



TUGAS AKHIR-TM184835

# ANALISIS PENINGKATAN KINERJA DINAMIS SKUTER BERTENAGA LISTRIK

Galih Argo Wicaksono  
02111640000148

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2022



**TUGAS AKHIR-TM184835**

**ANALISIS PENINGKATAN KINERJA DINAMIS SKUTER BERTENAGA LISTRIK**

**Galih Argo Wicaksono  
02111640000148**

Dosen Pembimbing  
**Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D**  
195106051978031002

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2022**



**FINAL PROJECT - TM184835**

**ANALYSIS AND DYNAMIC PERFORMANCE  
IMPROVEMENT OF ELECTRIC SCOOTER**

**Galih Argo Wicaksono**

02111640000148

Advisory Lecture

**Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.**

195106051978031002

**DEPARTEMENT OF MECHANICAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY AND SYSTEMS ENGINEERING  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISA DAN PENINGKATAN KINERJA DINAMIS SKUTER BERTENAGA LISTRIK

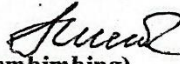


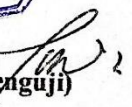
#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Desain  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Galih Argo Wicaksono  
NRP. 02111640000148

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.   
NIP. 195106051978031002 (Pembimbing)
2. Aida Annisa Amin Daman, ST, MT   
NIP. 198907052015042005 (Penguji)
3. Ir. Julendra Bambang Ariatedja, ME   
NIP. 196807061999031004 (Penguji)
4. Achmad Syaifudin, ST., MEng., PhD.   
NIP. 197909262005011001 (Penguji)

SURABAYA  
JULI 2022

## APPROVAL SHEET

### ANALYSIS AND DYNAMIC PERFORMANCE OF ELECTRIC SCOOTER

#### FINAL PROJECT

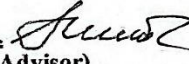
Submitted to fulfill one of the requirements for obtaining a degree in Mechanical Engineering at Undergraduate Study Program of Mechanical Engineering Department of Mechanical Engineering Faculty of Industrial Technology and System Engineering Institut Teknologi Sepuluh Nopember

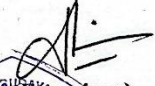
Oleh:


**Galih Argo Wicaksono**


NRP. 02111640000148

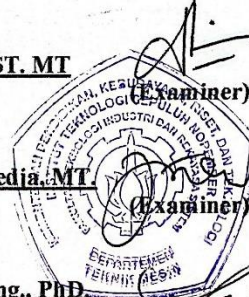
Approved by Final Project Examiner Team:

1. **Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.**   
NIP. 195106051978031002 (Advisor)

2. **Aida Annisa Amin Daman, ST, MT**   
NIP. 198907052015042005 (Examiner)

3. **Ir. Julendra Bambang Ariatedia, MT**   
NIP. 196807061999031004 (Examiner)

4. **Achmad Syaifudin, ST., MEng., PhD**   
NIP. 197909262005011001 (Examiner)



SURABAYA  
JULI 2022

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Galih Argo Wicaksono / 02111640000148  
Program studi : Teknik Mesin  
Dosen Pembimbing / NIP : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D. /  
195106051978031002

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Analisa dan Peningkatan Kinerja Dinamis Skuter Bertenaga Listrik” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

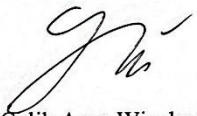
Surabaya, 29 Juli 2022

Mengetahui  
Dosen Pembimbing



Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 195106051978031002

Mahasiswa



Galih Argo Wicaksono  
NRP. 02111640000148



## STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Galih Argo Wicaksono / 02111640000148  
Department : Mechanical Engineering  
Advisor / NIP : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D. /  
195106051978031002

Hereby declare that the Final Project with the title of "Analysis and Dynamic Performance Of Electric Scooter" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 29 July 2022

Acknowledged

Advisor



Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 195106051978031002

Student,

Galih Argo Wicaksono  
NRP. 02111640000148

# ANALISA DAN PENINGKATAN KINERJA DINAMIS SKUTER BERTENAGA LISTRIK

**Nama : Galih Argo Wicaksono**

**NRP : 02111640000148**

**Departemen : Teknik Mesin**

**Dosen Pembimbing : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra M.Sc., Ph.D**

## ABSTRAK

*Micromobility merupakan sebuah inovasi dalam memenuhi kebutuhan transportasi dalam skala urban dan merupakan salah satu opsi transportasi yang berkelanjutan. Salah satu jenis dari moda transportasi ini adalah scooter listrik yang produksinya meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan besar porsi, gaya, dan kuat arus yang dibutuhkan rem mekanis dan regenerative brake pada kendaraan tersebut. Metode eksperimen dengan menggunakan scooter listrik tipe Xiaomi M365 dengan percobaan sebanyak 15 kali dengan rute Teknik Mesin ITS menuju Jalan Raya Keputih – Surabaya (rute A) dan perumahan pakuwon city sukililo (rute B) dengan jarak tempuh 2.5 KM. Skuter listrik yang digunakan merupakan tipe 500 Watt atau 0.5 KW yang memiliki harga yang paling terjangkau diantara semua tipe skuter listrik. Untuk mendapatkan kinerja scooter dilakukan pengambilan data berupa kecepatan maksimum, pengereman, akselerasi, dan kemiringan maksimum. Driving Cycle didapatkan dengan merekam lintasan menggunakan aplikasi 365 tools yang merekam kecepatan terhadap waktu. Energi yang digunakan dalam suatu driving cycle didapatkan dari penggunaan watt dan arus listrik yang didapatkan dari aplikasi 365 tools. Hasil dari Penelitian ini menemukan bahwa driving cycle dengan menggunakan pengereman regenerative memberikan efisiensi driving cycle sebesar 30% pada Rute A, dengan rata – rata penggunaan kapasitas baterai dari 428 mAh per kilometer menjadi 318 mAh per kilometer. Sedangkan, pada rute driving cycle rute B penggunaan pengereman regenerative tidak memberikan efisiensi yang signifikan. Sedangkan pengujian peningkatan skuter pada sektor tenaga dengan peningkatan kemampuan kecepatan puncak yang emberikan peningkatan kecepatan sebesar 5 km/jam, peningkatan kemampuan menanjak menjadi 12 derajat, peningkatan akselerasi lebih cepat 1,2 detik, serta peningkatan pengereman sebesar 20% dari standard parik.*

**Kata Kunci : Scooter Listrik, Driving Cycle, Kecepatan, Pengereman, Akselerasi**



# ANALYSIS AND DYNAMIC PERFORMANCE IMPROVEMENT OF ELECTRIC SCOOTER

**Student Name** : Galih Argo Wicaksono  
**NRP** : 02111640000148  
**Departement** : Teknik Mesin FTIRS-ITS  
**Advisor** : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra M.Sc., Ph.D

## ABSTRACT

*Micromobility is an innovation in meeting transportation needs on an urban scale and is a sustainable transportation option. One type of this mode of transportation is the electric scooter whose production has increased in recent years. The purpose of this study was to obtain the portion size, force, and current required for mechanical brakes and regenerative brakes on these vehicles. The experimental method uses an electric scooter of the Xiaomi M365 type with 15 experiments on the ITS Mechanical Engineering route to Jalan Raya Keputih – Surabaya (route A) and the Pakwon city Sukililo housing estate (route B) with a distance of 2.5 KM. The electric scooter used is a type of 500 Watt or 0.5 KW which has the most affordable price among all types of electric scooters. To get the performance of the scooter, data were collected in the form of maximum speed, braking, acceleration, and maximum incline. Driving Cycle is obtained by recording the trajectory using the 365 tools application that records speed against time. The energy used in a driving cycle is obtained from the use of watts and electric current obtained from the 365 tools application. The results of this study found that the driving cycle using regenerative braking provides a driving cycle efficiency of 30% on Route A, with an average battery capacity usage from 428 mAh per kilometer to 318 mAh per kilometer. Meanwhile, on the driving cycle route B, the use of regenerative braking system does not provide significant efficiency. While testing the scooter improvement in the power sector with an increase in top speed capability which provides an increase in speed of 5 km / h, an increase in the ability to climb to 12 degrees, an increase in acceleration of 1.2 seconds faster, and an increase in braking by 20% from the factory standard.*

**Keyword** :*Electric Scooter, Driving Cycle, Speed, Braking, Acceleration.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Keberhasilan dalam penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan tugas akhir ini, antara lain:

1. Kedua orang tua, kakak saya Kartika, adik saya Adinda, ipar saya Mas Ryan dan keponakan saya Kanaya yang selalu memberikan dukungan baik secara materil maupun moral.
2. Bapak Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D, selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberi masukan, arahan, ilmu, motivasi, dan waktu untuk mendampingi penulis
3. Angkatan M59 yang telah menjadi keluarga bagi penulis selama menempuh perkuliahan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
4. Dhiska Lee selaku teman baik saya yang selalu memberikan dukungan
5. Semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak. Penulis berharap tugas akhir ini dapat memberi manfaat di kemudian hari.

Surabaya, Juli 2022



Penulis, Galih Argo Wicaksono

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Manfaat Penelitian .....	2
<b>BAB II</b> .....	<b>3</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	<b>3</b>
2.1. Penelitian Terdahulu .....	3
2.1.1. Distribusi Pengereman, Pengereman Regenerative, Dan Efisiensi Pengereman Regenerative Pada Skuter Honda PCX Hybrid.....	3
2.1.2. Analisa Aerodinamika skuter .....	5
2.1.3. Rasio, Tingkat Transmisi, Sistem Tenaga dan Regenerative Brake pada Truk Bertenaga Listrik.....	9
2.1.4. Analisa Pengereman Pada Disc Brake .....	11
2.2. Skuter sebagai Moda <i>Micromobility</i> .....	12
2.2.1. Kinerja Skuter .....	13
2.3. Regenerative Brake System .....	13
2.4. Center of Gravity .....	14
2.5. Prinsip Dasar Pengereman .....	16
2.5.1. Hukum Gerak Newton.....	16
2.5.2. Hukum Konservasi Energi .....	16
2.6. Gaya dan Energi pada Kendaraan Bergerak .....	16
2.7. Distribusi Gaya Pengereman .....	17

2.7.1.	Kontribusi dan Efisiensi Pengereman.....	19
2.7.2.	Driving Cycle .....	19
2.8.	RHP Skuter Listrik.....	19
2.9.	Gaya Hambatan Kendaraan .....	20
2.9.1.	Gaya Hambat Drag ( FD ) .....	20
2.9.2.	Gaya Hambat Rolling ( FRR ) .....	20
2.9.3.	Gaya Hambat <i>Gradient</i> (Fg).....	21
<b>BAB III</b>	.....	<b>22</b>
<b>METODE PENELITIAN</b>	.....	<b>22</b>
3.1.	Kerangka Penelitian.....	22
3.2.	Data Model Scooter .....	23
3.3.	Pengujian Driving cycle.....	24
3.3.1.	Rute Pengambilan <i>Driving Cycle</i> .....	25
3.3.2.	Flowchart Pengambilan Data Driving Cycle .....	27
3.4.	Analisis Efisiensi Sistem <i>Regenerative Braking</i> .....	28
3.5.	Analisis Dinamika Kendaraan .....	29
3.6.	Lokasi Pengambilan Data Kecepatan Maksimal, Percepatan Maksimal, dan <i>Stopping Distance</i> .....	31
3.7.1.	Pengujian Akselerasi Kecepatan Maksimum .....	32
3.7.2.	Pengujian Kecepatan Maksimum .....	34
3.7.3	Pengujian Kemiringan Maksimum .....	34
3.7.	Pengujian Jarak Pengereman .....	36
<b>BAB IV</b>	.....	<b>39</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	.....	<b>39</b>
4.1.	Hasil <i>Driving Cycle</i> Skuter .....	39
4.1.1.	Hasil <i>Driving Cycle</i> Melalui Rute A .....	39
4.1.2.	Hasil <i>Driving Cycle</i> Melalui Rute B .....	44
4.2.	Pengujian dan Peningkatan Kerja Skuter.....	50
4.2.1	Hasil Pengujian dan Peningkatan Pengereman Skuter.....	50
4.3.	Peningkatan Tenaga Skuter .....	52
4.3.1.	Peningkatan Kemampuan Menanjak.....	52
4.3.2.	Kecepatan Puncak.....	54
4.3.3.	Akselerasi .....	55
<b>BAB V</b>	.....	<b>56</b>

<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>56</b>
<b>5.1. Kesimpulan. ....</b>	<b>56</b>
<b>5.2. Saran.....</b>	<b>56</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kurva Distribusi Pengereman.....	3
Gambar 2. 2 Grafik RHP terhadap driving cycle WMTC1 .....	4
Gambar 2. 3 Grafik RHP terhadap driving cycle WMTC 2.....	4
Gambar 2. 4 Grafik energi bangkitan terhadap waktu driving cycle WMTC kelas 1 .....	5
Gambar 2. 5 Grafik energi bangkitan terhadap waktu driving cycle WMTC kelas 2.....	5
Gambar 2. 6 Tampak Atas Masalah yang Mungkin Timbul pada Pengguna dikarenakan Kecepatan Angin .....	6
Gambar 2. 7 Dimensi Terluar dari Skuter yang Digunakan pada Penelitian Arcarer S (2021) .....	6
Gambar 2. 8 Berbagi Tampak Penggunaan Skuter dilihat dari Sudut yang berbeda.....	7
Gambar 2. 9 Vortisitas pada Kasus 4 dan Kasus 7 .....	8
Gambar 2. 10 Grafik Gaya Hambat Drag.....	9
Gambar 2. 11 Grafik Gaya Hambat Gradien.....	10
Gambar 2. 12 Grafik Gaya Hambat Rolling.....	10
<i>Gambar 2. 13 Grafik Kebutuhan Daya Kendaraan.</i> .....	11
Gambar 2. 14 Skuter Xiaomi Midjia 365 .....	12
Gambar 2. 15 Dimensi Skuter Xiaomi Midjia 365.....	12
Gambar 2. 16 Kinerja motor listrik ketika mengemudi normal (kiri) dan kinerja motor listrik ketika regenerative braking saat bekerja (kanan) .....	14
Gambar 2. 17 ilustrasi dari COG.....	14
Gambar 2. 18 ilustrasi kendaraan bermotor pada kemiringan.....	15
Gambar 2.19 Freebody Diagram gaya kendaraan bergerak .....	16
Gambar 2. 20 Kurva besar rolling resistance terhadap tekanan ban .....	17
Gambar 3. 1 Flowchart Langkah Penelitian .....	22
Gambar 3. 2 Modifikasi Cakram Skuter: Rotor 120mm dan 110mm .....	24
Gambar 3. 3 Tuas Pengereman pada Skuter dan Motor 700 Watt (Rito EasySport) .....	24
Gambar 3. 4 Kondisi Skuter setelah penggantian motor dan piringan cakram .....	24
Gambar 3. 5 Driving Cycle.....	25
Gambar 3. 6 Interface dari M365 Tools .....	25
Gambar 3. 7 Rute A Pengambilan Data .....	26
Gambar 3. 8 Rute B Driving Cycle .....	26
Gambar 3. 9 Flowchart Perhitungan Kontribusi Sistem Regenerative.....	27
Gambar 3. 10 Penambahan Tuas pada Skuter .....	28
Gambar 3. 11 Flowchart Analisis Efisiensi Sistem Regenerative Braking .....	29
Gambar 3. 12 Flowchart Proses Pengambilan Data .....	30
Gambar 3. 13 Dokumentasi Rute Dharmahasada .....	31
Gambar 3. 14 Tanjakan MERR Surabaya .....	32
Gambar 3. 15 Flowchart Pengujian Akselerasi .....	33
Gambar 3. 16 Flowchart uji kecepatan maksimum. ....	34
Gambar 3. 17 Uji Kemiringan Maksimum.....	35
Gambar 3. 18 garis dari awal, hingga berhentinya skuter .....	36



Gambar 3. 19 Flowchart Pengujian Pengereman .....	37
Gambar 3. 20 Penggantian ukuran rotor (disc) untuk peningkatan kinerja pengereman skuter ..	38
Gambar 4. 1 Driving Cycle Pengereman Regenerative.....	39
Gambar 4. 2 Driving Cycle Pengereman Mekanis .....	39
Gambar 4. 3 Grafik RHP Rute A dengan pengereman regeneratif .....	40
Gambar 4.4 Grafik RHP Rute A dengan pengereman mekanis .....	40
Gambar 4. 5 Micro Driving Cycle 1 .....	41
Gambar 4. 6 RHP Micro Driving Cycle 1 .....	41
Gambar 4. 7 Micro Driving Cycle 2.....	42
Gambar 4. 8 RHP Micro Driving Cycle 2.....	42
Gambar 4. 9 Micro Driving Cycle 3.....	43
Gambar 4. 10 RHP Micro Driving Cycle.....	43
Gambar 4. 11 grafik penggunaan daya pengereman regenerative.....	44
Gambar 4.12 Kapasitas Baterai Mekanis .....	44
Gambar 4. 13 Driving Cycle Pengereman Regenerative pada Rute B .....	45
Gambar 4. 14 Driving Cycle Pengereman Mekanis pada Rute B .....	45
Gambar 4. 15 Grafik Penggunaan Daya pada Variabel Regeneratif .....	46
Gambar 4.16 Grafik RHP Penggunaan Daya Tanpa Pengereman Regeneratif.....	46
Gambar 4.17 Grafik Kontribusi Pengereman Regeneratif .....	47
Gambar 4.19 18 Grafik Micro Diving Cycle 1.....	47
Gambar 4.19 Grafik RHP Micro-Cycle 1.....	48
Gambar 4. 20 Grafik Micro-Cycle 2 .....	48
Gambar 4. 21 Grafik RHP Micro-Cycle 2.....	49
<i>Gambar 4. 22 Grafik Penurunan Daya Baterai pada Pengereman Regenerative.....</i>	<i>49</i>
Gambar 4.23 Grafik Penurunan Daya Baterai pada Pengereman Mekanis.....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Skenario desain eksperimen berdasarkan konsumsi energi.....	7
Tabel 2. 2 Skenario desain eksperimen pada stabilitas lateral .....	7
Tabel 2. 3 Power Consumption Cases dan Stability Case.....	9
Tabel 2. Tabel Data Spesifikasi Skuter .....	13
Tabel 3. 1 Spesifikasi Skuter .....	23
Tabel 4. 1 Hasil Pengereman Sebelum dan Sesudah Peningkatan .....	50
<i>Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Pengereman.....</i>	<i>51</i>
Tabel 4.3 Rasio Pengereman Depan dan Belakang.....	52
Tabel 4.5 Tabel peningkatan skuter pada kemiringan 12° 4 .....	53
Tabel 4.5 Tabel Kecepatan Maksimal Sebelum dan Sesudah Penggantian Motor 700W .....	54
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Akselerasi.....	55

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Penggunaan transportasi mempermudah kehidupan manusia dalam melakukan aktivitas, tetapi penggunaan transportasi yang terus meningkat memiliki dampak yang negatif terutama pada lingkungan (Oeschger, 2020). Sektor transportasi menempati tempat ketiga dalam konsumsi produk *petroleum* dan merupakan kontributor tertinggi dalam polusi udara di dunia, yaitu sebesar 80% (United Nations Economic, and Social Council, 2011). Oleh karena itu, ada beberapa tahun silam penggunaan kendaraan berbahan bakar minyak sudah mulai dikurangi. Hal ini juga dipicu dengan berkurangnya cadangan minyak di bumi alam kita ini. Hal tersebut mengakibatkan kebutuhan akan sebuah moda transportasi yang ramah lingkungan dan menggunakan energi dalam jumlah yang efektif (Faris, 2011). Salah satu alternatif yang dikembangkan saat ini adalah kendaraan berbasis listrik maupun *hybrid* (Ogunkunbi, 2020).

Dikutip dari data *International Energy Agency*, peningkatan kendaraan berbasis listrik dan *hybrid* mengalami peningkatan rata-rata per tahun sebesar 60% dan pada tahun 2019 terhitung sekitar 7.2 juta kendaraan listrik yang diproduksi di dunia (IEA). Keberadaan moda transportasi berbasis listrik maupun *hybrid* mulai bermunculan dan memiliki daya tarik sendiri terhadap konsumen serta murahnya biaya pengoperasian kendaraan listrik memberikan ketertarikan sendiri pada penggunaannya. Ditambah dengan peningkatan penggunaan transportasi umum sebesar 7,08 juta jiwa atau sebesar 5,98% dari penduduk yang bekerja adalah pekerja komuter (Survei Angkatan Kerja Nasional, 2017). Hal ini dilakukan demi mengurangi emisi karbon berbahaya yang ada pada kendaraan berbahan bakar minyak, tetapi untuk mencapai stasiun atau bus stop tersebut memerlukan sebuah moda transportasi jarak pendek atau disebut *micromobility*. *Micromobility* merupakan sebuah inovasi dalam memenuhi kebutuhan transportasi dalam skala urban dan merupakan salah satu opsi transportasi yang berkelanjutan (Clewlow, 2018).

Dalam pasar skuter elektrik, banyak tipe tipe yang dapat digunakan, berdasarkan daya motor listrik yang terdiri dari 500 Watt Hingga 3000 Watt yang banyak berada dipasaran. Pada pengujian kali ini peneliti menggunakan tipe 500 Watt atau 0.5 KW dimana memiliki harga yang paling terjangkau diantara semua tipe skuter listrik.

Pada tugas akhir ini, peneliti akan menganalisa kinerja dinamik regenerative brake *driving cycle* dan pengembangannya dari sebuah model transportasi *micromobility* berupa *kick scooter*. Pengujian akan dilakukan pada Kelurahan Keputih, Sukolilo, Surabaya. Hal ini dilakukan karena banyaknya mahasiswa yang datang dan pergi melalui kelurahan ini, serta jalur umum yang digunakan para mahasiswa dari Kelurahan Keputih menuju kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Serta pemberian peningkatan skuter berupa penggantian motor listrik dari 500 watt menjadi 700 watt, dan penggantian ukuran disc brake dari 110 mm menjadi 120 mm demi meningkatkan kemampuan menanjak, akselerasi, kecepatan puncak, dan kemampuan pengereman demi meningkatkan kualitas pengendara sehari hari.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Melihat adanya potensi penggunaan *micromobility* sebagai salah satu opsi transportasi berkelanjutan maka dalam penelitian ini membahas sebagai berikut.

1. Berapakah porsi pengereman dan gaya pengereman mekanis dan pengereman *regenerative* yang digunakan skuter?
2. Berapa kontribusi pengereman *regenerative* terhadap kebutuhan daya pada suatu *driving cycle*?
3. Bagaimana rancangan dari pengembangan dan kinerja dinamik pada skuter?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan besar porsi, gaya, dan kuat arus yang dibutuhkan rem mekanis dan *regenerative brake* pada kendaraan tersebut.

1. Mendapatkan porsi pengereman dan gaya pengereman mekanis dan pengereman regenerasi yang digunakan skuter.
2. Mendapatkan kontribusi pengereman *regenerative* terhadap kebutuhan daya pada suatu *driving cycle*.
3. Rancangan pengembangan dan kinerja dinamik pada skuter?

