

TUGAS AKHIR - TM184835

IMPLEMENTASI DAN UJI KARAKTERISTIK *REGENERATIVE SWING ARM* PADA *E-SCOOTER VOLTA 302*

KIBAR ROHMANIANTO

NRP 02111840000138

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Harus Laksana Guntur, S.T., M.Eng

NIP 197505111999031001

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2022



TUGAS AKHIR - TM184835

**IMPLEMENTASI DAN UJI KARAKTERISTIK
REGENERATIVE SWING ARM PADA *E-SCOOTER VOLTA*
302**

KIBAR ROHMANIANTO

NRP 02111840000138

Dosen Pembimbing

Prof.Dr. Harus Laksana Guntur, S.T, M.Eng.

NIP 197505111999031001

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2022



FINAL PROJECT - TM184835

**IMPLEMENTATION AND TESTING OF REGENERATIVE
SWING ARM CHARACTERISTICS ON E-SCOOTER VOLTA
302**

KIBAR ROHMANIANTO

NRP 02111840000138

Advisor

Prof.Dr. Harus Laksana Guntur, S.T, M.Eng.

NIP 197505111999031001

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTEMENT

FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY AND SYSTEM ENGINEERING

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2022

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI DAN UJI KARAKTERISTIK *REGENERATIVE SWING ARM* PADA *E-SCOOTER VOLTA 302*

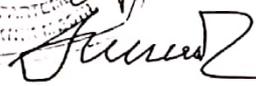
TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Mesin
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **KIBAR ROHMANIANTO**

NRP. 02111840000138

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Harus Laksana Guntur S.T., M. Eng.  Pembimbing
2. Dr. Wiwiek Hendrowati, S.T., M.T.  Penguji
3. Aida Annisa Amin Daman, S.T., M.T.  Penguji
4. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.  Penguji

SURABAYA
Juli , 2022

APPROVAL SHEET

IMPLEMENTATION AND TESTING OF REGENERATIVE SWING ARM CHARACTERISTICS ON E-SCOOTER VOLTA 302

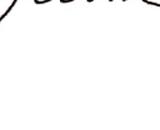
FINAL PROJECT

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

By : **KIBAR ROHMANIANTO**

NRP. 02111840000138

Approved by Final Project Examiner Team :

- | | | |
|---|--|----------|
| 1. Prof. Dr. Harus Laksana Guntur S.T., M. Eng. |  | Advisor |
| 2. Dr. Wiwiek Hendrowati, S.T., M.T. |  | Examiner |
| 3. Aida Annisa Amin Daman, S.T., M.T. |  | Examiner |
| 4. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D. |  | Examiner |
- 

SURABAYA
July , 2022

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Kibar Rohmanianto / 02111840000138
Departemen : Teknik Mesin
Dosen Pembimbing / NIP : Prof. Dr. Harus Laksana Guntur S.T., M. Eng./
197505111999031001

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “**IMPLEMENTASI DAN UJI KARAKTERISTIK *REGENERATIVE SWING ARM* PADA *E-SCOOTER VOLTA 302*” 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.

Mengetahui
Dosen Pembimbing



(Prof. Dr. Harus Laksana Guntur S.T., M. Eng.)
NIP. 197505111999031001

Surabaya, 22 Juli 2022

Mahasiswa,



(Kibar Rohmanianto)
NRP. 02111840000138

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Kibar Rohmanianto / 02111840000138
Department : Mechanical Engineering
Advisor / NIP : Prof. Dr. Harus Laksana Guntur S.T., M. Eng./
197505111999031001

hereby declare that the Final Project with the title of “**IMPLEMENTATION AND TESTING OF REGENERATIVE SWING ARM CHARACTERISTICS ON E-SCOOTER VOLTA 302**” 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.

Acknowledged
Advisor



(Prof. Dr. Harus Laksana Guntur S.T., M. Eng.)
NIP. 197505111999031001

Surabaya, 22 Juli 2022

Student



(Kibar Rohmanianto)
NRP. 02111840000138

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

IMPLEMENTASI DAN UJI KARAKTERISTIK *REGENERATIVE SWING ARM* PADA E-SCOOTER VOLTA 302

Nama Mahasiswa/NRP : Kibar Rohmanianto/0211184000138

Departemen : Teknik Mesin FTIRS-ITS

Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Harus Laksana Guntur, ST., M.Eng.

