisien gesek jalan dari 0,5 hingga 0,8, sesuai dengan berbagai kondisi jalan yang umumnya ditemui di perkotaan

Porsi pengereman yang telah dihasilkan akan diaplikasikan dalam simulasi *software matlab simulink* untuk menentukan berapa banyak energi yang dapat diserap oleh sistem *regenerative brake*.

3.2.2 Diagram Alir Analisa Energi Bangkitan Maksimal

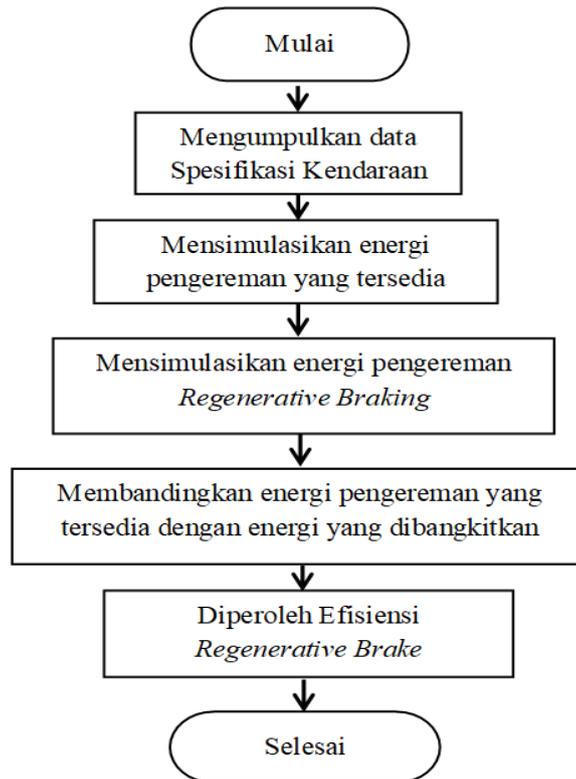


Gambar 3.3 Diagram Alir Mencari Energi Bangkitan Maksimal

Energi yang dihasilkan oleh sistem regenerative brake dapat diperoleh melalui simulasi menggunakan model dinamika kendaraan yang dibuat dengan perangkat lunak Matlab-Simulink. Simulasi ini menggunakan siklus penggerak WLTP Class 1 sebagai input driving. Untuk mendapatkan output energi bangkitan,

pemodelan dilakukan sesuai dengan alur perhitungan energi *regenerative brake* yang telah ditentukan dalam *flowchart*.

3.2.3. Diagram Alir Mencari Efisiensi Sistem *Regenerative Brake*



Gambar 3.13 Diagram Alir Mencari Efisiensi Sistem *Regenerative Brake*

Untuk mengukur efisiensi pengereman, kita perlu membandingkan energi yang tersedia (energi yang diperlukan oleh sistem pengereman untuk melakukan perlambatan kendaraan) dengan energi yang diterima oleh *generator*. Energi pengereman yang tersediadiperoleh melalui simulasi sistem pengereman menggunakan perangkat lunak seperti *Matlab-Simulink*. Selanjutnya, energi yang dihasilkan dari simulasi pengereman secara keseluruhan dibandingkan dengan energi yang berhasil diambil oleh generator dalam simulasi menggunakan perangkat lunak *Simulink-Matlab*. Hasil perbandingan ini akan memberikan persentase energi yang berhasil diteruskan ke *generator* dan dapat digunakan kembali