## **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Parameter kendaraan yang digunakan merupakan spesifikasi pada skuter Xiaomi Midjia 365.
2. Sistem penyimpanan energi merupakan baterai pada kendaraan tersebut
3. Massa total dari objek penelitian merupakan beban kendaraan ditambah pengguna dengan beban maksimal yang diperbolehkan oleh manufaktur kendaraan.

## **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Secara umum penelitian ini diharapkan untuk memberikan analisis dari efisiensi dan fungsi dari skuter sebagai modal transportasi *micromobility*.
2. Diharapkan agar lebih banyak pengguna skuter untuk keperluan *micromobility*.
3. Memberikan bantuan pada masyarakat untuk beralih kepada kendaraan listrik.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

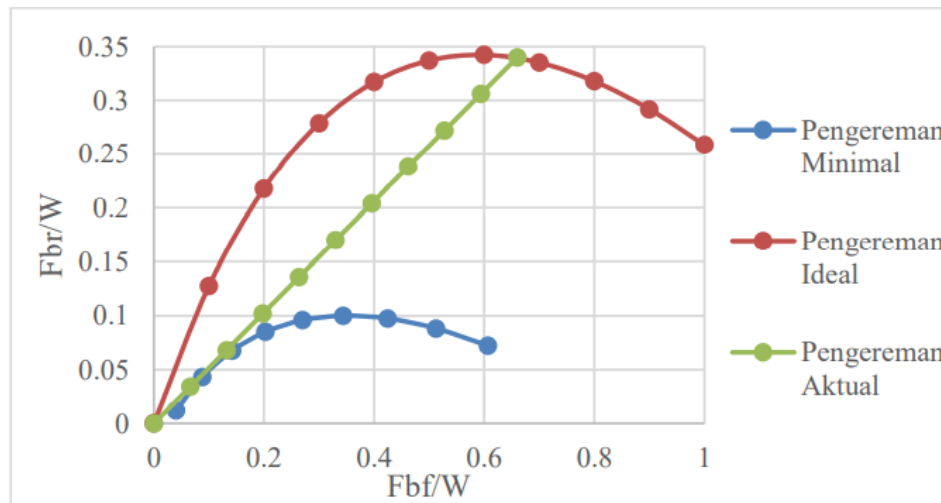
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tinjauan pustaka yang akan digunakan pada penelitian. Penelitian ini mengkaji beberapa penelitian sebelumnya yaitu analisis rasio, tingkat transmisi, sistem tenaga, dan *regenerative brake* pada skuter bertenaga listrik.

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Pada sub bab ini menjelaskan mengenai penelitian terdahulu yang relevan dalam penelitian. Penelitian yang relevan terkait penelitian yang akan dilakukan adalah mengenai distribusi pengereman, pengereman regenerative dan efisiensi pengereman regenerative pada skuter.

#### 2.1.1. Distribusi Pengereman, Pengereman Regenerative, Dan Efisiensi Pengereman Regenerative Pada Skuter Honda PCX Hybrid

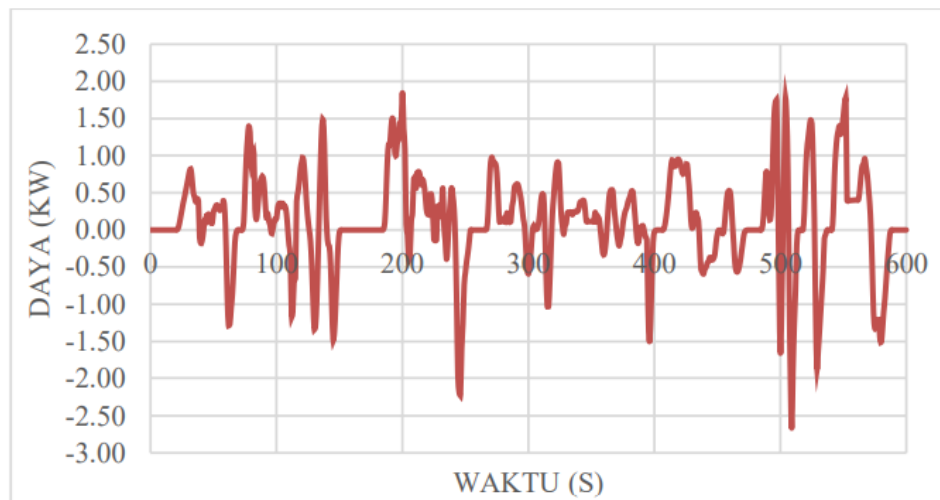
Penelitian yang dilakukan oleh Fajri Afurqan (2020) mengenai distribusi pengereman, pengereman regenerative, dan efisiensi pengereman regenerative pada skuter Honda PCX hybrid terhadap driving cycle yang ada pada World Motorcycle Test Cycle (WMTC) menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut



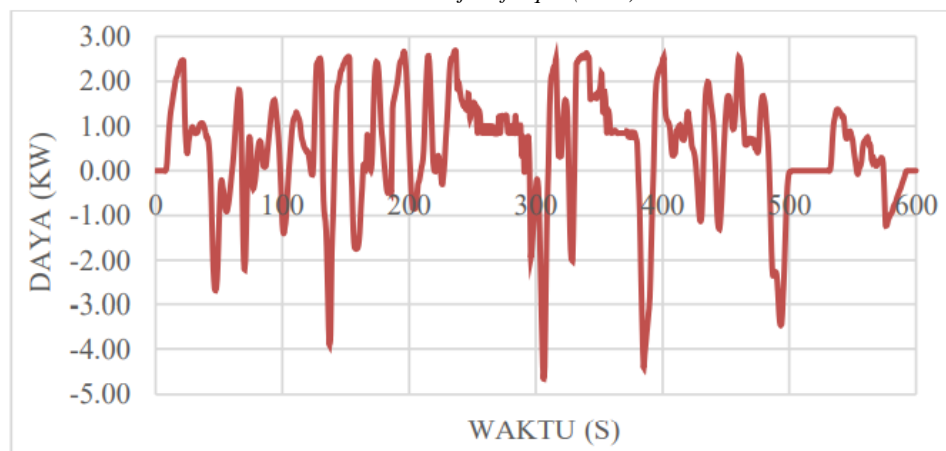
Gambar 2.1 Kurva Distribusi Pengereman  
Sumber : Fajri Afurqan (2020)

Pada Gambar 2.1, sumbu x mewakili porsi pengereman roda depan ( $F_{bf}/W$ ) dan sumbu y mewakili porsi pengereman pada roda belakang ( $F_{br}/W$ ). Berdasarkan kurva distribusi pengereman tersebut, nilai porsi pengereman aktual yang dirancang dianggap baik karena garis pengereman aktual berada di atas kurva pengereman minimal bersinggungan, tetapi tidak melewati kurva pengereman ideal dan memenuhi syarat porsi pengereman. Sedangkan, porsi pengereman roda depan harus lebih besar dibanding roda belakang. Nilai porsi pengereman aktual digunakan untuk menentukan besar gaya pengereman mekanis dan *regenerative* yang diperlukan.

Selanjutnya terdapat kontribusi *regenerative braking* pada kebutuhan daya kendaraan, yakni *plotting* grafik merupakan perhitungan  $R_{hp}$  pada driving cycle kelas 1 dan kelas 2 menurut WMTC.



Gambar 2. 2 Grafik RHP terhadap driving cycle WMTC1  
 Sumber : Fajri Afurqan (2020)



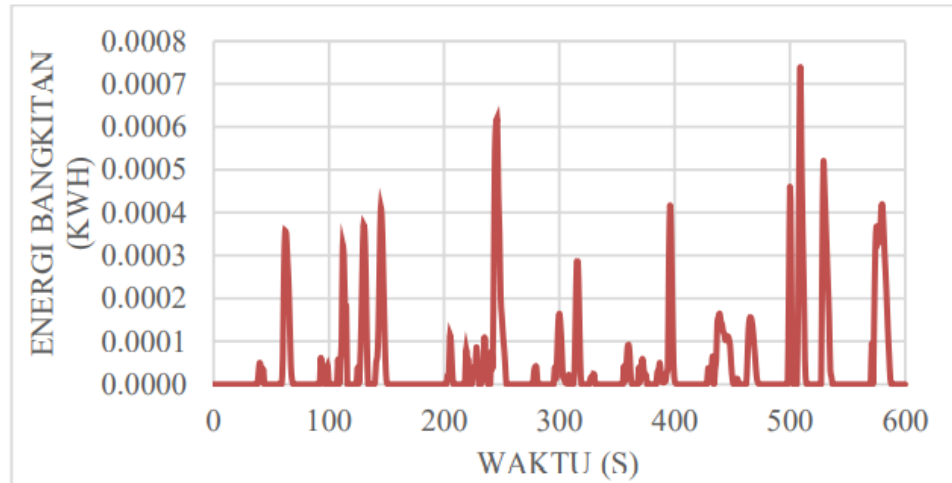
Gambar 2. 3 Grafik RHP terhadap driving cycle WMTC 2  
 Sumber : Fajri Afurqan (2020)

Pada kedua gambar grafik di atas (gambar 2.2 dan 2.3) dapat diketahui bahwa nilai Rhp mengikuti dari *driving cycle* yang disediakan. Hal ini dipengaruhi dari kecepatan dan gaya inersia setiap detiknya. Ketika gaya inersia kendaraan bernilai negatif, maka besar Rhp kendaraan dimanfaatkan oleh sistem *regenerative braking* yang disalurkan kembali menjadi energi potensial listrik.

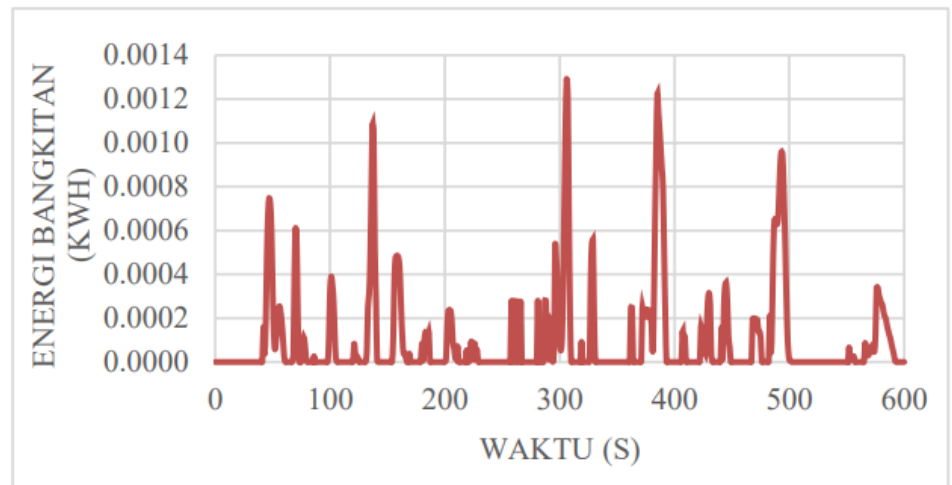
Pada grafik tersebut data menunjukkan bahwa nilai Rhp terbesar pada *driving cycle* WMTC kelas 1 didapatkan pada detik 200 sebesar 1,85 kW dan nilai terendah didapatkan pada detik 509 sebesar -2,67 kW. Selanjutnya nilai Rhp terbesar pada *driving cycle* WMTC kelas 2 didapatkan pada detik 237 sebesar 2,68 kW dan nilai terendah didapatkan pada detik 306 sebesar -4,65 kW. Jumlah total Rhp pada *driving cycle* WMTC kelas 1 dan WMTC kelas 2 adalah 263,97 kW dan 651,81 kW. Perbandingan antara *regenerative Rhp* dan total Rhp akan menghasilkan besaran persentase kontribusi *regenerative system* terhadap kebutuhan daya kendaraan.

Pada perhitungan ketiga, yaitu efisiensi *regenerative braking* memiliki nilai yang didapatkan melalui perbandingan Rhp regenerasi dan Rhp total akan memberikan besaran persentase kontribusi *regenerative braking* terhadap keseluruhan *driving cycle* WMTC.





Gambar 2. 4 Grafik energi bangkitan terhadap waktu driving cycle WMTC kelas 1  
 Sumber : Fajri Afurqan (2020)



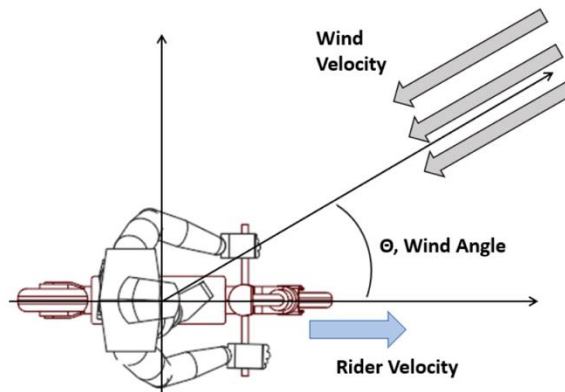
Gambar 2. 5 Grafik energi bangkitan terhadap waktu driving cycle WMTC kelas 2  
 Sumber : Fajri Afurqan (2020)

Berdasarkan grafik yang dihasilkan (gambar 2.4 dan 2.5) pada perhitungan di atas, didapatkan bahwa nilai bangkitan maksimum WMTC kelas 1 sebesar 0,000741 kWh pada detik ke-509 dan bangkitan maksimum WMTC kelas 2 sebesar 0,001292 kWh pada detik ke-307.

### 2.1.2. Analisa Aerodinamika skuter

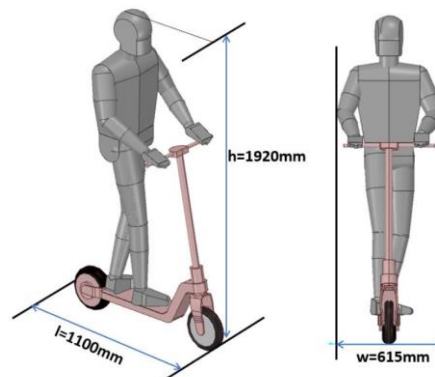
Berdasarkan penelitian Arcarer S (2021) mengenai aerodinamika menggunakan komputersasi dinamika fluida. Aerodinamika dapat dianggap sebagai fenomena fisika paling umum yang perlu dianalisis pada tahap desain semua kendaraan yang berjalan pada udara. Dalam kasus tertentu, memungkinkan adanya interaksi gaya yang besar dengan udara dalam hal gaya hambat atau gaya angkat. Sehingga memungkinkan adanya pertimbangan pada kendaraan darat yang memiliki efek pada sistemnya. Pada studi kasus yang dilakukan oleh Arcarer S (2021), penelitian mengenai aerodinamis dilakukan pada skuter bertenaga listrik yang disebut *Personal Light Electric Vehicle* (PLEV). Pada kendaraan ini, keselamatan pengguna sangat bergantung

kepada aerodinamika. Selain itu, PLEV juga harus mementingkan penggunaan daya yang rendah atau efisien.



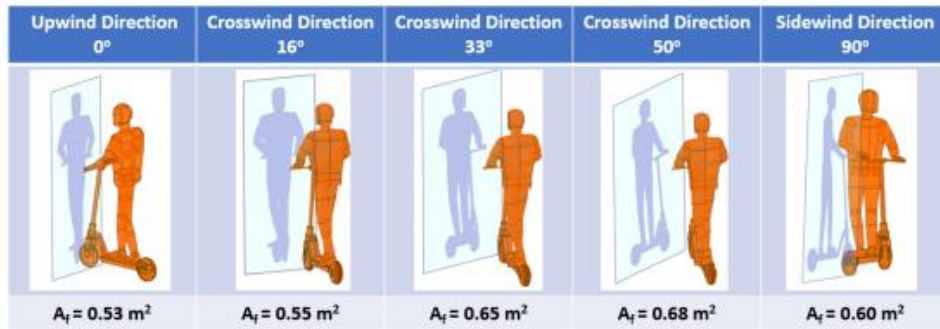
Gambar 2. 6 Tampak Atas Masalah yang Mungkin Timbul pada Pengguna dikarenakan Kecepatan Angin  
Sumber : Arcarer S (2021)

Dinamika longitudinal dan analisis stabilitas kendaraan roda dua memiliki aspek penting dari sudut pandang konsumsi energi, keselamatan, penanganan, dan kenyamanan. Pada gambar 2.6 kecepatan angin memiliki dampak negative pada traksi dan stabilitas pada kendaraan PLEV. Hal ini dikarenakan dapat menyebabkan peningkatan konsumsi energi yang berasal dari gaya hambat aerodinamis dalam kondisi mengemudi di jalan lurus.



Gambar 2. 7 Dimensi Terluar dari Skuter yang Digunakan pada Penelitain Arcarer S (2021)

Pada penelitain Arcarer S (2021) digunakan PLEV dengan berat 20Kg. Gambar 2.7 merupakan dimensi dari skuter yang digunakan dan postur tubuh yang umum dari pengguna PLEV. Pada penelitian ini menggunakan scenario yang dikategorikan menjadi dua aspek berdasarkan konsumsi energi, dan stabilitas lateral. Dalam kasus konsumsi energi, skuter listrik diasumsikan bergerak dengan lurus kedepan dengan kecepatan maksimum konstan pada 25 km/jam dengan melawan arah angin (sudut angin adalah nol) dengan maksimum kecepatan angin yaitu 30km/jam.



Gambar 2. 8 Berbagai Tampak Penggunaan Skuter dilihat dari Sudut yang berbeda  
Sumber : Arcarer S (2021)

Arcarer S (2021) mentabulasi nilai koefisien drag (CD), beberapa referensi dipertimbangkan. Untuk CD keseluruhan, perlu dilakukan proyeksi dari berbagai vector angin yang dianggap datang bersama sama dengan kecepatan angin dan gaya hambat yang dihasilkan (gambar 2.8).

Tabel 2. 1 Skenario desain eksperimen berdasarkan konsumsi energi

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Wind Speed (km/h)	0	10	20	30
Scooter Speed (km/h)	25	25	25	25
Inlet Velocity in CFF (km/h)	25	35	45	55

Sumber : Arcarer S (2021)

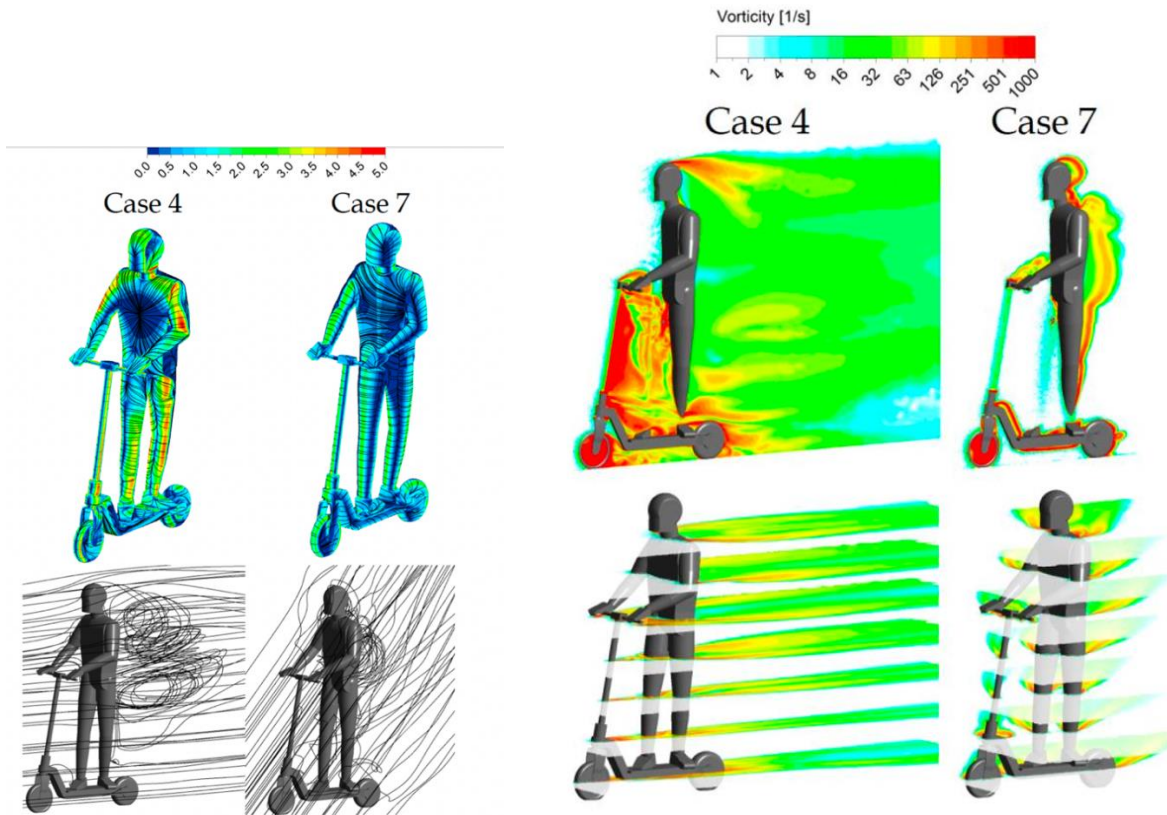
Dalam kasus stabilitas lateral, skuter listrik bergerak lurus ke depan dengan kecepatan legal kecepatan maksimum konstan 25 km/jam; itu didorong ke daerah crosswind dengan sudut angin tumbukan yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 2.7. Sudut yaw relatif kendaraan mengenai aliran masuk berubah dari 0 ke 90 derajat. Rancangan percobaan untuk kasus analisis stabilitas lateral diuraikan pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Skenario desain eksperimen pada stabilitas lateral

	Case 5	Case 6	Case 7
Wind Angle, $\theta$ (degree)	30	60	90
Wind Speed (km/h)	30	30	30
Scooter Speed (km/h)	25	25	25

Inlet Velocity in X direction (km/h)	51	40	30
Inlet Velocity in the Y direction(km/h)	15	26	30

Sumber : Arcarer S (2021)



Gambar 2. 9 Vortisitas pada Kasus 4 dan Kasus 7  
 Sumber : Arcarer S (2021)

Medan vortisitas pada skuter untuk kecepatan penggerak longitudinal maksimum (kasus 4) dan paparan angin lateral maksimum (kasus 7). Pada gambar 2.9 bidang vortisitas yang hampir simetris dapat dilihat untuk kasus 4, sedangkan bangunnya condong ke arah angin dalam kasus 7. Hasil yang menarik adalah bahwa lebih banyak vortisitas yang dihasilkan pada penyangga skuter daripada manusia. Oleh karena itu, semacam perampingan pada skuter dapat secara signifikan meningkatkan ketidakstabilan aliran dan gaya hambat.