ABSTRAK

Menurut Kementerian ESDM pada tahun 2018, pangsa permintaan energi terbesar di sektor transportasi adalah sepeda motor (41%), hal ini dipengaruhi oleh jumlah sepeda motor sudah mencapai lebih dari 118 juta unit. Saat ini hampir semua kendaraan roda dua yang beredar di pasaran menggunakan bahan bakar bensin. Namun, seiring dengan berjalannya waktu ketersediaan bahan bakar fosil akan semakin menipis. Oleh sebab itu maka kemunculan kendaraan roda dua berbahan bakar listrik merupakan salah satu solusi yang paling masuk akal untuk saat ini. Akan tetapi menurut Lei Zuo hanya sekitar 10-16% saja energi dari bahan bakar yang dapat diubah menjadi energi gerak untuk mendorong maju suatu kendaraan. Oleh sebab itu, untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dilakukan penelitian tentang regenerative *shock absorber* (RSA) untuk memanfaatkan energi yang terbuang lewat redaman getaran pada suspensi kendaraan menjadi energi listrik.

Pada tugas akhir ini, dilakukan implementasi dan uji karakteristik sebuah RSA model *swing-arm* dengan *spur gear* pada skuter elektrik Volta 302 untuk memanfaatkan energi terbuang pada bagian suspensi dengan cara memanfaatkan gerak translasi naik-turun pada *swing-arm*. Selanjutnya gerakan naik turun ini akan memutar *gear A* dan akan diteruskan ke transmisi yang berfungsi sebagai penyearah arah putar dengan adanya *one way clutch* untuk menggerakkan generator RSA sehingga generator menghasilkan listrik, selanjutnya listrik yang dihasilkan akan disimpan untuk menyuplai kebutuhan energi pada skuter listrik. Dengan variasi kecepatan yaitu 5 km/jam, 15 km/jam, dan 25 km/jam pada saat melewati polisi tidur, *speedtrap*, jalan paving dan jalan aspal. Kemudian didapatkan grafik respon dinamis kendaraan dan grafik daya bangkitan RSA.

Penelitian ini telah berhasil mengimplementasikan regenerative swingarm (RSA) untuk diuji pada skuter elektrik Volta 302. Regenerative swingarm (RSA) mampu menghasilkan RMS daya terbesar senilai 6,607 μW dengan voltase sebesar 10,409 mV dan kuat arus sebesar 0,693 mA ketika melewati polisi tidur dengan kecepatan 25 km/jam. Respon percepatan vertikal terbesar terjadi saat skuter Volta 302 menggunakan sistem regenerative swingarm (RSA) saat melewati polisi tidur dengan kecepatan 25 km/jam yaitu sebesar 0,015094 m/s^2 . Sedangkan respon percepatan vertikal terkecil terjadi saat skuter Volta 302 menggunakan sistem suspensi konvensional pada jalan aspal dengan kecepatan 5 km/jam yaitu sebesar 0,000544 m/s^2 .

Kata Kunci : *Regenerative shock absorber, Regenerative swing arm, Spur Gear, Swing arm*

IMPLEMENTATION AND TESTING OF REGENERATIVE SWING ARM CHARACTERISTICS ON E-SCOOTER VOLTA 302

Name : Kibar Rohmanianto
NRP : 0211184000138
Departement : Mechanical Engineering FTI-RS ITS
Supervisor : Prof. Dr. Harus Laksana Guntur, ST., M.Eng.

ABSTRACT

According to the Ministry of Energy and Mineral Resources in 2018, the largest share of energy demand in the transportation sector is motorcycles (41%), this is influenced by the number of motorcycles that have reached more than 118 million units. Currently, almost all two-wheeled vehicles on the market use gasoline. However, over time the availability of fossil fuels will be depleted. Therefore, the emergence of electric-fueled two-wheeled vehicles is one of the most reasonable solutions for now. However, according to Lei Zuo, only about 10-16% of the energy from fuel can be converted into motion energy to propel a vehicle forward. Therefore, to improve fuel efficiency, research on a regenerative shock absorber (RSA) is carried out to utilize the energy wasted through vibration damping in the vehicle suspension into electrical energy.

In this final project, implemented and tested the characteristics of an RSA swing-arm model with spur gear on a Volta 302 electric scooter to utilize the wasted energy in the suspension by utilizing the up-and-down translational motion of the swing-arm. Furthermore, this up and down motion will rotate gear A and will be forwarded to the transmission which functions as a rotary rectifier with a one way clutch to drive the RSA generator so that the generator produces electricity, then the electricity generated will be stored to supply the energy needs of the electric scooter. With variations in speed, namely 5 km/hour, 15 km/hour, and 25 km/hour when passing speed bumps, speedtrap, paving roads and asphalt roads. Then the vehicle dynamic response graph and RSA power generation graph are obtained.