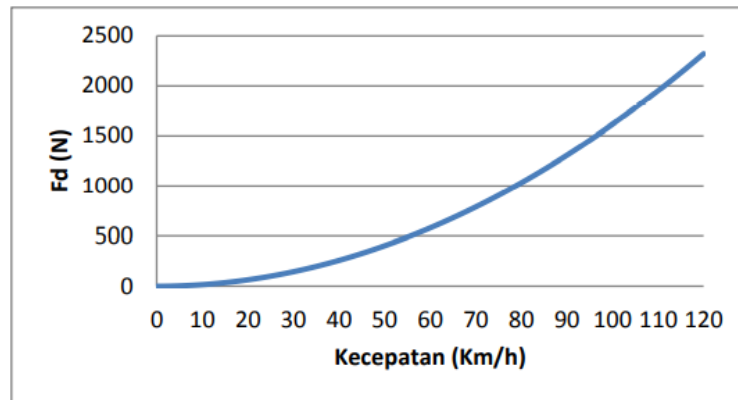
Tabel 2. 3 Power Consumption Cases dan Stability Case

CASE NUMBER	Power Consumption cases				Stability cases		
	1	2	3	4	5	6	7
Wind angle [deg]	0	0	0	0	30	60	90
Wind angle relative to the moving scooter [deg]	0	0	0	0	16	33	50
Longitudinal drag [N]	12.5	24	40	58	56	43	23
Lateral drag [N]	1	1	2	2.5	20	33	32
CD	0.79	0.78	0.78	0.76	0.81	0.78	0.80
CD_Longitudinal					0.78	0.75	0.60
CD_Lateral	NA	NA	NA	NA	0.25	0.51	0.74
Lateral moment [N.m]	1	1	2	3	14	22	23

Sumber : Arcarer S (2021)

### 2.1.3. Rasio, Tingkat Transmisi, Sistem Tenaga dan Regenerative Brake pada Truk Bertenaga Listrik

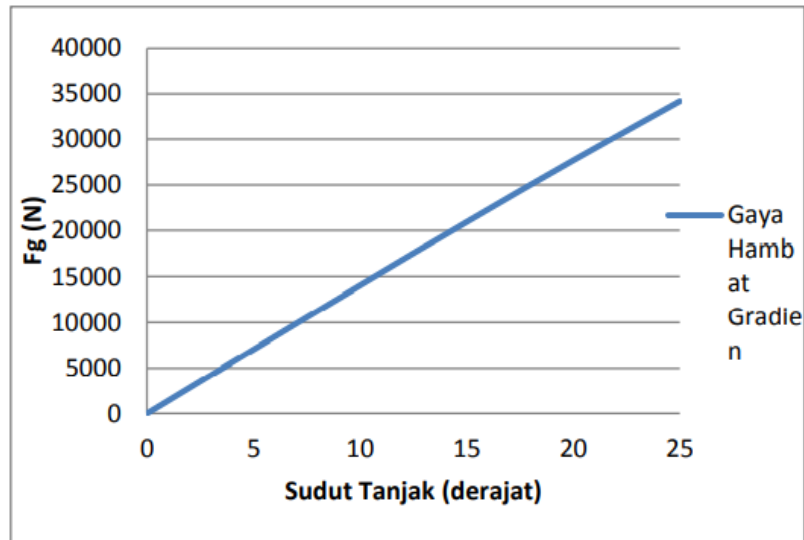
Pada penelitian yang dilakukan Marcel.A (2020) ditemukan analisa berupa traksi motor pada mesin listrik berupa grafik tingkat kecepatan pada kemiringan jalan datar dan pada sebuah *gradient*. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 2. 10 Grafik Gaya Hambat Drag

Sumber : Marcel A (2020)

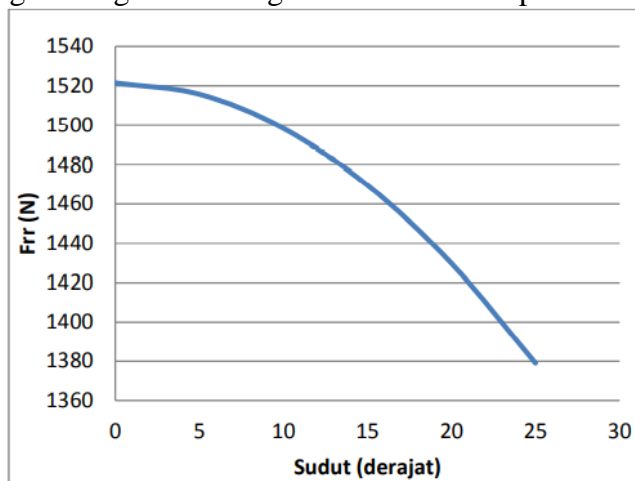
Pada Gambar 2.10 dapat ditentukan bahwa gaya hambat terkecil terjadi pada kecepatan 0 km/h sedangkan nilai gaya hambat terbesar terjadi pada kecepatan 120 km/h sebesar 2320,23 N. sedangkan kecepatan truk maksimal adalah 97 km/h di mana memiliki gaya hambat sebesar 1516,07 N. Nilai tersebut merupakan hasil dari teori gaya hambat *drag* di mana gaya hambat benda akan meningkat secara eksponensial terhadap kecepatan benda tersebut. Pada kendaraan listrik tersebut, diuji gaya hambat gradien pada variasi sudut 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°. Berikut grafik gaya hambat gradien dari hasil plotting.



Gambar 2. 11 Grafik Gaya Hambat Gradien  
Sumber : Marcel A (2020)

Gaya hambat gradien merupakan gaya hambat yang terjadi karena kendaraan melewati medan jalan yang memiliki sudut tanjakan tertentu, sehingga berat dari kendaraan akan bertambah karena adanya pengaruh dari gravitasi bumi. Berdasarkan gambar grafik, nilai gaya hambat gradien bergerak secara linier, dimana semakin curam tanjakannya semakin tinggi gaya yang dibutuhkan untuk melalui lajur tersebut.

Pada gaya hambat rolling, atau *rolling resistance* adalah gaya yang disebabkan kontak antara roda dengan permukaan jalanan. Gaya hambat rolling dilakukan dengan variasi sudut  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $25^\circ$ . Berikut gambar grafik rolling resistance terhadap sudut kemiringan jalan

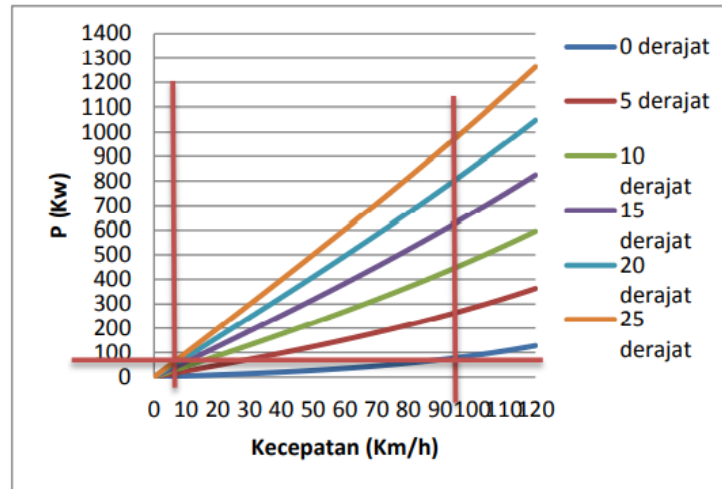


Gambar 2. 12 Grafik Gaya Hambat Rolling  
Sumber : Marcel A (2020)

Gaya hambat rolling merupakan gaya hambat yang terjadi antara ban dengan jalanan serta sudut suatu jalanan, sehingga nilai gaya normal kendaraan semakin kecil apabila sudutnya semakin besar. Berdasarkan gambar 2.12 diatas bisa dilihat bahwa nilai gaya hambat rolling semakin kecil seiring dengan naiknya sudut tanjak. Nilai gaya hambat gradien ini memiliki nilai terkecil pada sudut  $25^\circ$  yang bernilai sebesar 1378,98 N. Hal ini dikarenakan pada sudut  $25^\circ$  gaya normal suatu kendaraan semakin kecil seiring dengan penambahan sudut tanjak, sedangkan nilai terbesar saat pada sudut tanjak  $0^\circ$  dengan nilai sebesar 1521,53 N.



Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, dapat ditentukan daya kendaraan sebagai berikut:

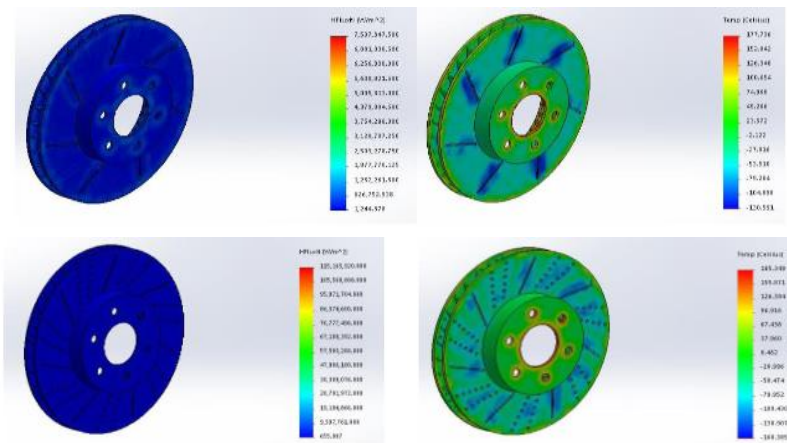


Gambar 2. 13 Grafik Kebutuhan Daya Kendaraan.  
Sumber : Marcel A (2020)

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa untuk mencapai 97 km/h pada sudut kemiringan 0° dibutuhkan tenaga sebesar 80,2 Kw dan dengan tenaga yang sama, dapat menempuh kecepatan 8 km/h pada sudut tanjakan 25°. Pada gambar 2.13, merupakan grafik kebutuhan dayan yang dibutuhkan pada roda, hal ini berbeda dengan daya total yang dikeluarkan oleh motor listrik, dikarenakan adanya *driveline losses* yang akan mengurangi keluaran daya maksimal motor terhadap roda penggerak.

#### 2.1.4. Analisa Pengereman Pada Disc Brake

Pada penelitian yang dilakukan Abbas Mohammed Ismael yang dilakukan dengan simulasi ANSYS didapat bahwa temperature dan cooling pada diskbrake memberikan variasi pendinginann yang berbeda beda. Dalam memahami proses pendinginan disc tersebut (gambar 2.14), divariasikan dengan beberapa model disc didapat bahwa disc yang memiliki lubang lebih banyak memberikan efek cooling yang menyebabkan disc tersebut mempertahankan karakteristik material yang dibutuhkan untuk menghasilkan friksi antara piringan cakram dengan kampas rem (Ismael, 2018).



Gambar 2.14, simulasi panas pada rotor  
Sumber : Abbas M Ismail

## 2.2. Skuter sebagai Moda *Micromobility*

Keberadaan moda transportasi berbasis listrik maupun *hybrid* mulai bermunculan dan memiliki daya tarik sendiri terhadap konsumen serta mudahnya biaya pengoperasian kendaraan listrik memberikan ketertarikan sendiri pada penggunanya. Ditambah dengan peningkatan penggunaan transportasi umum sebesar 7,08 juta jiwa atau sebesar 5,98% dari penduduk yang bekerja adalah pekerja komuter (Survei Angkatan Kerja Nasional, 2017). *Mikromobility* adalah tren baru yang tumbuh secara eksponensial dalam mobilitas perkotaan. Kendaraan mikro umum bertenaga manusia seperti sepeda, serta kendaraan mikro baru seperti e-skuter, e-sepeda dan berbagai kendaraan mikro bertenaga listrik lainnya sekarang dapat ditemukan di kota-kota yang tak terhitung jumlahnya di seluruh dunia (Giulia,2020). Skuter merupakan sebuah moda transportasi roda 2 bermotor yang memiliki lantai untuk kaki pengendara berpijak dan biasanya memiliki transmisi otomatis (Cambridge dictionary, 2020).

Dalam pasar skuter dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan daya yang dikeluarkan, mulai dari 500 Watt hingga 3000 Watt. Dalam percobaan ini, peneliti menggunakan skuter tipe daya 500 W dikarenakan merupakan tipe dengan harga paling terjangkau (gambar 2.14).



Gambar 2. 14 Skuter Xiaomi Midjia 365  
Sumber : Xiaomi (2020)

Skuter yang digunakan memiliki dimensi, serta spesifikasi motor sebagai berikut



Gambar 2. 15 Dimensi Skuter Xiaomi Midjia 365  
Sumber : Xiaomi (2020)

Berikut merupakan spesifikasi dan dimensi dari skuter yang digunakan pada penelitian ini :

Tabel 2. 4 Tabel Data Spesifikasi Skuter

Spesifikasi		Dimensi	
<b>Berat</b>	12.5 kg	Tinggi	1140 mm
<b>Diameter Roda</b>	8.5 inchi	Panjang	1080 mm
<b>Kecepatan maksimum</b>	25 km/h	Lebar	430 mm
<b>Torsi Maksimum</b>	16 N.m		
<b>Tenaga Motor</b>	500 W		

Sumber : Xiaomi (2020)

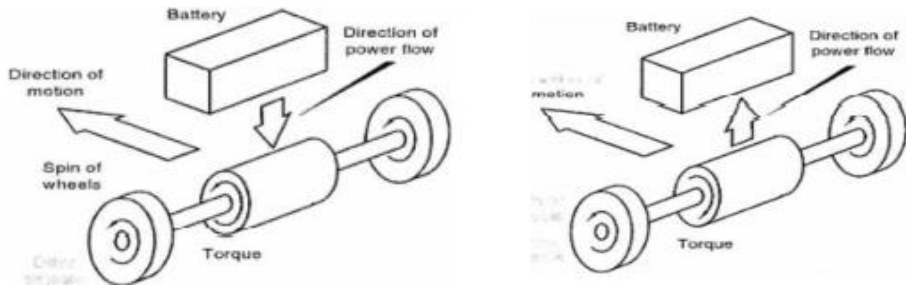
### 2.2..1. Kinerja Skuter

Kinerja merupakan kemampuan sebuah skuter untuk menghadapi suatu halangan pada jalan atau lintasan yang ditempuh. Pada skuter yang diuji, memiliki spesifikasi awal seperti motor 500w, torsi 16N.m beban maksimal 100 kg. Pada penelitian ini, skuter akan diuji dan diberikan peningkatan sesuai kebutuhan. Peningkatan kemampuan terdiri dari kemampuan pengereman, kemampuan kecepatan puncak, kemampuan menanjak, dan kemampuan akselerasi dengan mengganti motor listrik dengan kapasitas 700w serta penggantian rotor dengan diameter 120mm. efek yang ditimbulkan pada *driving cycle* akan meningkatkan kemampuan seperti kecepatan dan akselerasi, namun pada penelitian ini, *driving cycle* hanya akan diuji pada kondisi standard (dengan motor 500w serta tanpa penggantian rem mekanis)

### 2.3. Regenerative Brake System

*Regenerative braking* merupakan suatu proses pengereman menggunakan daya magnetis yang ada pada motor listrik, yakni daya tersebut dapat dikonversi kembali menjadi energi listrik (Sutantra N, 2001). Saat kendaraan melakukan proses pengereman sejumlah energi pada kendaraan tersebut akan terbuang. ketika kendaraan berjalan dengan kondisi fluktuatif secara terus menerus, maka akan lebih banyak energi yang hilang akibat proses pengereman yang berulang-ulang. Desain pengereman yang harus dipenuhi pada kendaraan listrik untuk meningkatkan efisiensi adalah untuk mendapatkan kembali sebanyak mungkin energi pengereman yang biasanya terbuang. Desain *regenerative braking* atau rem regeneratif akan mengacu pada analisa kebiasaan pengereman dan karakteristik kendaraan seperti kecepatan, energi pengereman, penurunan kecepatan dan juga *driving cycle* (Wijaya, 2019).

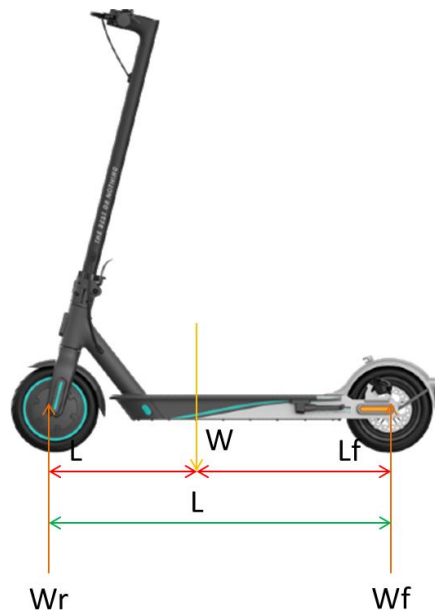
*regenerative braking* adalah metode pengereman menggunakan motor listrik yang diubah fungsinya menjadi generator untuk mengubah sebanyak mungkin energi kinetik untuk mengisi baterai, dan dalam proses tersebut membantu memperlambat kecepatan kendaraan (Kusumaningrum, 2021). Pada mode pengereman, motor listrik berputar berlawanan dengan rotasi roda, mengubah fungsinya dari motor listrik menjadi generator listrik serta mengisi dan memperlambat laju kendaraan. Sedangkan pada gambar 2.16 menunjukkan kendaraan berjalan dengan kondisi normal menggunakan daya baterai.



Gambar 2. 16 Kinerja motor listrik ketika mengemudi normal (kiri) dan kinerja motor listrik ketika regenerative braking saat bekerja (kanan)

#### 2.4. Center of Gravity

*Center of gravity* (COG) merupakan suatu titik dimana beban terberat berada berdasarkan perhitungan dari jaraknya terhadap poros roda (Utomo, 2017). Dapat diilustrasikan melalui gambar berikut.



Gambar 2. 17 ilustrasi dari COG  
Sumber : Xiaomi (2020)

Gambar 2.17 merupakan ilustrasi dari gaya yang bekerja pada skuter yang sedang tidak bergerak, dapat dilihat ada beberapa gaya yang terjadi

$$L_r = \frac{W_f \cdot L}{W}$$

$$L_f = \frac{W_r \cdot L}{W}$$

(2.1)

Keterangan:

$L_f$  : Jarak dari Center of Gravity hingga roda depan

$L_r$  : Jarak dari *Center of Gravity* hingga roda belakang

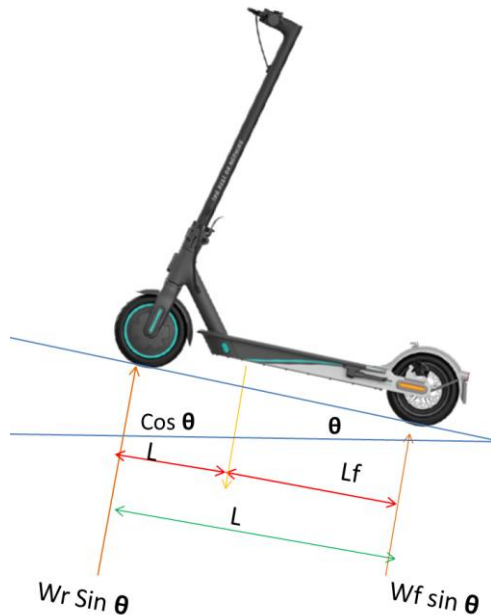
$L$  : Jarak total antara roda depan dan belakang

$W_f$  : Berat kendaraan bagian depan

$W_r$  : Berat kendaraan bagian belakang

$W$  : Berat total kendaraan

Pada saat skuter berada pada kemiringan, gaya yang terjadi antara skuter dan permukaan berubah sesuai dari kemiringan permukaan tersebut.



Gambar 2. 18 ilustrasi kendaraan bermotor pada kemiringan  
Sumber : Xiaomi (2020)

Untuk mengetahui COG pada sebuah kemiringan (gambar 2.18), sebuah kendaraan tersebut mengalami perubahan COG, hal ini menyebabkan COG berpindah bergantung terhadap kemiringan jalan tersebut

$$h = \frac{W \cos \theta \cdot L_f - W_r \cos \theta \cdot L}{W \sin \theta}$$

(2.2)

keterangan:

$h$  : Jarak Center of Gravity dengan tanah

$\theta$  : Sudut tanjakan

$L_f$  : Jarak dari Center of Gravity hingga tumpuan roda depan

$L_r$  : Jarak dari Center of Gravity hingga tumpuan roda belakang

$L$  : Jarak total antara tumpuan depan dan belakang

$W_f$  : Berat kendaraan bagian depan

$W_r$  : Berat kendaraan bagian belakang

$W$  : Berat total kendaraan

## 2.5. Prinsip Dasar Pengereman

pengereman dipengaruhi dari beberapa faktor ketika kendaraan mengerem, berikut dasar-dasar yang digunakan.

### 2.5.1. Hukum Gerak Newton

Hukum gerak Newton yang pertama menyatakan bahwa setiap benda akan mempertahankan keadaan diam atau bergerak lurus beraturan, kecuali ada yang bekerja untuk mengubahnya.

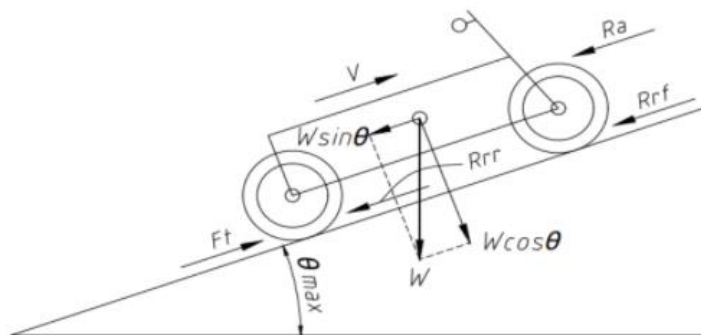
Pada kasus kendaraan yang bergerak dengan kecepatan konstan dalam garis lurus, gaya dari luar yang mempengaruhi kendaraan sehingga memperlambat adalah gaya pengereman. *Brake pads* akan mencengkam *disc brake* melalui gesekan. Saat proses ini beberapa energi kinetik pada kendaraan diubah menjadi energi panas. Berkurangnya energi kinetik pada kendaraan menyebabkan kendaraan melambat. Pada kasus ini, hukum gerak Newton yang pertama bekerja. Hal ini dikarenakan kendaraan mengalami percepatan negatif akibat pengereman dan kendaraan tidak melanjutkan pergerakan dengan kecepatan konstan dalam garis lurus, namun mengalami perlambatan.

### 2.5.2. Hukum Konservasi Energi

Hukum konservasi energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dihancurkan. Energi hanya dapat diubah dari satu jenis energi ke jenis lain. Pada kasus kendaraan yang bergerak dengan kecepatan konstan dalam garis lurus, gaya dari luar yang mempengaruhi kendaraan sehingga memperlambat adalah gaya pengereman. Dalam fase kendaraan memperlambat, energi kinetik berubah menjadi energi panas, getaran, dan lain sebagainya.

## 2.6. Gaya dan Energi pada Kendaraan Bergerak

Gaya-gaya yang bekerja pada kendaraan meliputi gaya hambat berupa gaya hambat aerodinamis, gaya hambat *rolling*, serta gaya hambat gradien. Selain itu ada gaya inersia perlambatan sebagai hasil percepatan atau perlambatan kendaraan. Gaya-gaya tersebut yang nantinya akan berpengaruh pada gaya traksi kendaraan maupun gaya pengereman kendaraan. Gaya-gaya tersebut sesuai dengan gambar.



Gambar 2.19 Freebody Diagram gaya kendaraan bergerak

Gaya hambat angin ( $F_a$ ) adalah gaya hambat yang disebabkan oleh aliran udara di sekitar bodi kendaraan (gambar 2.19). Efek dari aliran udara tersebut adalah terjadinya perbedaan tekanan antara bagian depan dan bagian belakang kendaraan. Tekanan udara yang lebih besar di bagian

depan dibanding belakang menyebabkan terjadinya gaya hambat angin. Gaya hambat angin dirumuskan dengan persamaan pada 2.5

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot \rho_u \cdot C_D \cdot A_f \cdot V^2 \quad (2.5)$$

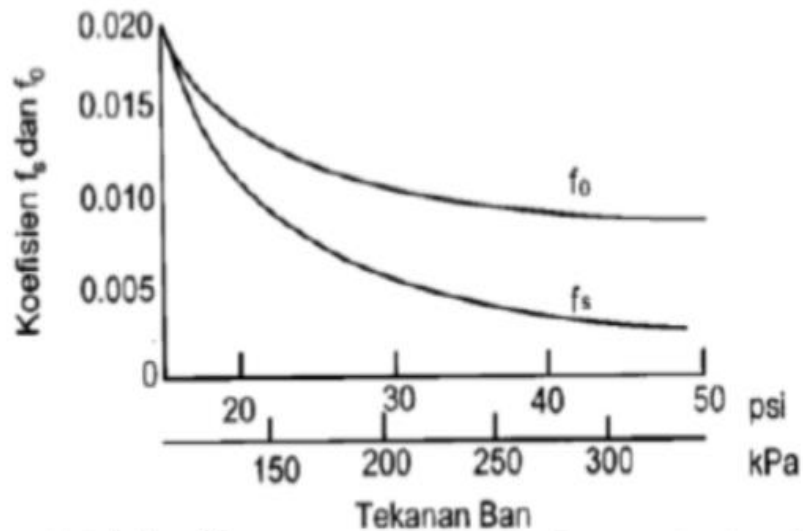
keterangan:

- $F_a$  : Gaya hambat angin (N)
- $\rho_u$  : Densitas udara (kg/m)
- CD : Koefisien gaya hambat aerodinamika
- $A_f$  : Luas frontal kendaraan (m<sup>2</sup>)
- V : Kecepatan kendaraan (m./s)

Gaya hambat *rolling* (Fr) adalah gaya hambat yang terjadi pada antara ban dan jalan. Gaya hebat ini terjadi akibat adanya defleksi pada roda yang berputar. Pengaruh tekanan ban ditunjukkan pada gambar 2.20 Arah gaya hambat *rolling* berlawanan dengan arah dari percepatan kendaraan. Gaya hambat *rolling* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_r = W \cdot \cos\alpha \cdot C_r$$

$$C_r = C_k \cdot C_a \cdot C_f \left( f_o + f_s \left( \frac{V}{100} \right) \right) \quad (2.6)$$



Gambar 2. 20 Kurva besar rolling resistance terhadap tekanan ban

## 2.7. Distribusi Gaya Pengereman

Jumlah energi yang dibangkitkan melalui pengereman tergantung dari besarnya *regenerative braking* yang bekerja pada kendaraan, gaya pengereman tersebut memiliki rasio tetap yang dibatasi oleh koefisien gesek dari lintasan yang dilalui, serta beban yang diberikan harus sama dengan gaya normal pada roda untuk pengereman yang maksimum.

Persamaan gaya gesek pada roda depan dan roda belakang harus sama terhadap satu sama lain.

$$\begin{aligned}
F_{b \max} &= F_{bf} + F_{br} \\
&= F_{bf \max} + F_{br \max} \\
&= \mu (W_f + W_r) \\
&= \mu \cdot W
\end{aligned}
\tag{2.7}$$

$$\begin{aligned}
W_f &= \frac{W}{L} (L_r + \frac{a}{g} h) \\
W_f &= \frac{W}{L} (L_r - \frac{a}{g} h)
\end{aligned}
\tag{2.8}$$

$$\frac{F_{bf}}{F_{br}} = \frac{W_f}{W_r} = \frac{\frac{W}{L}(L_r + \frac{a}{g}h)}{\frac{W}{L}(L_r - \frac{a}{g}h)}
\tag{2.9}$$

Persamaan diatas dapat diketahui bahwa perpindahan berat memiliki faktor yang besar, hal ini dapat diperhatikan dimana letak titik tumpu dari beban tersebut dengan gaya normal didepan diwakilkan  $W_f$  dan belakang dengan  $W_r$ . Sedangkan agar pengereman tetap stabil maka gaya pengereman depan ( $F_{bf}$ ) dan belakang ( $F_{br}$ ) harus sama dengan beban normal.

keterangan:

W : Total beban normal pada suatu kendaraan (N)

$L_f$  : Jarak titik pusat kendaraan ke roda bagian depan (m)

$L_r$  : Jarak titik pusat kendaraan ke roda bagian belakang (m)

L : Jarak roda bagian depan dan roda belakang (m)

m : Massa kendaraan (kg)

a : Perlambatan kendaraan ( $m/s^2$ )

h : Jarak titik pusat kendaraan ke pusat roda kendaraan (m)

Untuk mendapatkan nilai perlambatan dapat digunakan untuk mendapatkan bentuk distribusi besarnya masing-masing gaya pengereman pada roda bagian atas maksimum dari nilai koefisien gesek lintasan sebagai jumlah totalnya.

$$\frac{F_{br}}{W} = \mu - \frac{F_{bf}}{W}
\tag{2.10}$$

Menurut regulasi UNECE pengereman yang direkomendasi pada sebuah kendaraan yang memiliki pengereman depan dan belakang adalah sebagai berikut



$$\frac{F_{bf}}{W_f} \geq \frac{F_{br}}{W_r} \quad (2.11)$$

Pada Persamaan di atas, dapat dilihat bahwa UNECE merekomendasikan porsi pengereman depa lebih besar atau sama dengan porsi pengereman belakang, hal ini dilakukan untuk mencegah penguncian pada ban belakang dan menghilangkan kestabilan (UNECE 2019).

### 2.7.1. Kontribusi dan Efisiensi Pengereman

Untuk mengetahui besar kontribusi dan efisiensi *regenerative braking* perlu dibandingkan energi pengereman yang tersedia maupun energi yang diterima generator. Persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut

$$\text{Kontribusi Regenerative BBW} = \frac{R_{hp}(kw)}{R_{hptotal}(kw)} \quad (2.12)$$

$$\eta_{RBBWS} = \frac{\text{Energi total (kwh)}}{\text{Energi kinetik perlambatan (kwh)}} \quad (2.13)$$

Persamaan 2.12 dan 2.13 dapat dilihat bahwa kontribusi regenerative dapat dihitung dengan mengetahui perhitungan RHP dan juga RHP total, sedangkan untuk memberikan efisiensi pada regenerative braking diperlukan juga energy kinetic perlambatan kendaraan tersebut.

### 2.7.2. Driving Cycle

*Driving Cycle* adalah serangkaian titik data yang mewakili kecepatan kendaraan versus waktu. *Driving Cycle* diproduksi oleh berbagai negara dan organisasi untuk menilai kinerja kendaraan dengan berbagai cara, seperti konsumsi bahan bakar, otonomi kendaraan listrik, dan emisi polusi (Brundell,2005). Karena kondisi jalan yang berbeda beda, diperlukan sebuah standar *driving cycle* tertentu. Penelitian ini akan mengkaji *driving cycle* menggunakan aplikasi berbasis android untuk merekam laju jalan dalam sebuah lintasan.

## 2.8. RHP Skuter Listrik

RHP atau *road horse power* merupakan besar daya jalan yang diperlukan pada kendaraan untuk melawan hambatan kendaraan tersebut dalam setiap moda pengoperasian. Gaya traksi dan Rhp yang dibutuhkan dapat dirumuskan dalam persamaan 2.14 sebagai berikut:

$$F_t = F_a + F_r + F_i$$

$$R_{hp} = F_t \times V \times \eta \quad (2.14)$$

Keterangan:

- F<sub>t</sub> : Gaya Traksi (N)
- F<sub>a</sub> : Gaya Hambatan Angin (N)
- F<sub>r</sub> : Gaya Hambatan Rolling (N)
- F<sub>i</sub> : Gaya Hambatan Inersia (N)

R<sub>hp</sub> : Daya jalan yang dibutuhkan (watt)

V : Kecepatan kendaraan (m/s)

Perhitungan Rhp digunakan untuk menentukan analisa siklus driving cycle serta mengetahui efisiensi dari kendaraan tersebut.

## 2.9. Gaya Hambatan Kendaraan

Berikut ini merupakan gaya-gaya hambat yang mempengaruhi suatu kendaraan ketika melaju pada tanjakan dengan sudut tertentu. Gaya dorong ini dibagi menjadi dua yaitu  $F_f$  (gaya dorong pada roda depan) dan  $F_r$  (gaya dorong pada roda belakang). Gaya dorong ini ketika kendaraan melaju maka akan menerima beberapa gaya hambat diantaranya adalah gaya hambat drag, gaya hambat rolling dan gaya hambat yang diakibatkan oleh sudut yang menanjak.

### 2.9.1. Gaya Hambat Drag ( $F_D$ )

Besarnya gaya hambat drag dipengaruhi oleh kecepatan relatif angin terhadap kendaraan ( $V$ ), massa jenis udara ( $\rho_u$ ), luas frontal kendaraan ( $A_f$ ) dan koefisien drag ( $C_D$ ) yang dituliskan pada persamaan 2.14:

$$F_D = \frac{1}{2} \times \rho_u \times C_D \times A_f \times V_u^2 \quad (2.14)$$

Keterangan :

$F_D$ : Gaya hambat drag

$\rho_u$ = Massa jenis udara ( $\text{Kg.m}^3$ )

$C_D$ = Koefisien Drag

$A_f$ = Luas Frontal kendaraan ( $\text{m}^2$ )

$V_u$ = Kecepatan relative terhadap kendaraan (m/s)

### 2.9.2. Gaya Hambat Rolling ( $F_{RR}$ )

Gaya hambat rolling merupakan gaya hambat yang terjadi karena adanya gesekan antara ban dengan jalan. Untuk mencari besarnya gaya hambat rolling yang timbul sebelumnya kita harus menentukan besarnya koefisien hambatan rolling ( $f_r$ ) terlebih dahulu. Besarnya  $f_r$  dapat dicari menggunakan persamaan hasil eksperimen J.J Taborek seperti pada persamaan 2.15.

$$f_r = f_o + f_s \times \left( \frac{v}{100} \right) \times 2.5 \quad (2.15)$$

Keterangan :

$F_r$ = Koefisien hambatan rolling

$F_o$ = Koefisien pada tekanan ban

V = Kecepatan kendaraan (km/jam)

### 2.9.3. Gaya Hambat *Gradient* ( $F_g$ )

Gaya hambat gradien terjadi saat kendaraan menanjak yang besarnya dipengaruhi oleh berat kendaraan dan sudut tanjakan. Gaya hambat gradien ditulis dalam persamaan 2.16:

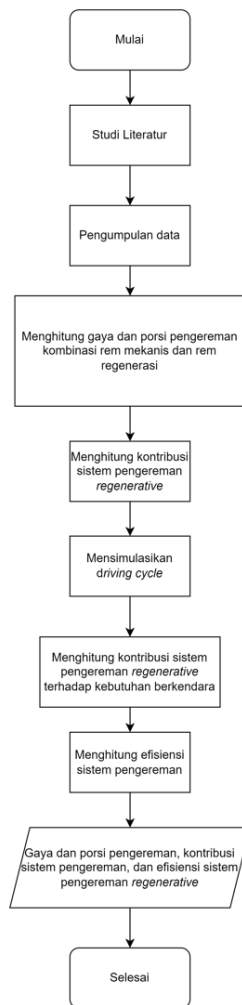
$$F_g = m \cdot g \cdot \sin (\theta) \quad (2.16)$$

Dengan  $F_g$  merupakan gaya hambat gradien dalam N,  $m$  merupakan massa kendaraan dalam kg,  $g$  merupakan percepatan gravitasi dalam  $m/s^2$  dan merupakan sudut tanjaka

## BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kerangka penelitian yang dimulai dari studi literatur hingga penarikan kesimpulan. Selanjutnya akan akan dijelaskan tahapan mengenai metode pengambilan data, perhitunagn gaya pada skuter, data model pada sekuter, dan mengenai rute dari pengambilan data. Perhitungan pada penelitian ini akan dibahas melalui *flowchart* dan Analisa perhitungan yang telah dilakukan

### 3.1. Kerangka Penelitian



Gambar 3. 1 Flowchart Langkah Penelitian

Pada gambar 3.1 langkah yang dilakukan untuk penelitian kinerja skuter adalah studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk mendalami tinjauan pustaka dan landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini. studi literatur dilakukan dengan mencari jurnal akademis yang

memiliki relevansi terhadap penelitian yang dilakukan. selain jurnal akademis, studi literatur juga dilakukan dengan sumber yang lainya seperti *textbook* dan data dari organisasi.

Berikutnya langkah kedua pada penelitian ini adalah pengumpulan data. Data-data yang diperlukan pada penelitian ini adalah data kendaraan dan *driving cycle*. Data kendaraan yang dipakai pada penelitian ini adalah *kick scooter xiaomi midjia 365* dimana pengereman *regenerative* dilakukan pada poros depan dan rem mekanis dilakukan pada poros roda belakang. *Driving cycle* yang dipakai adalah *driving cycle* yang direkam oleh peneliti pada Kelurahan Keputih, Sukolilo, Surabaya.

Langkah berikutnya dalam menganalisis *Driving cycle* dengan menentukan konsep masalah, serta dijadikan poin-poin permasalahan. Poin-Poin permasalahan tersebut adalah konsep *driving cycle* sebuah *kick scooter* dimana terdiri dari pengereman *regenerative*, akselerasi, pengereman sistem mekanis, dan kontribusi sistem efisiensi pengereman.

Langkah ketiga adalah mengambil data *driving cycle* yang diambil dengan cara menelusuri jalan keputih dengan 3 waktu yang berbeda pada pukul 06.00 pagi, pukul 12.00 siang dan pukul 05.00 sore. Data direkam dari jurusan Teknik Mesin FTI ITS hingga perempatan Keputih Tegal Timur

Langkah kelima adalah untuk menghitung gaya dan porsi sistem rem mekanis dan *regenerative braking* serta meneliti data *driving cycle* yang berisikan kecepatan kendaraan dan waktu tempuh. Perhitungan dilakukan dengan cara memasukkan setiap data kecepatan kendaraan beserta waktu pada dua kolom yang berbeda. Data-data tersebut akan digunakan untuk melakukan perhitungan selanjutnya dan mendapatkan hasil yang cukup akurat pada setiap waktu yang ditempuh dalam perjalanan.

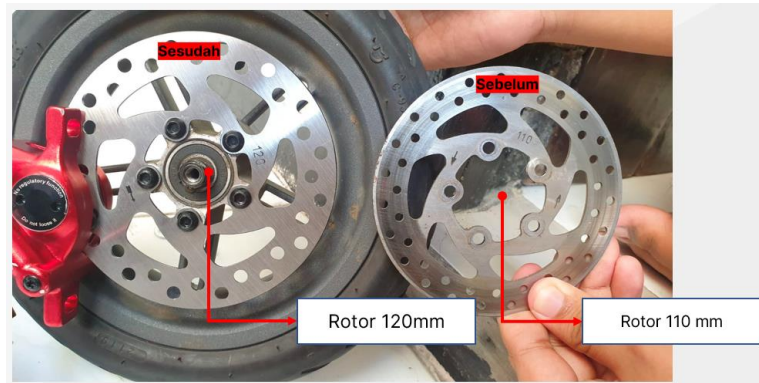
### 3.2. Data Model Scooter

Jenis kendaraan yang akan digunakan adalah sebuah scooter dengan tipe *kick scooter xiaomi midjia 365* dengan penggerak roda depan dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Spesifikasi Skuter

Spesifikasi Skuter		
Berat	12,5	Kg
Diameter Roda	8,5	In
Torsi maks	16	N.m
Rated Motor Power	250	W
Max Instant Power	500	W
Rem Depan	Regenerative	
Rem Belakang	Disc	
Voltase Baterai	42	V

Skuter juga sudah dimodifikasi agar dapat melakukan pengereman regeneratif dan pengereman mekanis secara terpisah, hal ini dilakukan untuk memenuhi kebutuhan pengereman mekanis dan regeneratif yang terpisah. Selain pemberian tuas, skuter juga diberi modifikasi berupa motor 700 watt pada gambar 3.3, dan piringan cakram dirubah dari 110 mm menjadi 120 mm pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Modifikasi Cakram Skuter: Rotor 120mm dan 110mm



Gambar 3. 3 Tuas Pengereman pada Skuter dan Motor 700 Watt (Rito EasySport)



Gambar 3. 4 Kondisi Skuter setelah penggantian motor dan piringan cakram

### 3.3. Pengujian Driving cycle.

Data *driving cycle* yang digunakan merupakan data yang diperoleh dari percobaan oleh peneliti. Data tersebut diambil pada waktu yang sama, dan pada setiap waktu tersebut diulang 15 kali demi mendapatkan hasil rata-rata dan keakuratan data tersebut. Data *driving cycle* dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3. 5 Driving Cycle  
Sumber : Aplikasi M365 (2021)

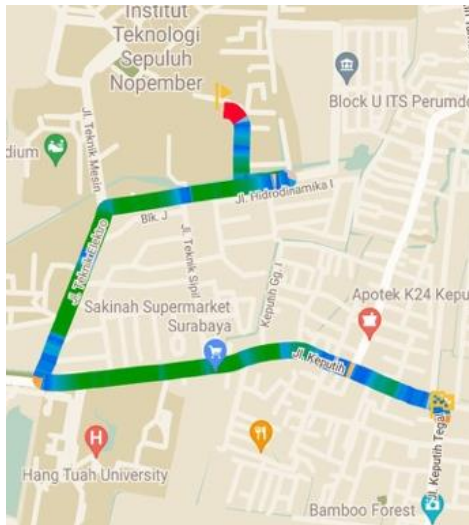
Pengambilan data driving cycle dilakukan menggunakan aplikasi M365 Tools dimana dapat merekam berbagai aspek kendaraan ketika melalui lintasan yang sudah ditentukan (Gambar 3.5 dan 3.6 ).



Gambar 3. 6 Interface dari M365 Tools  
Sumber : Aplikasi M365 (2021)

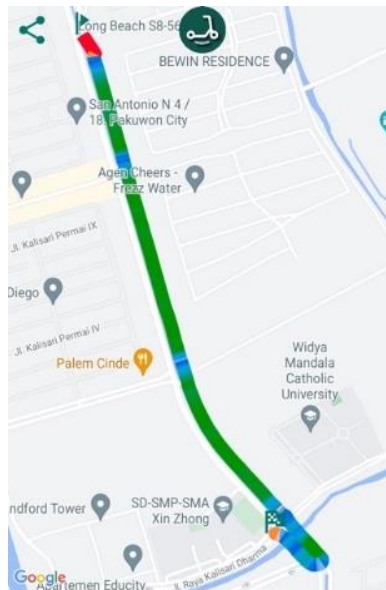
### 3.3.1. Rute Pengambilan *Driving Cycle*

Pada gambar 3.4 merupakan lintasan Rute A yang akan ditempuh dalam penelitian ini. Lintasan yang ditempuh merupakan rute dari Teknik Mesin ITS ke persimpangan Keputih dengan jarak tempuh 2.5 kilometer (gambar 3.7). Lintasan dipilih karena merupakan rute yang dilalui oleh mahasiswa pada umumnya.



Gambar 3. 7 Rute A Pengambilan Data  
 Sumber : Aplikasi M365 (2021)

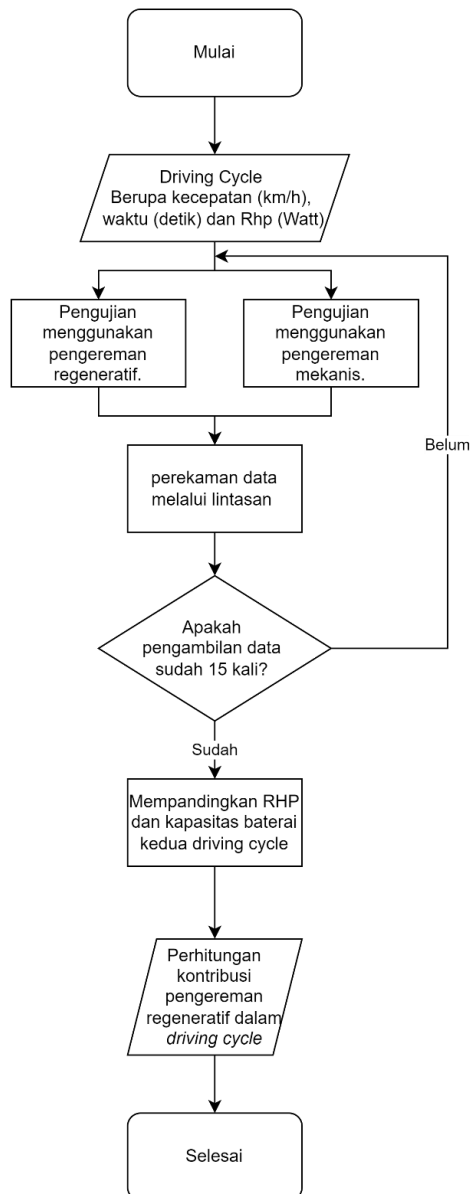
Kedua rute ini dipilih karena merupakan salah satu jalur yang digunakan peneliti untuk datang kekampus. Pengambilan data dilakukan dengan 2 variable untuk membandingkan efek pengereman regeneratif, yaitu dengan mengaktifkan pengereman regeneratif dan menggunakan pengereman mekanik saja. Berikutnya lintasan yang dilakukan oleh peneliti merupakan lajur pantai pakuwon city sukolilo Surabaya. Lintasan ini memiliki akan dinamakan Rute B (Gambar 3.8) memiliki jarak sejauh 1,5 kilometer dan memiliki komposisi lintasan lurus Panjang dengan beberapa persimpangan. Variasi ini dilakukan untuk mencoba memvariasikan driving cycle pada lintasan yang memiliki kepadatan lalu lintas yang rendah mengakibatkan skuter berada pada kecepatan tinggi dalam waktu yang lama.



Gambar 3. 8 Rute B Driving Cycle



### 3.3.2. Flowchart Pengambilan Data Driving Cycle



Gambar 3. 9 Flowchart Perhitungan Kontribusi Sistem Regenerative

Perhitungan kontribusi sistem rem *regenerative* memiliki *flowchart* perhitungan seperti pada gambar 3.9 analisis kontribusi sistem pengereman Regenerative dimulai dari pengumpulan data. Data yang diperlukan adalah *driving cycle*, koefisien gaya hambat aerodinamika, densitas udara, luasan frontal kendaraan, massa kendaraan, percepatan gravitasi, gaya hambat *rolling*, koefisien hambat *rolling* dari tekanan ban

Langkah pertama yang dilakukan pada analisis kontribusi sistem *regenerative Braking* adalah perhitungan gaya hambat angin, gaya hambat *rolling*, dan gaya hambat inersia dari kendaraan. Perhitungan tersebut dilakukan dengan menggunakan *software* Microsoft Excel.