This research has successfully implemented a regenerative swingarm (RSA) to be tested on an electric scooter Volta 302. The regenerative swingarm (RSA) is capable of producing the largest RMS power of 6.607 W with a voltage of 10.409 mV and a current of 0.693 mA when passing speed bumps at 25 km /o'clock. The greatest vertical acceleration response occurs when the Volta 302 scooter uses a regenerative swingarm (RSA) system when passing speed bumps at 25 km/hour, which is 0.015094 m/s². While the smallest vertical acceleration response occurs when the Volta 302 scooter uses a conventional suspension system on asphalt roads with a speed of 5 km/hour, which is 0.000544 m/s².

Keywords: Regenerative shock absorber, Regenerative swing arm, Spur Gear, Swing arm

KATA PENGANTAR

Puji syukur dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Implementasi dan Uji Karakteristik *Regenerative swing arm* pada *E-scooter Volta 302*”**. Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah memenuhi syarat kelulusan Program Studi Sarjana pada Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses Penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak memperoleh bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak sehingga tugas akhir ini dapat terlaksana dengan baik. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih dan penghargaan yang setinggi – tingginya kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Kusman dan Ibu Sri Wahyuni, dan kakak laki – laki Jangka Rulianto yang selalu memberikan dukungan moril dan material kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Harus Laksana Guntur, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu Dr. Wiwiek Hendrowati, S.T., M.T., Ibu Aida Annisa Amin Daman, S.T., M.T., dan Bapak Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D., selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk tugas akhir ini.
4. Semua warga Laboratorium Rekayasa Vibrasi dan Sistem Otomotif : Savinto, Gracia, Alfien, Farrel, dan Probo yang telah membantu proses pengerjaan tugas akhir ini.
5. Operator workshop bubut Bapak Hari yang telah membantu dalam Fabrikasi *Redesign Swing arm* dan *frame* Skuter Volta 302.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna dan membutuhkan penyempurnaan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak agar dapat menjadi lebih baik lagi kedepannya. Penulis berharap, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menjadi inspirasi bagi para pembaca.

Surabaya, Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| ABSTRAK | ii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR GAMBAR..... | viii |
| DAFTAR TABEL | x |
| BAB I..... | 1 |
| PENDAHULIAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB II | 4 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 <i>Regenerative Shock absorber</i> | 4 |
| 2.2 Penelitian Terdahulu | 5 |
| 2.2.1 <i>Hydraulic Regenerative Shock absorber</i> | 5 |
| 2.2.2 <i>Rack pinion Regenerative Shock absorber</i> | 7 |
| 2.2.3 <i>Ball Screw Regenerative Shock absorber</i> | 97 |
| 2.2.4 <i>Regenerative swing arm</i> | 11 |
| 2.3 Komponen Utama <i>Regenerative swing arm</i> | 14 |
| 2.3.1 Sistem Suspensi <i>Shock absorber</i> | 14 |
| 2.3.2 <i>Swing arm</i> | 15 |
| 2.2.3 <i>Bearing</i> | 16 |
| 2.3.4 <i>Spur Gear</i> | 16 |
| 2.3.5 Generator Listrik..... | 17 |
| BAB III..... | 18 |
| METODOLOGI PENELITIAN | 18 |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian | 18 |
| 3.2 Penjelasan Tahap Penelitian | 19 |
| 3.2.1 Studi Literatur | 19 |
| 3.2.2 Identifikasi Masalah..... | 20 |
| 3.2.3 Penentuan Parameter..... | 20 |
| 3.2.4 <i>Redesign</i> RSA dan Pemasangan pada Kendaraan Uji | 22 |
| 3.2.5 Penurunan Model Dinamis | 27 |