Perhitungan yang dilakukan akan menyesuaikan dengan *driving cycle* yang sudah direkam oleh peneliti. Langkah berikutnya merupakan analisis dari analisa *driving cycle* dengan pengereman regeneratif dan pengereman dengan sistem mekanis saja. Nantinya, kedua grafik tersebut dapat dibandingkan dan dilihat kontribusi pengereman regeneratif terhadap energi penggunaan total kendaraan. Pengambilan data dilakukan dengan memodifikasi skuter dimana memisahkan antara pengereman regenerative dan pengereman mekanis, hal ini dilakukan dengan memberikan tuas pengereman tambahan pada skuter.



Gambar 3. 10 Penambahan Tuas pada Skuter

Pada gambar 3.10 merupakan penambahan tuas pada skuter. Nantinya tuas ini akan digunakan untuk memberikan pengereman terpisah pada pengambilan data skuter.

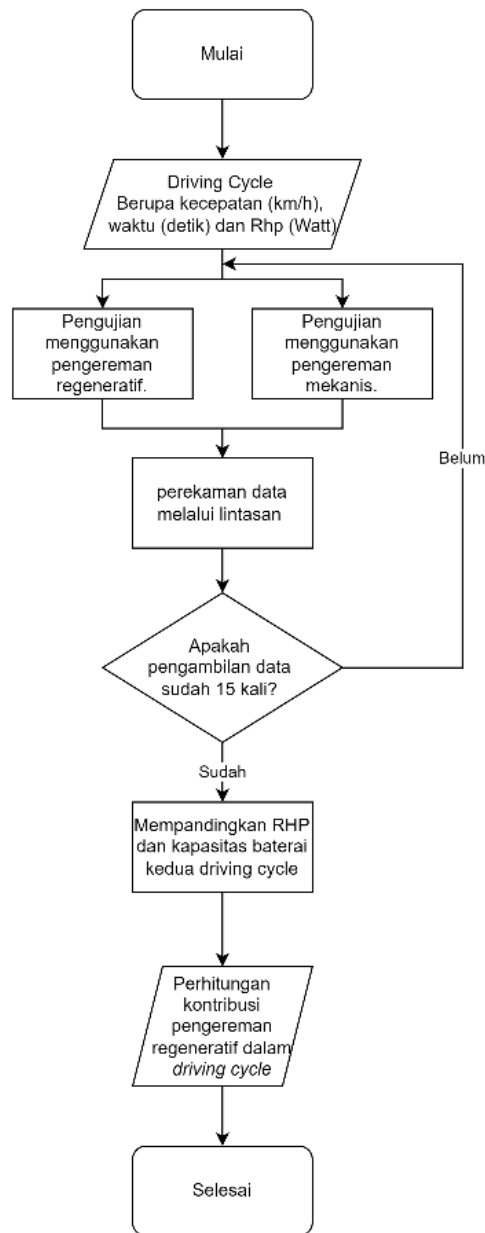
### 3.4. Analisis Efisiensi Sistem *Regenerative Braking*

Perhitungan efisiensi sistem rem regenerative memiliki alir perhitungan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.11. Analisis efisiensi sistem regenerative braking dimulai dengan pengumpulan data *driving cycle* yang berisikan kecepatan dan waktu, massa kendaraan, dan  $R_{hp}$  regenerative braking atau  $R_{hp}$  kendaraan selama perlambatan.

Langkah pertama dari analisis ini adalah menghitung energi bangkitan kendaraan. Energi bangkitan adalah energi listrik yang dihasilkan dari sistem rem regenerative braking. Energi bangkitan kendaraan didasari dari  $R_{hp}$  regenerative braking.  $R_{hp}$  regenerative braking yang dihasilkan pada suatu *driving cycle* yang terbagi setiap satu detik dikonversikan menjadi energi bangkitan. Energi bangkitan hasil konversi akan memiliki satuan kwh.

Langkah kedua dari analisa ini adalah menghitung energi kinetik kendaraan pada setiap perlambatan suatu *driving cycle*. Energi kinetik adalah energi yang terjadi karena adanya pergerakan dari kendaraan tersebut, baik itu percepatan maupun perlambatan. Langkah ketiga dari analisa ini adalah membandingkan total energi bangkitan dengan total energi kinetik selama perlambatan. Perbandingan tersebut akan menghasilkan besar persentase efisiensi sistem rem *regenerative braking*. Sebelum membandingkan nilai-nilai tersebut, dilakukan konversi satuan pada energi kinetik dari satuan joule (J) menjadi kilowatt per jam (kWh). Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

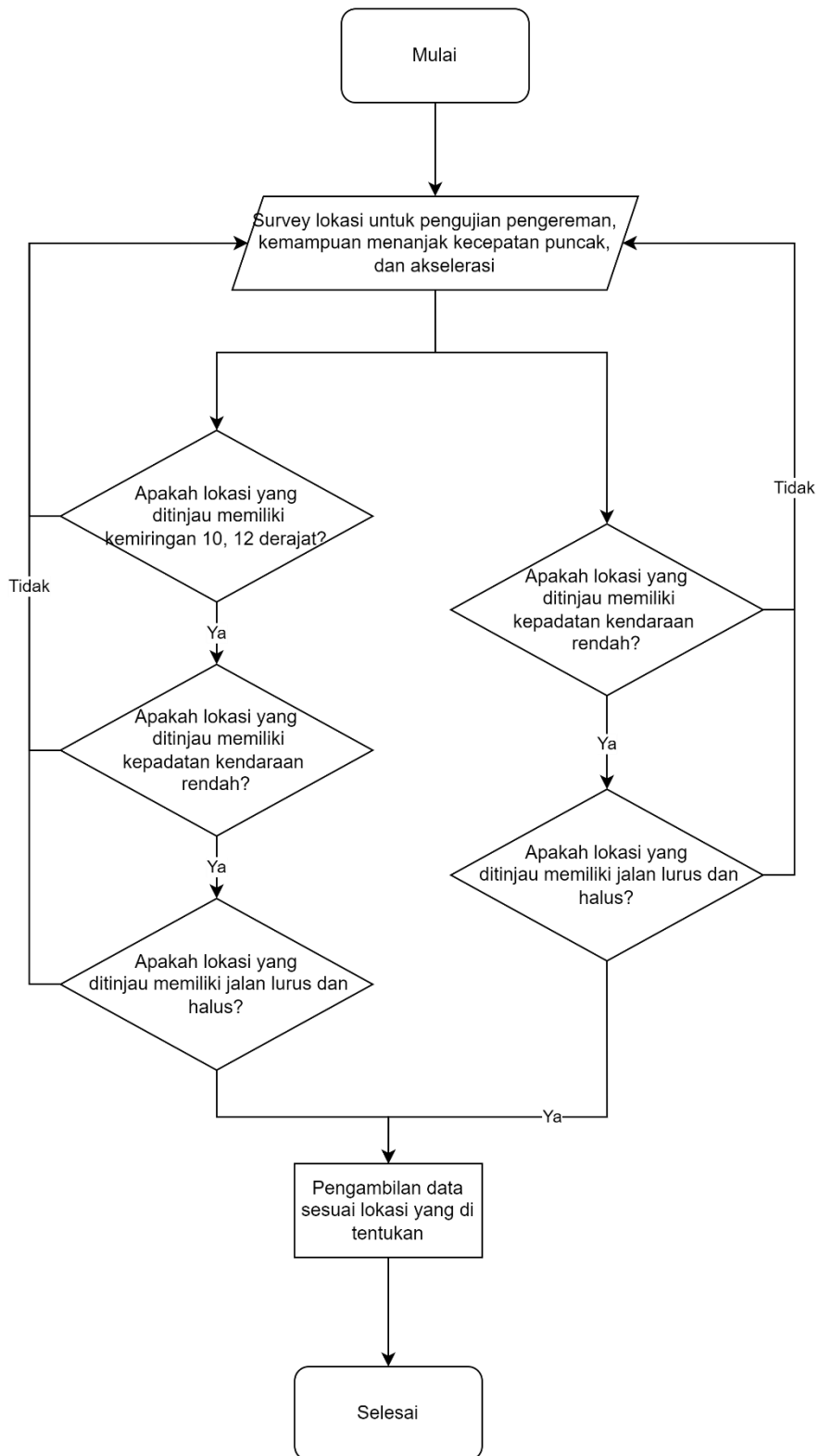
$$\eta_{RBBWS} = \frac{\text{Energi Total (kWh)}}{E_k \text{Perlambatan (kWh)}} \quad (3.7)$$



Gambar 3. 11 Flowchart Analisis Efisiensi Sistem Regenerative Braking

### 3.5. Analisis Dinamika Kendaraan

Pada gambar 3.12, merupakan penjelasan dari proses pengambilan data dinamika skuter. Beberapa data tersebut yang sudah ditentukan merupakan : kecepatan maksimal ( $V_{max}$ ), percepatan Maksimal ( $a_{max}$ ), kemampuan menanjak, stabilitas skuter, dan *stopping distance*. Setelah didapat hasil percobaan tersebut nantinya diberikan sebuah data berupa grafik, yang nantinya dapat dianalisa dan diberikan penjelasan masing masing.



Gambar 3. 12 Flowchart Proses Pengambilan Data  
 Pada flowchart tersebut dilakukan survey untuk memberikan

### 3.6. Lokasi Pengambilan Data Kecepatan Maksimal, Percepatan Maksimal, dan *Stopping Distance*

Pengambilan data dilakukan pada tempat yang dianggap sesuai dengan kebutuhan dari masing masing parameter.

- **Lokasi 1 : Dharmahusada Permai**

Pengambilan data kecepatan maksimal, percepatan maksimal, dan *stopping distance* dilakukan pada jalan Dharmahusada Permai (gambar 3.13). Jalan ini dipilih karena memiliki arus lalu lintas yang rendah, serta permukaan jalan yang cukup konsisten kehalusannya. Percobaan dilakukan dengan menaruh tanda start berupa garis kuning pada bagian badan jalan menandakan *start* dari skuter tersebut. Untuk pengambilan data *stopping distance* garis kuning ini merupakan awal dari pengereman skuter. Pengujian yang dilakukan pada skuter dilakukan secara berulang sebanyak 15 kali untuk memberikan hasil yang cukup akurat dikarenakan variable yang tidak diperhitungkan.



Gambar 3. 13 Dokumentasi Rute Dharmahusada

- **Lokasi 2 : Jalan Raya MERR (*Middle East Ring Road*)**

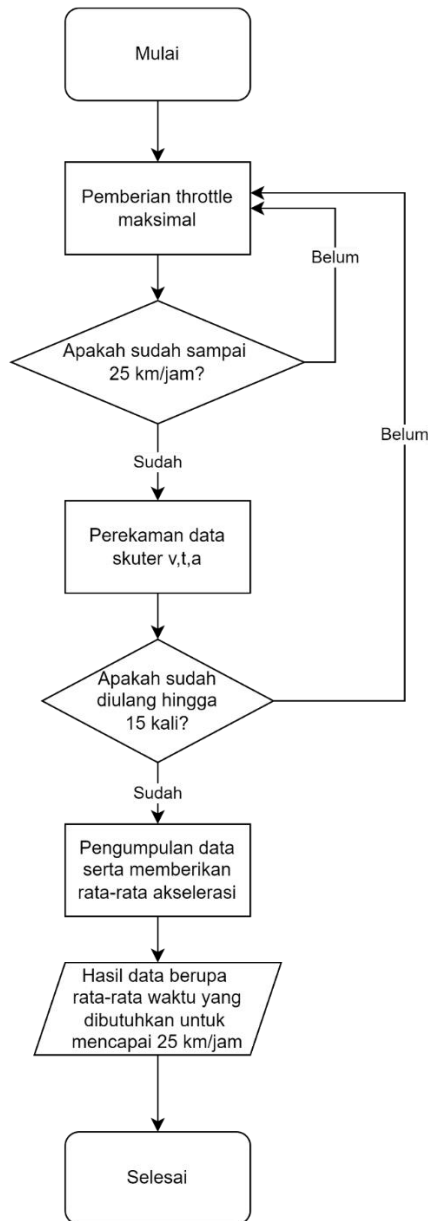
Lokasi Kedua merupakan *ramp* jalan raya MERR (*Middle East Ring Road*). Lokasi ini dipilih karena memiliki kemiringan yang curam (gambar 3.14) serta skuter yang digunakan memiliki kesulitan dalam menanjak apabila kendaraan membawa beban maksimum sebanyak 100 kilogram, menjadikan



*Gambar 3. 14 Tanjakan MERR Surabaya*

### **3.7.1. Pengujian Akselerasi Kecepatan Maksimum**

Akselerasi merupakan kemampuan sebuah benda untuk mencapai kecepatan maksimum, dalam pengujian ini, akselerasi dilakukan dengan memutar knob *throttle* sedalam mungkin dimana mengakibatkan skuter berakselerasi penuh. Pada gambar flowchart di atas dapat dijelaskan pada gambar 3.15. Pada pengujian akselerasi, skuter diberikan *throttle* maksimum dari kecepatan 0 km/jam hingga 25 km/jam dimana waktu yang dibutuhkan untuk berakselerasi akan direkam dan dihitung dari aplikasi, setelah itu akan dilakukan pengulangan percobaan sebanyak 15 kali untuk mengurangi kemungkinan eror dari penguji ataupun dari skuter yang digunakan.



Gambar 3. 15 Flowchart Pengujian Akselerasi

**a. Penentuan Lintasan**

Penentuan lintasan dilakukan sebelum melakukan pengujian, penentuan lintasan berdasarkan beberapa kategori, merupakan: permukaan jalan merupakan aspal, memiliki tingkat kepadatan lalu-lintas yang rendah ( $x < 10$  kendaraan per menit), memiliki lintasan lurus tanpa gangguan serta permukaan lintasan yang cukup rata tanpa lubang maupun gundukan.

**b. Pengujian Akselerasi**

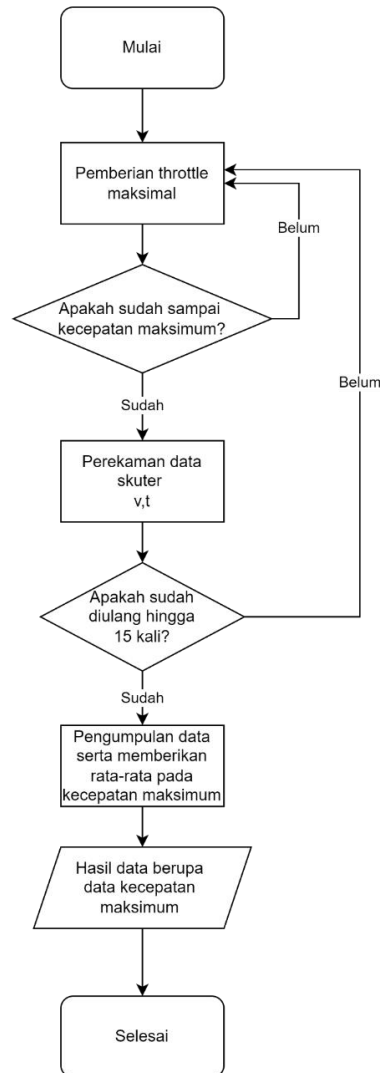
Pengujian dilakukan dengan memutar tombol akselerasi dengan maksimal dari kecepatan skuter 0 km/h hingga kecepatan 25 km/h

**c. Pengulangan Pengujian**

Pengujian (n) dilakukan hingga 15 kali, hal ini dilakukan untuk memberikan data yang cukup akurat.

### 3.7.2. Pengujian Kecepatan Maksimum

Dalam pengujian kecepatan maksimum, dilakukan bersamaan dengan pengujian Akselerasi, pengujian dalam kecepatan maksimum memberikan data berupa kecepatan maksimum yang dapat dipertahankan oleh skuter, urutan pengujian kecepatan maksimum digambarkan pada *flowchart* gambar 3.16 berikut:

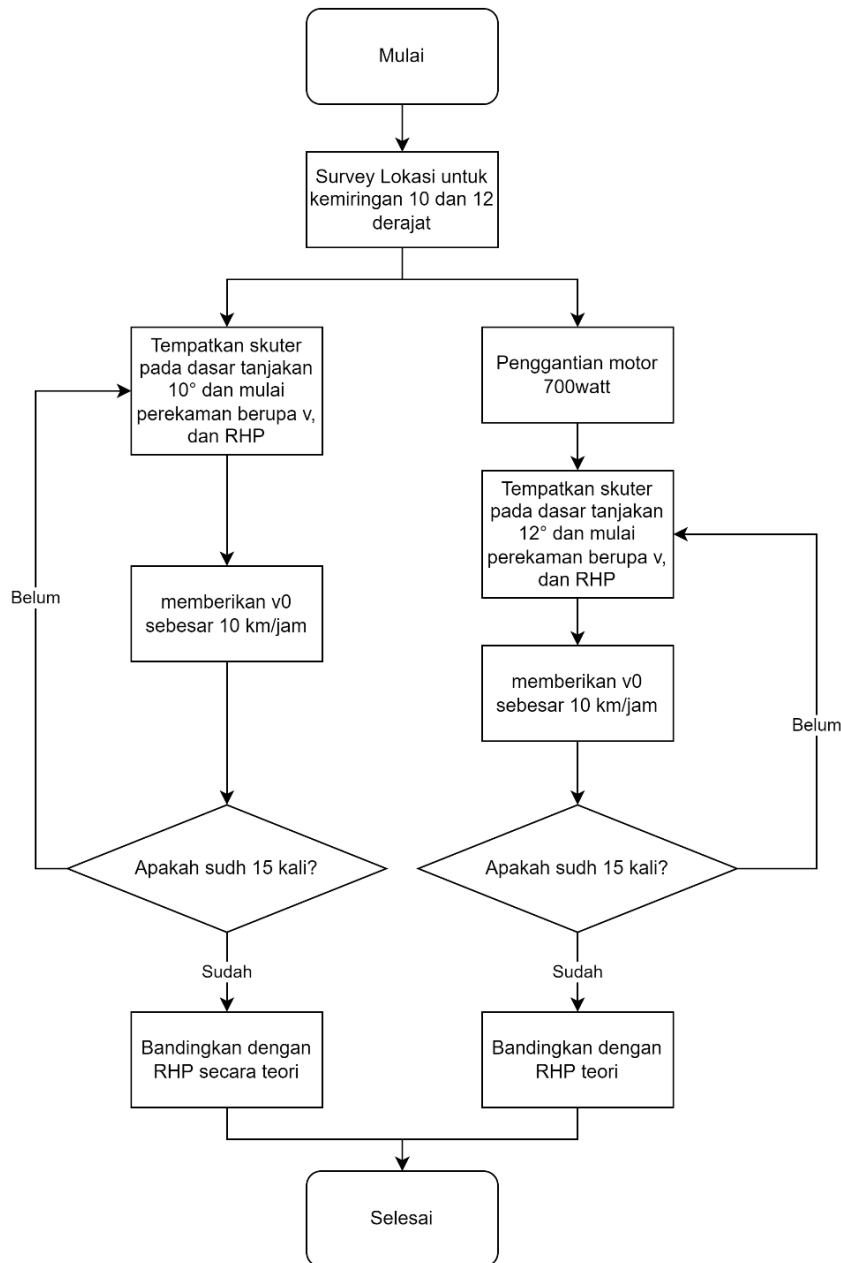


Gambar 3. 16 Flowchart uji kecepatan maksimum.

### 3.7.3 Pengujian Kemiringan Maksimum

Pada pengujian kemiringan maksimum dilakukan dengan menguji skuter pada lintasan dengan kemiringan yang curam. Pada pengujian ini, peneliti menggunakan lintasan curam pada ramp jalan MERR, dimana memiliki kemiringan sebesar 10 derajat. Percobaan Kemiringan maksimum ini dapat digambarkan dengan flowchart berikut (gambar 3.17)



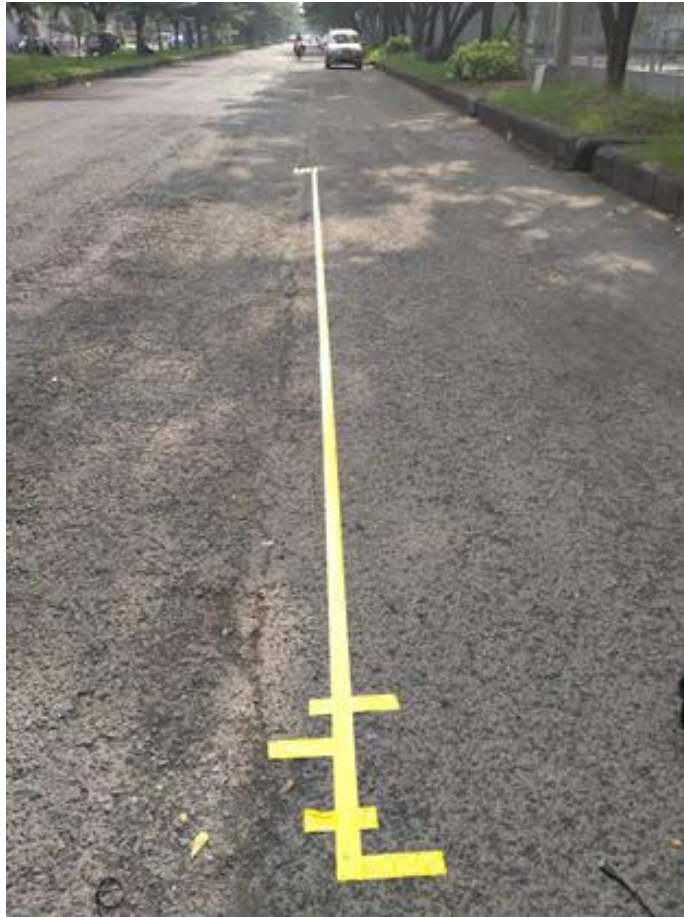


Gambar 3. 17 Uji Kemiringan Maksimum

Uji kemiringan maksimum dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kemampuan skuter untuk menanjak lintasan curam dengan kemiringan 10 derajat menjadi mampu menanjak dengan kemiringan 12 derajat. Penggunaan persamaan RHP digunakan untuk menentukan daya yang dibutuhkan ketika menanjak pada kemiringan 12 derajat, lalu setelah disimulasikan dengan teori, akan dites pada tanjakan tersebut.

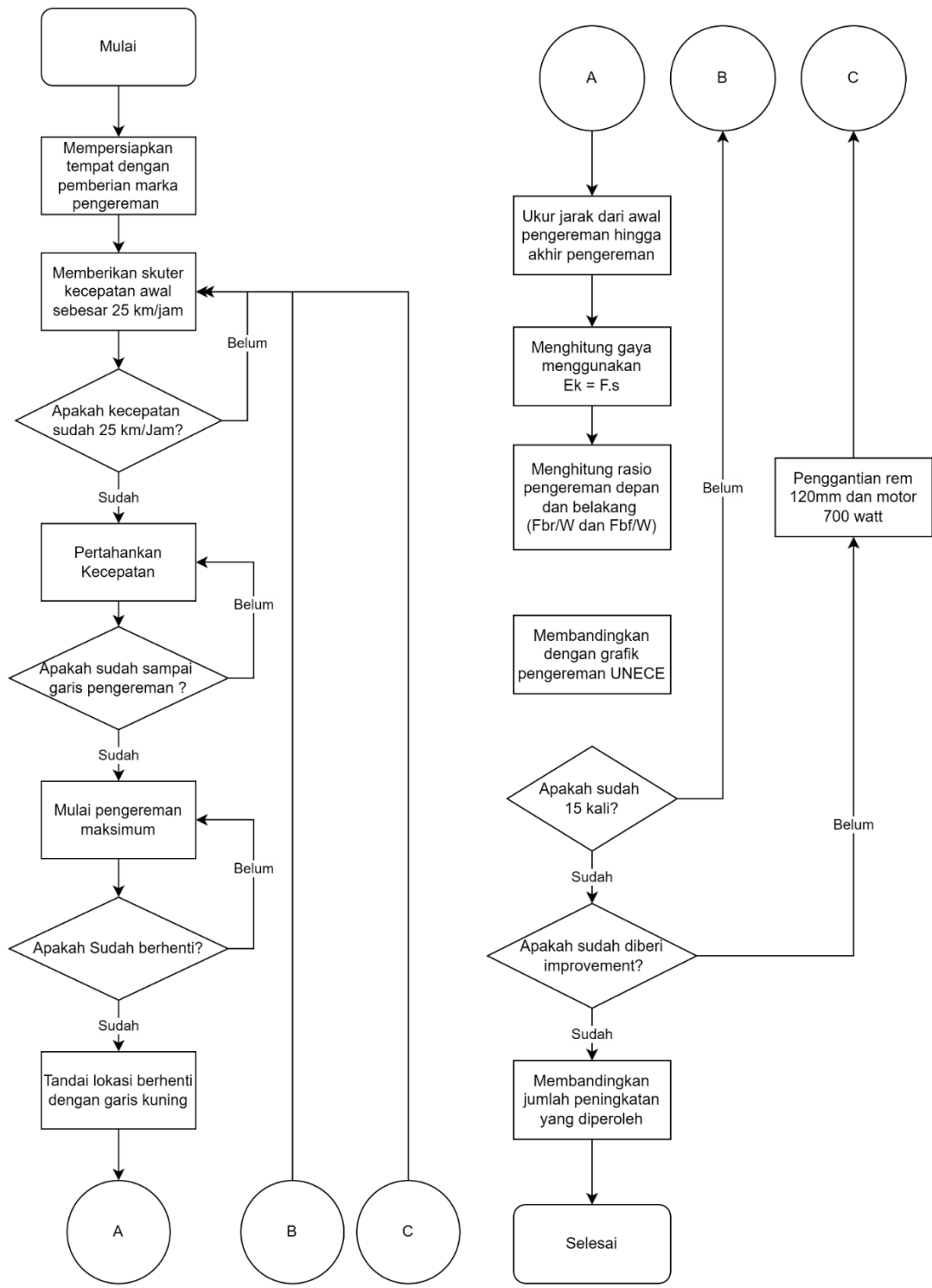
### 3.7. Pengujian Jarak Pengereman

Pengujian jarak pengereman dilakukan dengan memberikan skuter kecepatan awal sebesar 25 km/jam, setelah itu dilakukan pengereman secara maksimal. Pengujian pada skuter dilakukan dengan memberikan zona start untuk pengereman berupa garis kuning, atau mulai pengereman maksimal (gambar 3.18)



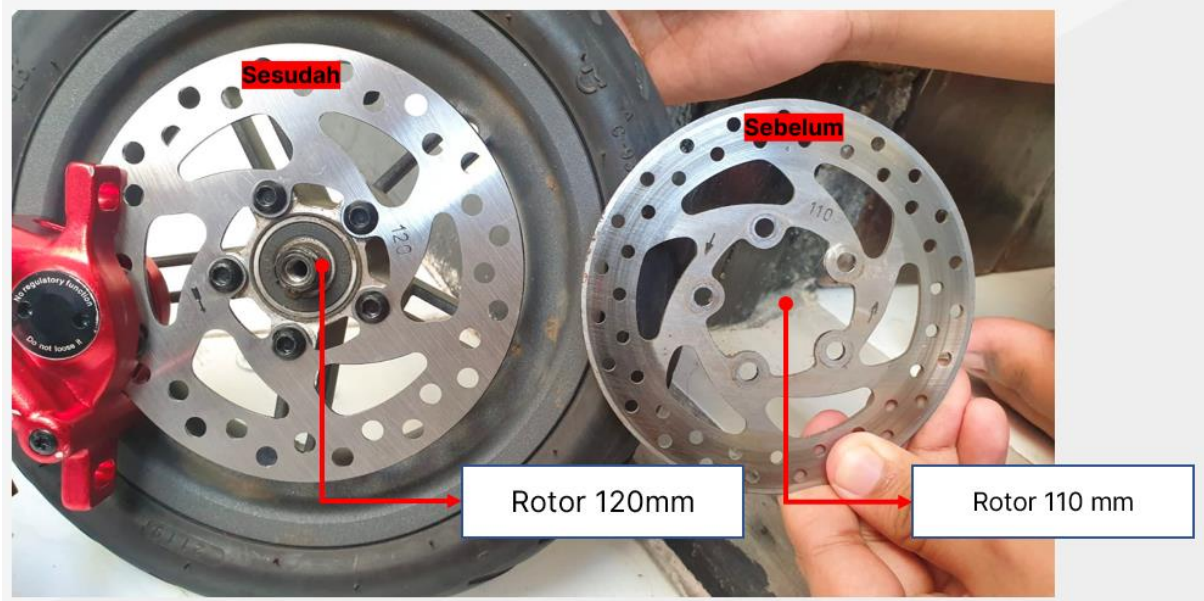
*Gambar 3. 18 garis dari awal, hingga berhentinya skuter*

Pada gambar 3.18 dapat dilihat adalah jarak pengereman diwakilkan dengan garis kuning yang panjang, sedangkan beberapa garis kuning dibawah merupakan akhir pengereman. Uji pengereman dapat digambarkan dalam *flowchart* (Gambar 3.19).



Gambar 3. 19 Flowchart Pengujian Pengereman

Hasil dari uji pengereman ini nantinya dapat menentukan porsi pengereman dari pengereman *regenerative*, maupun porsi pengereman mekanis.



Gambar 3. 20 Penggantian ukuran rotor (*disc*) untuk peningkatan kinerja pengereman skuter

Setelah mendapatkan hasil pengereman berupa jarak pengereman *regenerative*, mekanis, dan campuran, akan dihitung gaya pengereman masing masing variasi. Lalu menggunakan persamaan  $EK=F.s$  ditemukan gaya pengereman tersebut. Rasio pengereman didapat ketika memberikan persamaan  $F_{br}/w_r = F_{bf}/W_f$  dimana menurut UNECE pengereman belakang tidak boleh melebihi pengereman depan agar tidak terjadi *oversteer* ketika pengereman. Setelah mendapatkan rasio tersebut, akan dibandingkan dengan hasil simulasi, dimana pengembangan rasio akan dimaksimalkan hingga  $F_f = F_r$  untuk menemukan kemampuan maksimal pengereman skuter.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

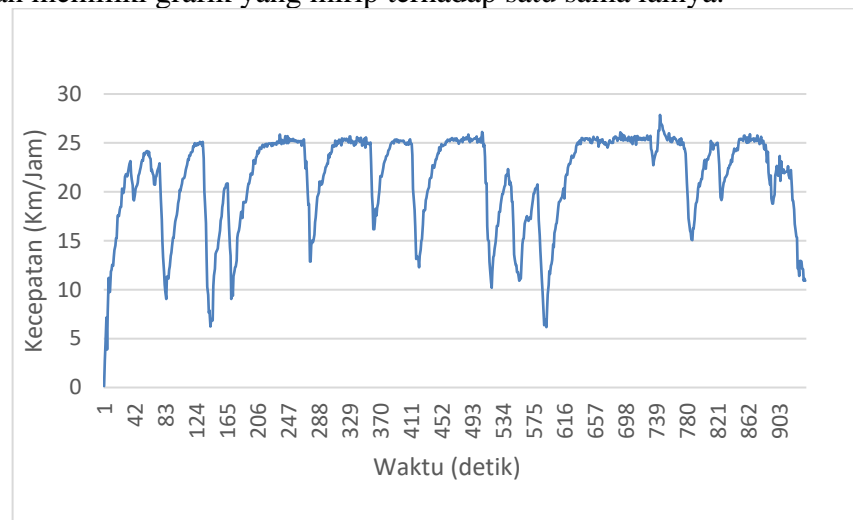
### 4.1. Hasil *Driving Cycle* Skuter

Pada pengujian yang dilakukan, terdapat 2 rute yang dipilih, yaitu rute dari teknik mesin, ke jalan raya keputih sebesar 2.5 kilometer (Rute A) dan juga rute pada perumahan pakuwon city sukolilo (Rute B).

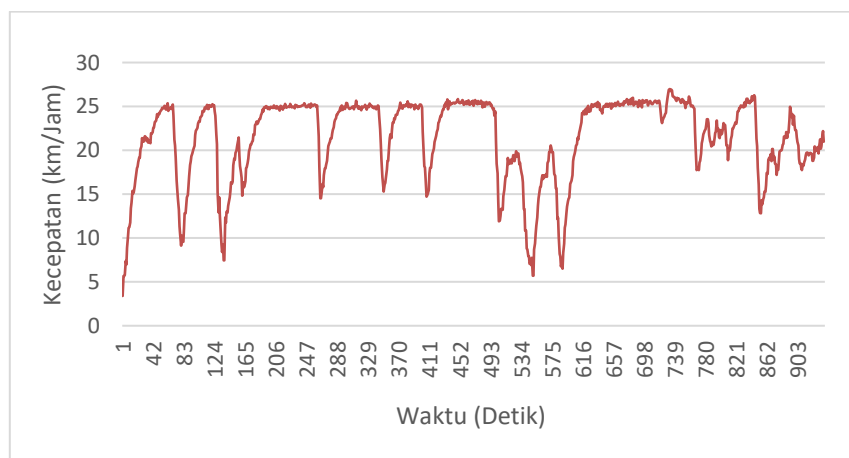
#### 4.1.1. Hasil *Driving Cycle* Melalui Rute A

##### a) *Driving cycle*

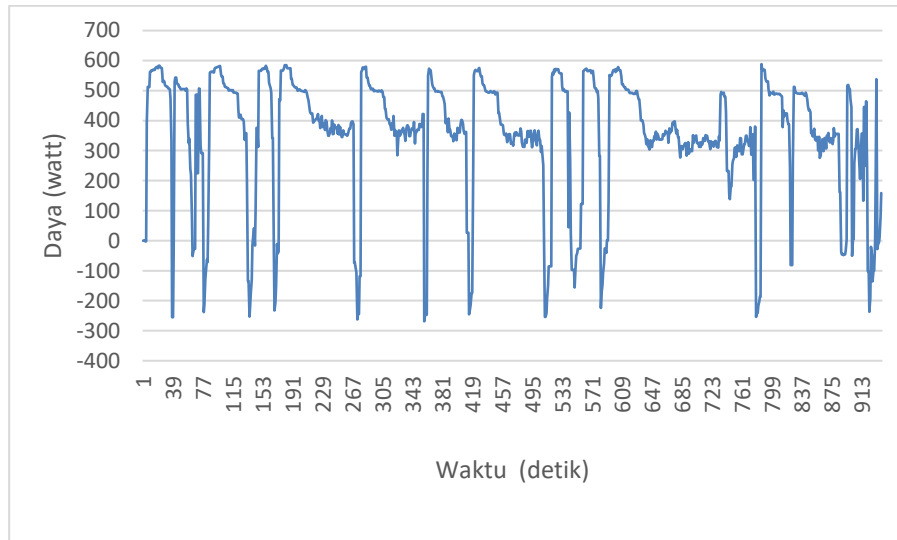
Dalam Rute A didapat RHP Regeneratif dan *driving cycle* pengereman mekanis sebagai gambar grafik dibawah ini. Pada gambar 4.1 dan 4.2, dapat dilihat bahwa kedua mode *driving cycle* dipilih dikarenakan memiliki grafik yang mirip terhadap satu sama lainnya.



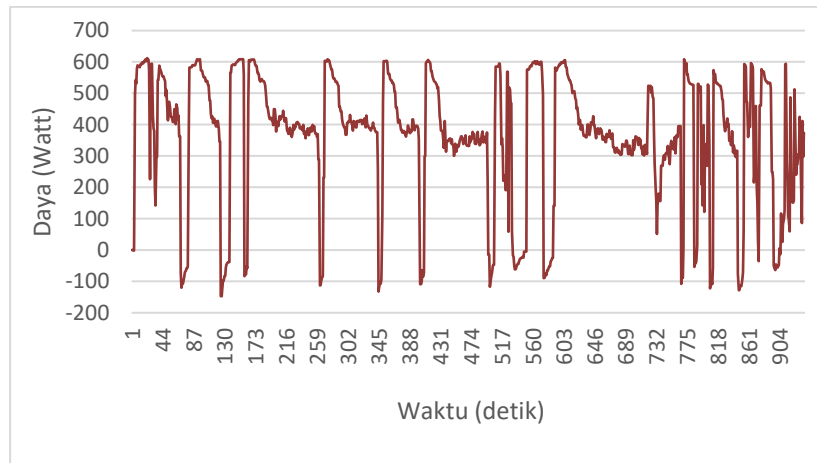
Gambar 4. 1 *Driving Cycle* Pengereman Regenerative



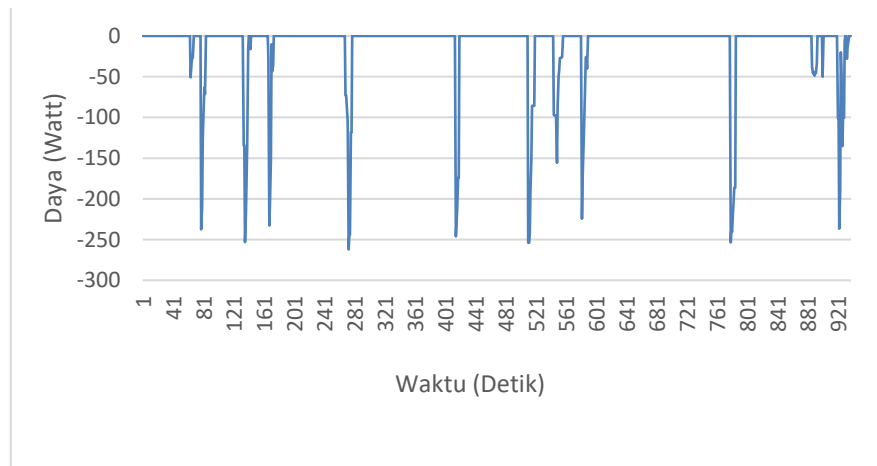
Gambar 4. 2 *Driving Cycle* Pengereman Mekanis



Gambar 4. 3 Grafik RHP Rute A dengan pengereman regeneratif



Gambar 4.4 Grafik RHP Rute A dengan pengereman mekanis

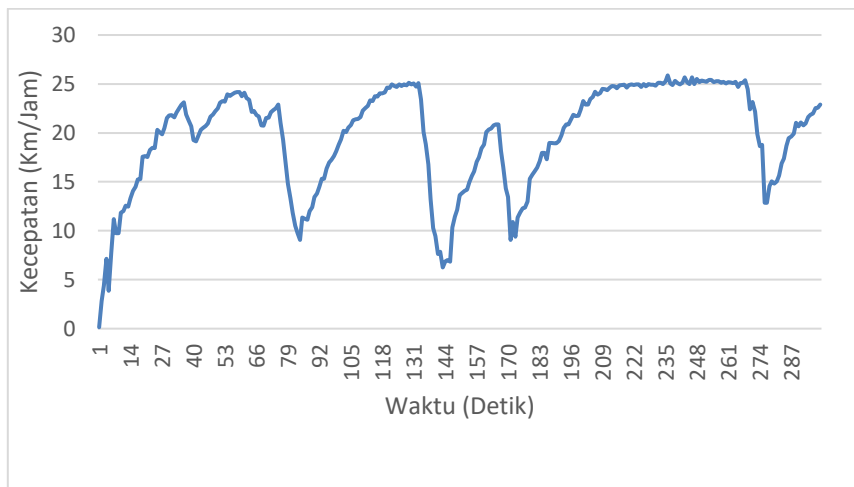


Gambar 4. 5 Grafik Gaya yang Ditangkap Menggunakan Pengereman Regeneratif

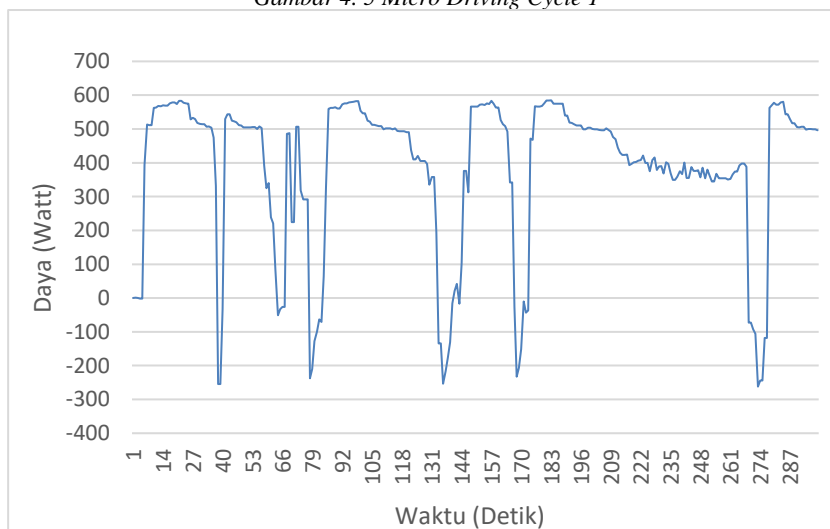
Pada Gambar 4.1 dan 4.2 driving cycle yang dilakukan memiliki trend yang mirip terhadap satu sama lain dikarenakan lintasan yang di lalui memiliki kondisi yang serupa. Dengan kecepatan maksimum sebesar 25 km/jam dan rata rata kecepatan sebesar 17 km/jam. Sedangkan pada gambar 4.3 dan 4.4 didapat bahwa skuter memberikan tenaga maksimum sebesar 588,42 watt dan rata – rata penggunaan sebesar 353 watt pada percobaan dengan pengereman regenerative, sedangkan penggunaan maksimum sebesar 61235 watt Dengan rata rata penggunaan tenaga sebesar 363.936 watt. Pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa pengereman regenerative tertinggi terjadi pada detik 137 sebesar -253,157 Watt

**b) Micro Cycle**

Micro cycle merupakan potongan yang dilakukan pada driving cycle untuk menganalisa lebih detil suatu RHP dan Driving cycle, pada driving cycle ini dilakukan 3 pembagian berdasarkan waktu, setiap 300 detik. Pembagian driving cycle tersebut dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini (gambar 4.5).

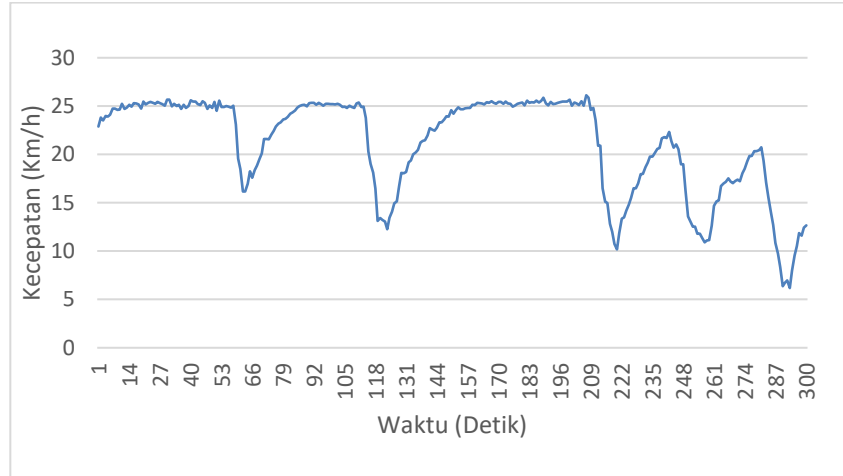


Gambar 4. 5 Micro Driving Cycle 1

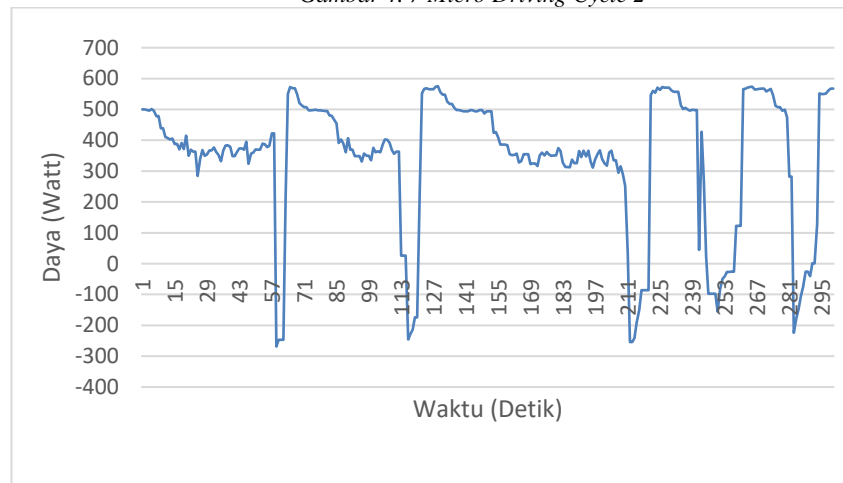


Gambar 4. 6 RHP Micro Driving Cycle 1

Dari gambar potongan micro cycle pertama (gambar 4.6 dan 4.6) tersebut didapat pengereman ke-1 pada detik ke 65 hingga detik ke 68 sebesar -50 watt, lalu pengereman ke-2 terjadi pada detik ke-80 dengan pengereman regeneratif sebesar -237 watt. Lalu pengereman ke-3 terjadi pada detik ke 135 dengan pengereman regeneratif sebesar -250 watt. Pengereman ke-4 terjadi pada detik ke 168 dengan pengereman regeneratif sebesar -230 watt. Pengereman kelima terjadi pada detik ke 270 dengan besaran -106 watt.