| | |
|--|----|
| 3.2.6 Tahap Eksperimen dan Pengambilan data | 28 |
| 3.2.7 Instalasi Peralatan Pengambilan Data..... | 34 |
| 3.2.8 Peralatan Pengambilan Data | 34 |
| 3.2.9 Tabel Pengambilan Data Eksperimen | 38 |
| 3.3 Kesimpulan..... | 39 |
| BAB IV..... | 40 |
| PEMBAHASAN..... | 40 |
| 4.1 Perancangan dan Pengembangan <i>Redesign Regenerative swing arm</i> | 40 |
| 4.2 Pengujian <i>Regenerative swing arm</i> pada Skuter Volta 302..... | 41 |
| 4.2.1 Pemasangan Sistem <i>Regenerative swing arm</i> pada Skuter Volta 302..... | 42 |
| 4.2.2 Instalasi Peralatan Pengambilan Data..... | 43 |
| 4.2.3 Pengambilan Data | 46 |
| 4.3 Analisa Hasil Pngambilan Data | 46 |
| 4.3.1 Analisa Tegangan Bangkitan dan Daya <i>Regenerative swing arm</i> | 47 |
| 4.3.2 Analisa Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302 antara Sistem Suspensi Konvensional dan <i>Regenerative swing arm</i> | 58 |
| BAB V | 70 |
| KESIMPULAN DAN SARAN | 70 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 70 |
| 5.2 Saran | 70 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 72 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 RSA Linier | 4 |
| Gambar 2. 2 RSA Tipe <i>Rack Pinion</i> | 4 |
| Gambar 2. 3 Skema Kerja Hidrolik RSA..... | 5 |
| Gambar 2. 4 Grafik Percepatan RSA dengan 3 Variasi Frekuensi | 7 |
| Gambar 2. 5 <i>Free Body Diagram energy harvesting shock absorber</i> | 7 |
| Gambar 2. 6 Grafik (a) Daya, (b) Percepatan vertikal yang dihasilkan dengan input sinusoidal..... | 8 |
| Gambar 2. 7 RESA <i>Ball Screw</i> | 9 |
| Gambar 2. 8 Grafik (a) Tegangan dan (b) Daya Bangkitan Melalui Polisi Tidur dengan Kecepatan 10 km/jam, 15 km/jam, dan 20km/jam..... | 10 |
| Gambar 2. 9 BS-RSA <i>Bever gear</i> | 11 |
| Gambar 2. 10 Mekanisme <i>Regenerative swing arm</i> | 11 |
| Gambar 2. 11 Mekanisme Transmisi <i>Regenerative swing arm</i> | 12 |
| Gambar 2. 12 Grafik RMS (a) Tegangan, (b) Daya Bangkitan pada Hambatan 15 Ohm. | 13 |
| Gambar 2. 13 RMS Percepatan <i>Swing arm</i> dengan Massa Unbalance 1200 gr | 13 |
| Gambar 2. 14 <i>Shock absorber</i> | 14 |
| Gambar 2. 15 <i>Swing arm</i> | 15 |
| Gambar 2. 16 <i>Bearing</i> | 16 |
| Gambar 2. 17 <i>Spur Gear</i> | 16 |
| Gambar 2. 18 Generator Listrik | 17 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian | 19 |
| Gambar 3. 2 Kendaraan Uji Volta 302 | 21 |
| Gambar 3. 3 <i>Prototipe Swing arm</i> Bayu Mega Suryana..... | 22 |
| Gambar 3. 4 Dudukan <i>Swing arm</i> pada Skuter Elektrik Volta 302 | 22 |
| Gambar 3. 5 Skema Pengurangan lebar Poros <i>Swing arm</i> | 23 |
| Gambar 3. 6 <i>Fitting</i> dudukan <i>shock Absorber</i> yang terlalu kebelakang..... | 23 |
| Gambar 3. 7 Skema Perubahan Posisi Dudukan <i>Shock absorber</i> | 24 |
| Gambar 3. 8 Transmisi RSA | 24 |
| Gambar 3. 9 Skema Penempatan Dudukan Transmisi RSA..... | 25 |
| Gambar 3. 10 <i>Swing arm</i> (a), Transmisi & Generator (b), <i>Shock absorber</i> Volta 302 (c), <i>Frame</i> Volta 302 (d) Komponen <i>Regenerative swing arm</i> | 26 |
| Gambar 3. 11 Skema Pemasangan Komponen RSA pada <i>Frame</i> Volta 302 | 26 |
| Gambar 3. 12 <i>Free body diagram</i> model setengah kendaraan | 27 |
| Gambar 3. 13 <i>Free body diagram</i> massa kendaraan..... | 27 |
| Gambar 3. 14 <i>Free body diagram swing arm</i> kendaraan sepeda motor | 28 |
| Gambar 3. 15 Diagram Alir Pengambilan Data Sistem Suspensi Konvensional Skuter Elektrik Volta 302 | 30 |
| Gambar 3. 16 Diagram Alir Pengambilan Data RSA Skuter Elektrik Volta 302..... | 31 |