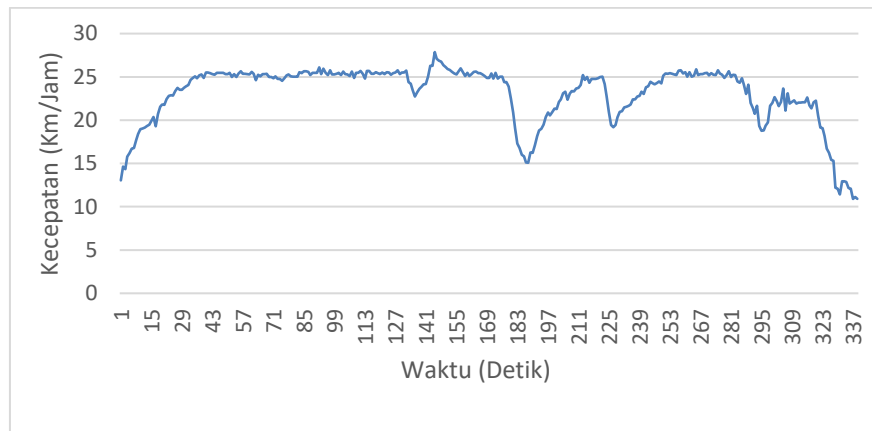
Gambar 4. 7 Micro Driving Cycle 2



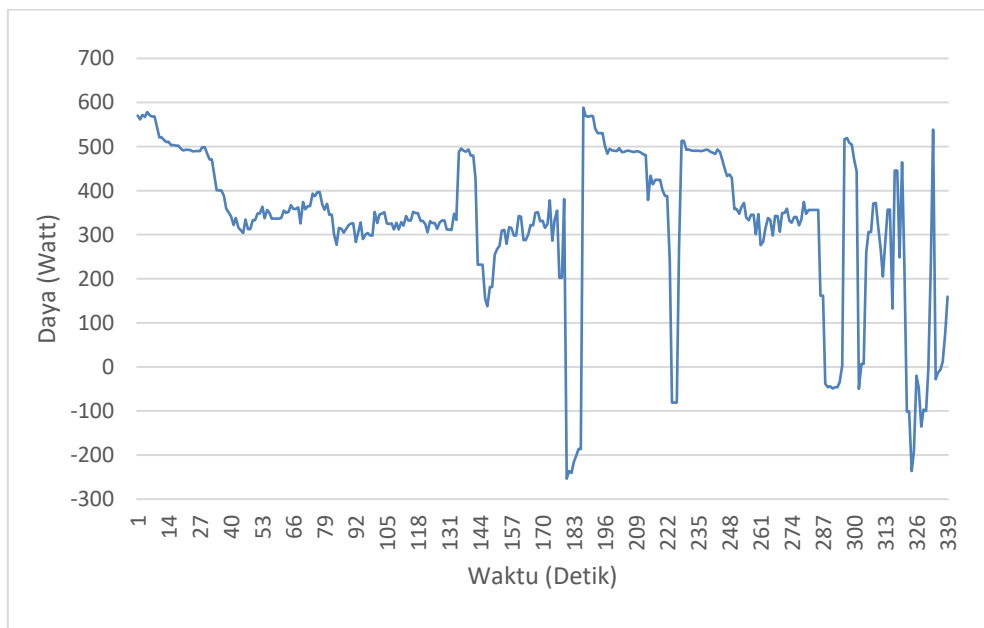
Gambar 4. 8 RHP Micro Driving Cycle 2

Untuk micro cycle kedua (gambar 4.7 dan 4.8), didapat dari potongan detik ke- 301 hingga detik ke-600 dari gambar grafik didapat pengereman ke-1 terjadi pada detik ke 416 dengan daya -245 watt, lalu pengereman ke-2 terjadi pada detik ke 512 dengan daya pengereman sebesar -253 watt, pengereman ke-4 terjadi dengan daya -90 watt pada detik ke 546, sedangkan pengereman ke-5 terjadi pada detik ke 583 dengan daya -200 watt.



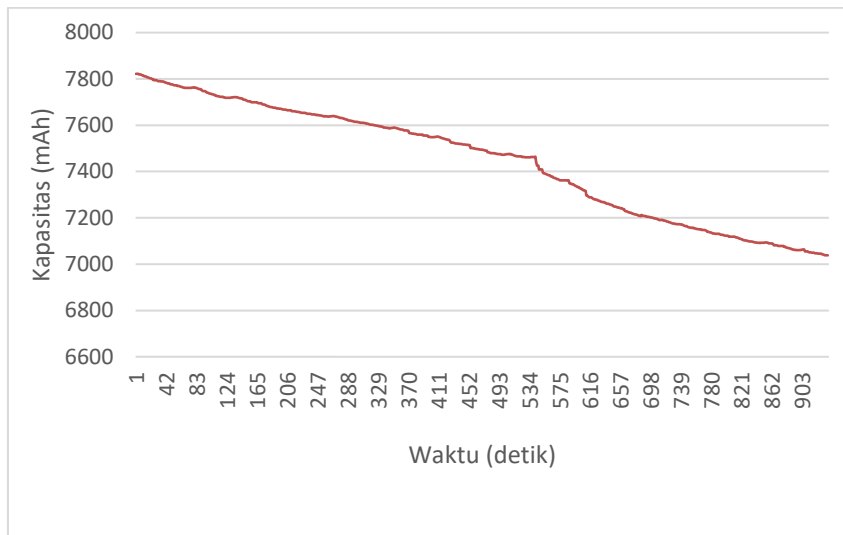


Gambar 4. 9 Micro Driving Cycle 3

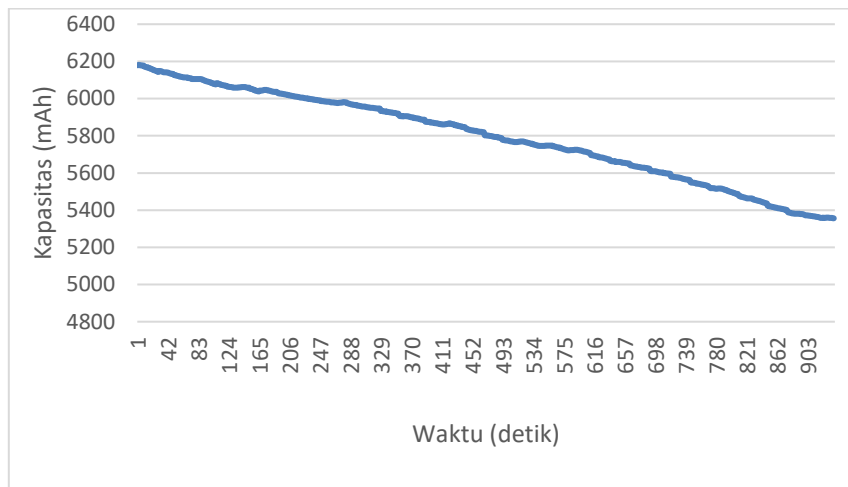


Gambar 4. 10 RHP Micro Driving Cycle 3

Pada *micro cycle* ketiga didapat pembacaan sebagai berikut. Pada pengereman ke-1 pengereman dilakukan pada detik ke-780 dengan regenerative sebesar -253 watt, lalu pengereman ke-2 terjadi pada detik ke-888 dengan daya regenerative sebesar -43 watt, pengereman ke-3 terjadi pada detik ke-922 dan merupakan akhir dari microcycle dengan pengereman regenerative sebesar -101 watt.



Gambar 4. 11 grafik penggunaan daya pengereman regenerative



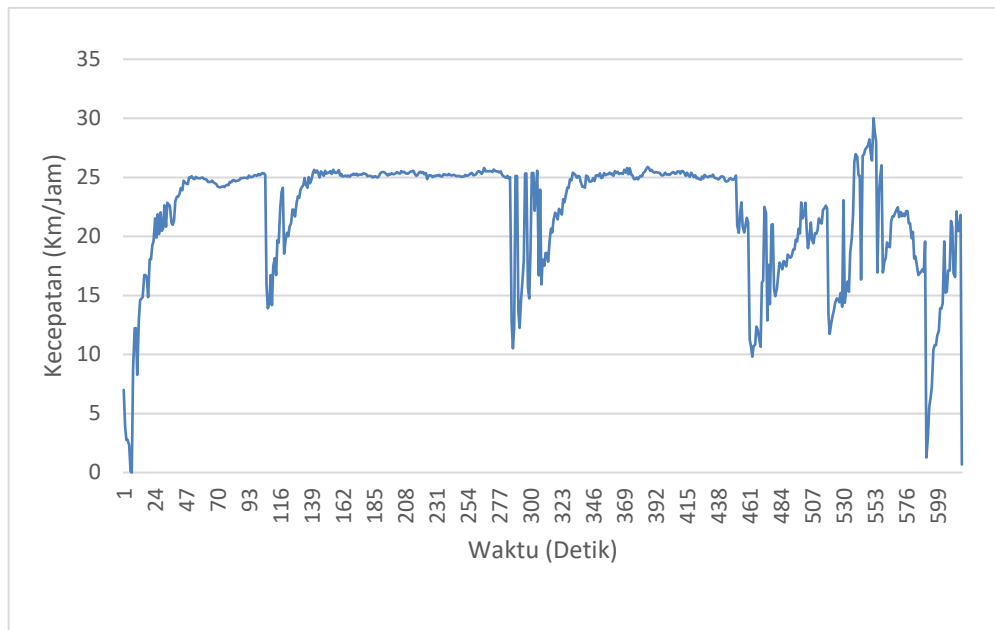
Gambar 4.12 Kapasitas Baterai Mekanis

Pada (gambar 4.6) kapasitas awal berjumlah 6179 mAh dan berkurang hingga 5356 mAh setelah pengujian selesai dan memiliki penggunaan total sebesar 823 mAh, hal ini dibandingkan dengan kapasitas baterai pengereman mekanis yang memiliki daya awal sebesar 7822 mAh dan sesudah sebesar 7038 mAh dengan penggunaan total sebesar 784 Mah. Dari percobaan ini didapat bahwa penggunaan daya skuter dengan pengereman regeneratif meningkatkan efisiensi sebesar 5% sepanjang Rute A.

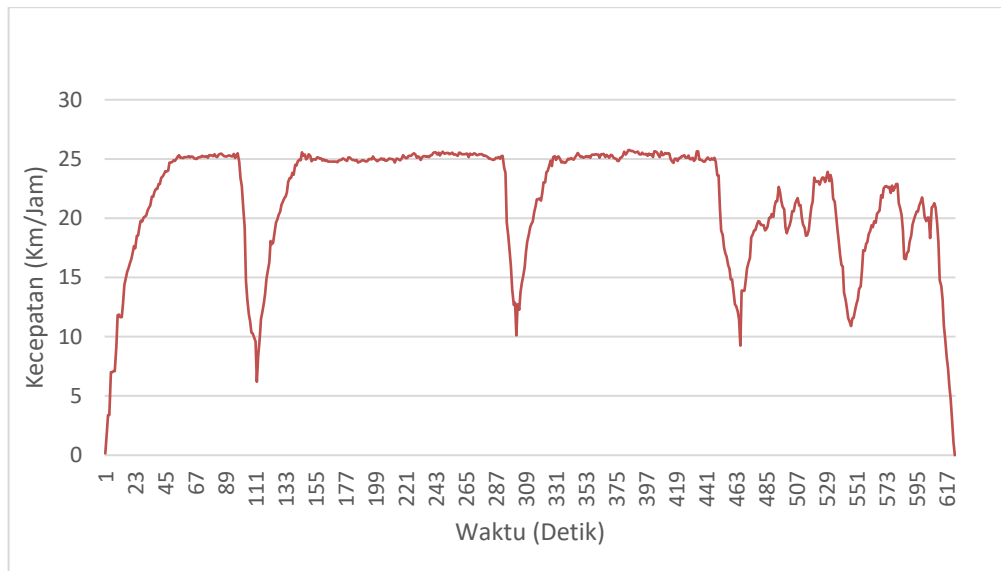
#### 4.1.2. Hasil Driving Cycle Melalui Rute B

##### a) Driving cycle

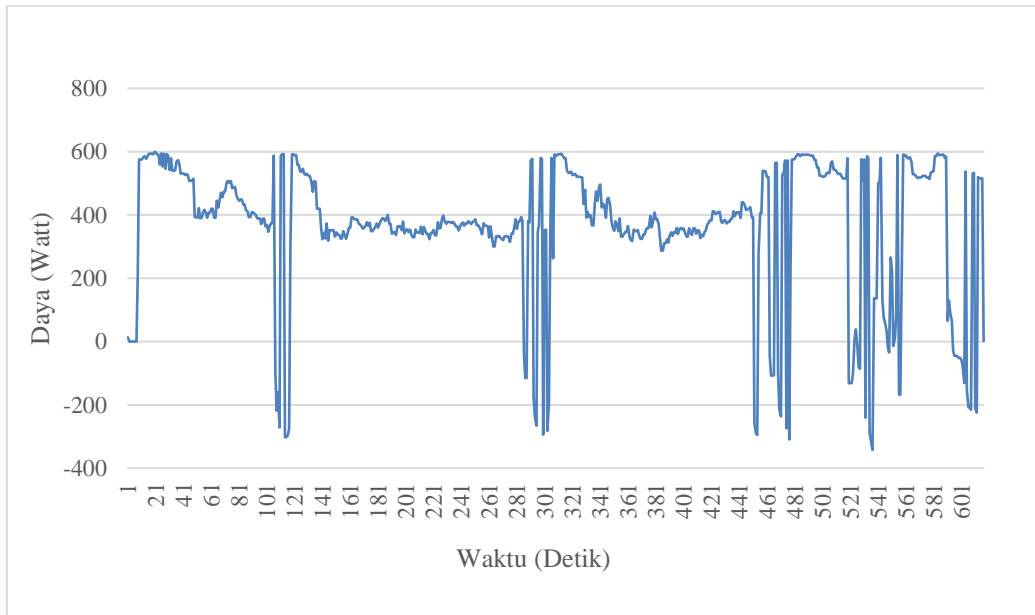
Pada Rute B didapat *driving cycle* yang memiliki lintasan yang panjang berupa lajur lurus. Pada rute ini dapat dilihat grafik penggunaan energi yang digunakan pada kecepatan tinggi dan konstan sepanjang lintasan yang dilalui.



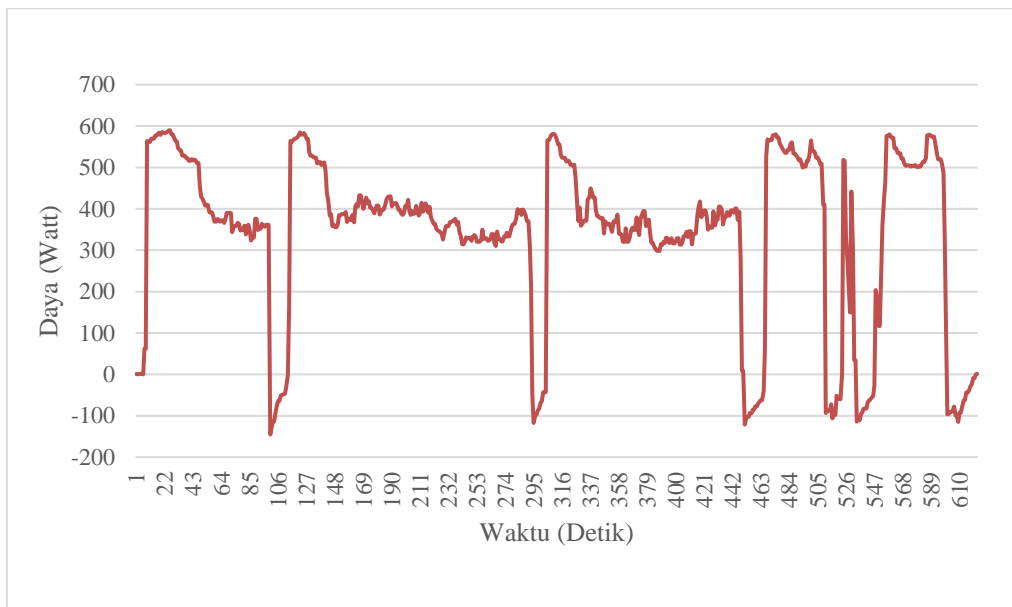
Gambar 4. 13 Driving Cycle Pengereman Regenerative pada Rute B



Gambar 4. 14 Driving Cycle Pengereman Mekanis pada Rute B

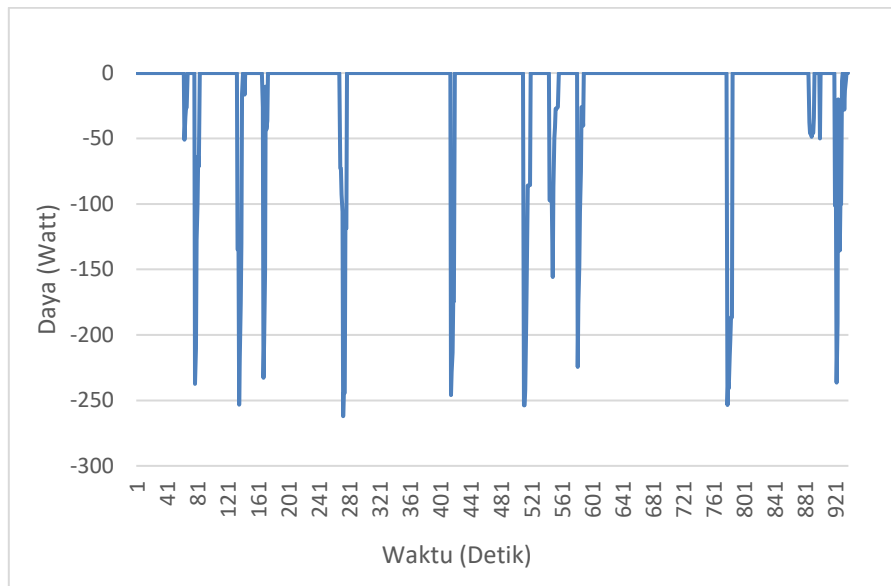


Gambar 4.15 Grafik Penggunaan Daya pada Variabel Regeneratif



Gambar 4.16 Grafik RHP Penggunaan Daya Tanpa Pengereman Regeneratif

Pada grafik (gambar 4.13) dapat dilihat grafik driving cycle dengan pengereman regenerative, sedangkan pada grafik (gambar 4.14) merupakan gambar grafik driving cycle pengereman mekanis saja, pada kedua grafik tersebut dapat dilihat bahwa memiliki driving cycle yang mirip dengan rata-rata kecepatan pada driving cycle pengereman regenerative sebesar 22.16 km/jam dan pada driving cycle pengereman mekanis sebesar 21.68km/jam.

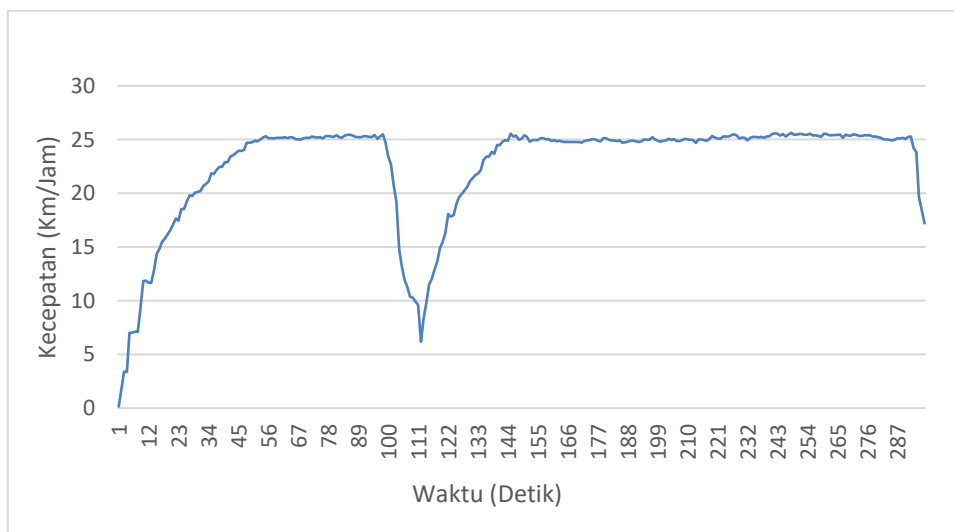


Gambar 4.17 Grafik Kontribusi Pengereman Regeneratif

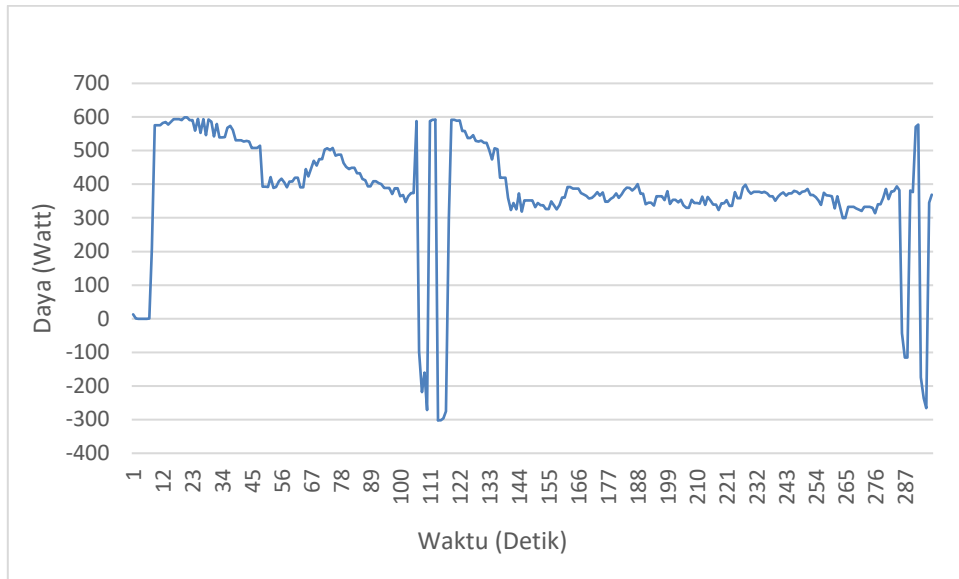
Pada gambar grafik 4.17 dapat dilihat grafik penggunaan tenaga pada driving cycle pengereman regenerative serta pada gambar 4.20 merupakan gambar driving cycle menggunakan pengereman mekanis. Pada grafik 4.21 didapat penggunaan tenaga rata-rata sebesar 363.454 watt dan menggunakan tenaga maksimal sebesar 598.9 watt. Pada grafik 4.22 didapat rata rata penggunaan tenaga sebesar 342.72 watt sedangkan penggunaan tenaga maksimal sebesar 589.76 watt.

b) Micro Driving Cycle

Driving cycle pada Rute B dipecah berdasarkan waktu. Micro cycle pada rute b dibagi menjadi 2, dengan pemotongan setiap 300 detik. Pemotongan ini dilakukan untuk memudahkan pembacaan driving cycle serta menganalisa lebih dekat mengenai grafik tersebut.

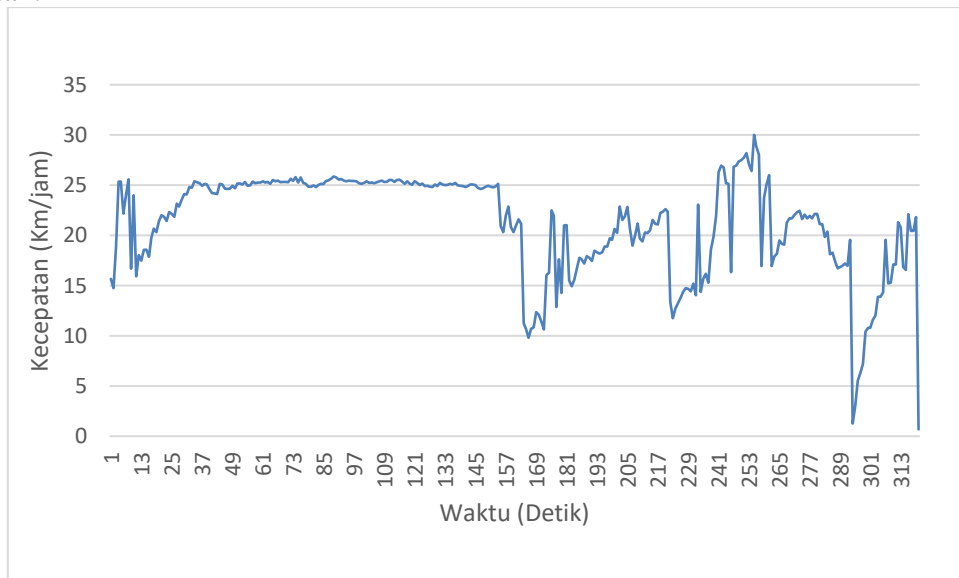


Gambar 4.18 Grafik Micro Diving Cycle 1

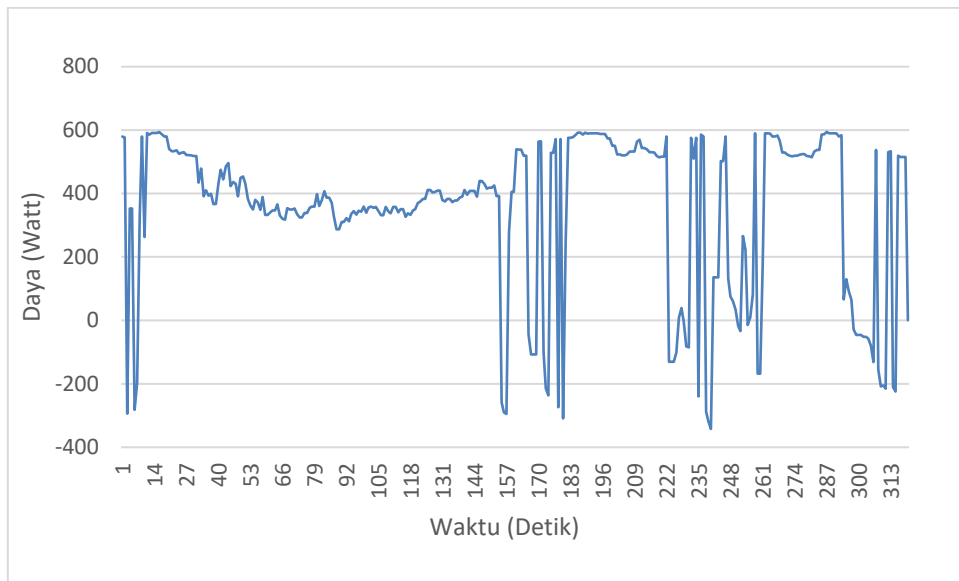


Gambar 4.19 Grafik RHP Micro-Cycle 1

Pada micro driving cycle 1 (gambar 3.18) terjadi 2 kali pengereman yang pertama merupakan pengereman pada detik 110 dengan gaya pengereman sebesar -271 watt, lalu pengereman Kembali dilakukan pada detik ke-289 dengan gaya pengereman sebesar -236 Watt. Selain dari kedua pengereman tersebut, driving cycle pada bagian pertama memiliki kecepatan yang konstan.

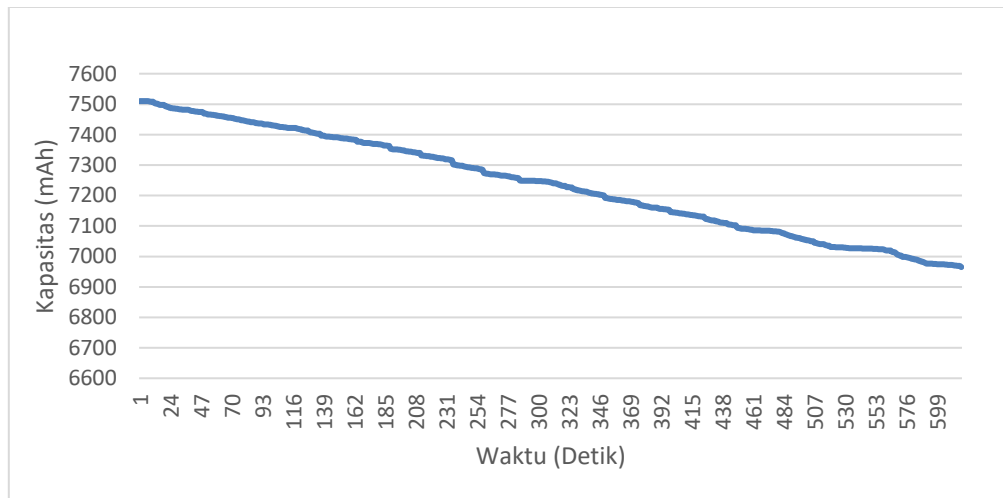


Gambar 4. 20 Grafik Micro-Cycle 2

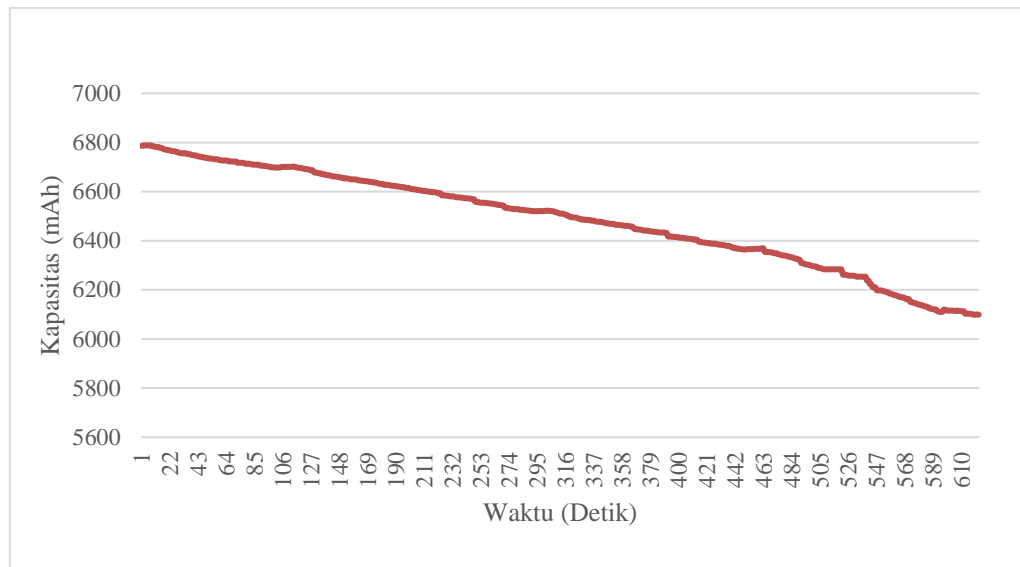


Gambar 4. 21 Grafik RHP Micro-Cycle 2

Pada micro driving cycle kedua, terjadi banyak pengereman, dikarenakan kondisi jalan yang digunakan, pertama pengereman dilakukan pada detik ke-306 dengan pengereman sebesar -230,6 watt, lalu pengereman ke-2 dilakukan pada detik ke-466 dengan pengereman sebesar -177 watt. Lalu pada pengereman ke-3 dilakukan pada detik ke 523 dengan pengereman sebesar -197 watt. Dan yang terakhir pengereman ke-4 dilakukan pada detik ke-598 dengan daya sebesar -154 watt.



Gambar 4. 22 Grafik Penurunan Daya Baterai pada Pengereman Regenerative



Gambar 4.23 Grafik Penurunan Daya Baterai pada Pengereman Mekanis

Pada grafik 4.22 dan 4.23 diatas dapat dilihat bahwa kedua grafik memiliki tren yang mirip. Pada grafik daya pengereman regeneratif menggunakan kapasitas baterai sebesar 545 mAh dengan kapasitas awal sebesar 7510 mAh lalu kapasitas akhir sebesar 6965 mAh dan dengan menonaktifkan pengereman regeneratif menghasilkan pengurangan kapasitas sebesar 688 mAh, dimulai dari 6788 mAh dan berakhir pada 6099 mAh. Dalam kasus Rute B, pengereman regeneratif tidak berpengaruh terhadap efisiensi kendaraan.

## 4.2. Pengujian dan Peningkatan Kerja Skuter

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai hasil dari peningkatan kinerja skuter pada saat sebelum dan sesudah peningkatan berupa pengereman dan penggantian motor listrik 700w.

### 4.2.1 Hasil Pengujian dan Peningkatan Pengereman Skuter

Tabel 4. 1 Hasil Pengereman Sebelum dan Sesudah Peningkatan

Data ke-n	Jarak Pengereman (Cm)	
	Sebelum (Rotor 110mm ,Motor 500 Watt)	Sesudah (Rotor 120mm, Motor 700 Watt)
1	891	730.4
2	930	690.6
3	891.4	831.6
4	920	706.5
5	902.7	709.9
6	855	704.4
7	891	768.4
8	902.3	728.2
9	899.1	669.7
10	891	706.6
11	921	863.4



12	940	715
13	873	735.6
14	868.6	726
15	903.9	777
<b>Rata-Rata</b>	<b>898.667</b>	<b>737.5533</b>

Dari hasil yang didapat pada tabel 4.1 jarak pengereman berkurang dari rata-rata 898.667 cm menjadi 737,553 cm, hal ini merujuk dari persamaan energi kinetik dimana gaya yang diberikan pada sebuah energi kinetik berbanding dengan gaya dikalikan jarak, dalam kasus ini peningkatan gaya pengereman dapat mengurangi jarak yang dibutuhkan untuk memberhentikan skuter dari kecepatan 25 km/jam hingga berhenti (0km/jam). Peningkatan yang didapat dari penggantian motor serta penggantian rotor 120mm mendapatkan peningkatan performa sebesar 21.8% dari jarak pengereman standard

*Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Pengereman*

Percobaan Ke-n	Gaya pengereman	
	Sebelum (Rotor 110mm)	Sesudah (Rotor 120mm)
	F (N)	F (N)
1	324.334	407.074
2	310.733	431.509
3	324.188	418.450
4	314.110	410.252
5	320.130	409.033
6	337.990	404.170
7	324.334	398.046
8	320.272	396.844
9	321.412	395.648
10	324.334	392.852
11	313.769	408.975
12	307.427	376.082
13	331.021	371.920
14	332.698	347.501
15	319.705	334.702
<b>Rata-Rata</b>	<b>321.764</b>	<b>393.537</b>

Pengujian pengereman dilakukan sebanyak 15 kali. Hasil dari pengujian pengereman didapatkan rata – rata sebelum (dengan rotor 110mm dan motor 500 watt) sebesar 321.764 N dan sesudah dilakukan peningkatan pengereman (rotor 120mm dan motor 700 watt) sebesar 393.53 N. Peningkatan performa yang didapat meningkat sebesar 21% dengan penggantian pengereman dan motor listrik

Tabel 4.3 Rasio Pengereman Depan dan Belakang

Percobaan Ke-	Sebelum (Rotor 110mm)		Sesudah (Rotor 120mm)	
	Fbf/W	Fbr/W	Fbf/W	Fbr/W
1	0.386	0.036	0.440	0.039
2	0.378	0.044	0.456	0.056
3	0.386	0.036	0.447	0.047
4	0.380	0.042	0.442	0.041
5	0.384	0.039	0.441	0.040
6	0.395	0.029	0.438	0.037
7	0.386	0.036	0.434	0.032
8	0.384	0.038	0.433	0.032
9	0.385	0.038	0.432	0.031
10	0.386	0.036	0.431	0.029
11	0.380	0.042	0.441	0.040
12	0.376	0.045	0.420	0.017
13	0.391	0.033	0.417	0.014
14	0.392	0.032	0.401	0.004
15	0.383	0.039	0.393	0.013
<b>Rata – Rata</b>	<b>0.385</b>	<b>0.038</b>	<b>0.431</b>	<b>0.029</b>

Pada tabel 4.3 dapat dilihat hasil rasio pengereman depan dan belakang pada kondisi sebelum dan sesudah. Dalam peningkatan pengereman didapat peningkatan daya pengereman rata-rata sebesar 72 N dan tetap mengikuti rasio  $F_{bf}/W_f$   $F_{br}/W_r$  sesuai dengan regulasi ECE. Sedangkan jarak pengereman skuter meningkat daripada standardnya, dengan penambahan perbaikan ini memberikan skuter peningkatan keamanan ketika terjadi pengereman mendadak saat pengoperasian dijalan publik.

### 4.3.Peningkatan Tenaga Skuter

Peningkatan skuter yang dilakukan terdiri dari peningkatan kemampuan menanjak, peningkatan kemampuan berakselerasi, dan peningkatan kecepatan puncak

#### 4.3.1. Peningkatan Kemampuan Menanjak

Setelah pengubahan motor ke 700W dapat kita lihat beberapa perubahan dalam kemampuan menanjak pada kemiringan  $10^\circ$ , dapat dilihat pada 4.4 Pada tabel 4.5 dapat dilihat perbedaan dalam penggunaan RHP secara teori dan RHP secara pengujian. Pada saat pengujian, tenaga yang diberikan pada roda dan disalurkan ke lintasan memiliki beberapa variable yang tidak diperhitungkan dalam teori, seperti perubahan energi menjadi getaran suara, menjadi energi panas, dan lainnya. Dalam kasus ini efisiensi motor yang didapat sebesar 90% dari perhitungan RHP teori dan dari pengukuran menggunakan aplikasi skuter.

Data Ke-n	Kecepatan (Km/h)	Kecepatan (m/s)	RHP actual (Watt)	RHP Teori (Watt)	Kemiringan
1	10,9	3,03	600	585,971	10°
2	11,4	3,17	600	585,971	10°
3	10,4	2,89	600	585,971	10°
4	11	3,06	600	585,971	10°
5	9,8	2,72	600	585,971	10°
6	10,1	2,81	600	585,971	10°
7	10,5	2,92	600	585,971	10°
8	11,1	3,08	600	585,971	10°
9	9,7	2,69	600	585,971	10°
10	10,1	2,81	600	585,971	10°
11	11	3,06	600	585,971	10°
12	11,3	3,14	600	585,971	10°
13	10,7	2,97	600	585,971	10°
14	10,3	2,86	600	585,971	10°
15	10	2,78	600	585,971	10°
Rata-Rata	10,55	2,93	600	585,971	10°

Tabel 4.4 kemampuan menanjak skuter

Tabel 4.5 Tabel peningkatan skuter pada kemiringan 12° 4

Data Ke-n	Kecepatan (Km/h)	Kecepatan (m/s)	RHP actual (Watt)	RHP Teori (Watt)	Kemiringan
1	11	3.06	685	668.103	12°
2	9.3	2.58	685	668.103	12°
3	9.8	2.72	685	668.103	12°
4	10	2.78	685	668.103	12°
5	10.4	2.89	685	668.103	12°
6	10.2	2.83	685	668.103	12°
7	9.7	2.69	685	668.103	12°
8	9.4	2.61	685	668.103	12°

Data Ke-n	Kecepatan (Km/h)	Kecepatan (m/s)	RHP actual (Watt)	RHP Teori (Watt)	Kemiringan
9	10.1	2.81	685	668.103	12°
10	10	2.78	685	668.103	12°
11	9.8	2.72	685	668.103	12°
12	9.3	2.58	685	668.103	12°
13	9.4	2.61	685	668.103	12°
14	10.3	2.86	685	668.103	12°
15	10	2.78	685	668.103	12°
Rata-Rata	9.913	2.753	685	668.103	12°

Pada tabel 4.4 dan 4.5, dapat kita lihat peningkatan kemampuan menanjak dari 10° ke 12°. Pada kemiringan 10° secara teori perhitungan didapat kebutuhan daya sebesar 585.971 Watt untuk menanjak pada kecepatan 10 km/h namun pada saat pengujian didapat kendaraan membutuhkan daya sebesar 600 watt. Pada kemiringan 12° diperhitungkan akan membutuhkan daya 668 watt untuk menanjak pada kecepatan 10 km/h, namun pada saat pengujian dibutuhkan tenaga sebesar 685 Watt. Perbedaan hasil perhitungan serta hasil pengujian ini disebabkan oleh efisiensi motor, dimana paa perhitungan efisiensi motor dianggap 100 % namun pada pengujian efisiensi motor berkisar pada 80% hingga 90%.

#### 4.3.2. Kecepatan Puncak

Pada penggantian motor 700w didapat peningkatan akselerasi sebagai berikut

*Tabel 4.5 Tabel Kecepatan Maksimal Sebelum dan Sesudah Penggantian Motor 700W*

Kecepatan Standard (Motor 500w)		Kecepatan (Motor 700w)	
Data Ke-n	Kecepatan (km/h)	Data Ke-n	Kecepatan (km/h)
1	25.1	1	29.3
2	25.4	2	30
3	25.3	3	31.4
4	25.3	4	30.7
5	25	5	32
6	24.9	6	29
7	25	7	29.8
8	25.1	8	29.7
9	25.3	9	28.9
10	25	10	30
11	25	11	30.2
12	24.6	12	30.3

Kecepatan Standard (Motor 500w)		Kecepatan (Motor 700w)	
Data Ke-n	Kecepatan (km/h)	Data Ke-n	Kecepatan (km/h)
13	24.6	13	29.6
14	25	14	30
15	24.8	15	31.3
<b>Rata-Rata</b>	<b>25.02</b>		<b>30.14</b>

Pada Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan rata – rata sebesar 5 km/h. peningkatan kecepatan tidak signifikan, hal ini dikarenakan fitur keamanan yang membatasi kecepatan skuter hingga 30 km/jam. Selain itu pemberian kecepatan yang lebih tinggi dari 30 km/h membuat skuter terasa tidak seimbang ketika melewati lintasan yang memiliki permukaan tidak rata, seperti tutup got dan lain sebagainya.

#### 4.3.3. Akselerasi

Pada pengujian akselerasi dapat dilihat pada tabel berikut (table 4.6)

*Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Akselerasi*

Akselerasi 0 - 25 (detik)		
n	Motor 700w	Motor 500w
1	18	20
2	14	17
3	15	16
4	14.3	18.3
5	15.2	19
6	17	18.5
7	16.9	17.6
8	17.4	19.4
9	14.9	17.4
10	17.1	15.1
11	17.7	19.7
12	15.3	16.43
13	18.3	15.8
14	16.3	18.8
15	17.7	18.4
<b>Rata-Rata</b>	<b>16.20</b>	<b>17.82</b>

Pada tabel 4.6, dapat dilihat bahwa akselerasi pada skuter meningkat sebanyak 1.6 detik setelah pemberian motor 700w. Kejadian pada pengujian akselerasi memiliki efek yang sesuai dengan hukum newton, dimana pemberian gaya akan meningkatkan akselerasi dengan masa benda yang sama, oleh karena itu diperoleh peningkatan akselerasi yang cukup.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan.**

- Pada Rute A, pengereman regenerative memberikan peningkatan efisiensi sebesar 5% sepanjang 2 Kilometer, sedangkan pada Rute B, pengereman regenerative tidak memberikan peningkatan efisiensi sepanjang lintasan Rute B.
- Pada pengujian pengereman, didapat peningkatan sebesar 71.773 N atau sebesar 22% dari standarnya selagi mempertahankan rasio pengereman sesuai regulasi ECE.
- Pada pengujian kemampuan menanjak, untuk meningkatkan kemampuan menanjak dari 10° ke 12° dibutuhkan penggantian dan peningkatan tenaga motor listrik dengan spesifikasi 700w
- Pada peningkatan kecepatan puncak dan akselerasi, didapatkan peningkatan kecepatan puncak sebesar 5 km/jam sedangkan peningkatan akselerasi sebesar 1.2 detik dengan penggantian motor 700w

#### **5.2. Saran**

Saran dari penulis untuk kedepannya terkait penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1). Penelitian selanjutnya dapat melakukan analisis terhadap *driving cycle* yang dilakukan pada rute atau lintasa yang berbeda
- 2.) Penelitian selanjutnya juga dapat membahas mengenai perbandingan simulasi terhadap *driving cycle*

## DAFTAR PUSTAKA

- Al Fuqran, F., & Sutantra, I. N. (2021). **Studi Analisis Kinerja Regenerative Brake-By-Wire System Pada Sepeda Motor Hybrid Dengan Konfigurasi Seri**
- Dani, M., Susila, I. J., Ciptian, W., Priandana, S., & St, M. (2020). Perancangan Dan Pengaturan Pengereman Regeneratif Brushless Dc Sebagai Modul Pembelajaran. **Jurnal AMORI**, 1, 2020.
- Fazio, M., Giuffrida, N., le Pira, M., Inturri, G., & Ignaccolo, M. (2021). Planning suitable transport networks for e-scooters to foster micromobility spreading. **Sustainability** (Switzerland), 13(20). <https://doi.org/10.3390/su132011422>
- Mohammed Ismael, A. (2018). Abbas Mohammed Ismael, Study of Thermal Analysis of Disc Brake Rotor for Different Disc Brakes. **International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)**, 9(3), 731–738.
- Oeschger, G., Carroll, P., & Caulfield, B. (2020). Micromobility and public transport integration: The current state of knowledge. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, 89. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102628>
- Ogunkunbi, G., Al-Zibaree, H., & Meszaros, F. (2021). Evidence-Based Market Overview of Incentives and Disincentives in Electric Mobility as a Key to the Sustainable Future. **Future Transportation**, 1(2), 290–302. <https://doi.org/10.3390/futuretransp1020017>
- Pangestu, A., & Sutantra, I. N. (2020). **Studi Analisis Kinerja Sistem Rem Regeneratif Pada Sepeda Motor Hybrid Dengan Konfigurasi Seri.**
- Prakoso, M., & Sutantra, I. N. (2020). **Analisa Rasio, Tingkat Transmisi, Sistem Tenaga, dan Regenerative Brake pada Truk Bertenaga Listrik.**
- Simic, D., Noll, M., & Ebner, A. (2007). **Evaluation of the Technological Potential of Electric Two-Wheelers Based on a High-Power Electric Scooter EKO-Lack View project SMART ELECTRIC MOBILITY (SEM) View project.** <https://doi.org/10.13140/2.1.3169.2484>
- Uyulan, Ç., Acarer, S., Arslan, E., Katip, İ., & Üiversity, Ç. (2020). **Proceedings 10 th International Automotive Technologies Congress OTEKON.** <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31017.11363>