| Gambar 3. 17 Lokasi Pemasangan <i>Regenerative swing arm</i> pada Volta 302..... | 31 |
| Gambar 3. 18 Skema dan Gambar Polisi Tidur | 32 |
| Gambar 3. 19 Skema dan Gambar <i>Speedtrap</i> | 32 |
| Gambar 3. 20 Jalan Paving | 33 |
| Gambar 3. 21 Jalan Aspal | 33 |
| Gambar 3. 22 Skema Instalasi Peralatan Pengambilan Data | 34 |
| Gambar 3. 23 <i>Osilloscope</i> Textronik TBS1104..... | 35 |
| Gambar 3. 24 <i>Inverter</i> Tegangan DC ke AC | 35 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3. 25 <i>Power supply</i> | 36 |
| Gambar 3. 26 <i>Accelerometer</i> | 36 |
| Gambar 3. 27 <i>Probe Tegangan</i> | 37 |
| Gambar 3. 28 <i>Resistor Tipe Wirewound</i> | 37 |
| Gambar 3. 29 <i>Dioda 3 Fasa</i> | 37 |
| Gambar 4. 1 Hasil <i>Redesign</i> lebar <i>swingarm</i> | 40 |
| Gambar 4. 2 Hasil <i>Redesign</i> dudukan <i>Shock absorber</i> | 41 |
| Gambar 4. 3 Dusukan Transmisi <i>Regenerative Swingarm</i> | 41 |
| Gambar 4. 4 Pemasangan <i>Swingarm</i> dan <i>Shock absorber</i> pada <i>Frame</i> Volta 302..... | 42 |
| Gambar 4. 5 Pemasangan transmisi <i>regenerative swing arm</i> pada <i>frame</i> Volta 302 | 43 |
| Gambar 4. 6 Pemasangan <i>Regenerative swing arm</i> pada Skuter Volta 302 | 43 |
| Gambar 4. 7 Pengukuran Hambatan | 44 |
| Gambar 4. 8 Instalasi peralatan pengambilan data | 45 |
| Gambar 4. 9 Sistem Suspensi Konvensional Volta 302..... | 46 |
| Gambar 4. 10 Grafik (a) Tegangan, (b) Daya Bangkitan <i>Regenerative swing arm</i> pada Polisi Tidur | 48 |
| Gambar 4. 11 Grafik (a) Tegangan, (b) Daya Bangkitan <i>Regenerative swing arm</i> pada Polisi Tidur | 50 |
| Gambar 4. 12 Grafik (a) Tegangan, dan (b) Daya Bangkitan <i>Regenerative swing arm</i> pada Jalan Aspal..... | 52 |
| Gambar 4. 13 Grafik (a) Tegangan, dan (b) Daya Bangkitan <i>Regenerative swing arm</i> pada Jalan Paving..... | 54 |
| Gambar 4. 14 Grafik RMS Tegangan (a) Polisi Tidur dan Speedtrap, (b) Jalan Paving dan Jalan Aspal. Daya Bangkitan (c) Polisi Tidur dan Speedtrap, (d) Jalan Paving dan Jalan Aspal | 57 |
| Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302 antara Sistem Suspensi Konvensional dan <i>Regenerative swing arm</i> Saat Melalui Polisi Tidur dengan Kecepatan (a) 5 km/jam, (b) 15 km/jam, (c) 25 km/jam..... | 60 |
| Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302 antara Sistem Suspensi Konvensional dan <i>Regenerative swing arm</i> Saat Melalui Speedtrap dengan Kecepatan (a) 5 km/jam, (b) 15 km/jam, (c) 25 km/jam..... | 62 |
| Gambar 4. 17 Grafik Perbandingan Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302 antara Sistem Suspensi Konvensional dan <i>Regenerative swing arm</i> Saat Melalui Jalan Aspal dengan Kecepatan (a) 5 km/jam, (b) 15 km/jam, (c) 25 km/jam..... | 64 |
| Gambar 4. 18 Grafik Perbandingan Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302 antara Sistem Suspensi Konvensional dan <i>Regenerative swing arm</i> Saat Melalui Jalan Paving dengan Kecepatan (a) 5 km/jam, (b) 15 km/jam, (c) 25 km/jam..... | 66 |
| Gambar 4. 19 Grafik Perbandingan RMS Percepatan Vertikal antara <i>Regenerative swing arm</i> dan sistem suspensi Konvensional (a) Pada Polisi Tidur, (b) Pada <i>Speedtrap</i> , (c) Pada Jalan Aspal, (d) pada jalan paving..... | 69 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Tabel Perhitungan Tegangan RMS dari Kadaryono..... | 7 |
| Tabel 3. 1 Tabel Parameter <i>Swing arm</i> dan Diameter <i>Gear</i> | 20 |
| Tabel 3. 2 Tabel Parameter <i>Redesign Swing arm</i> | 20 |
| Tabel 3. 3 Tabel Parameter Kendaraan Uji Skuter Elektrik Volta 302 | 21 |
| Tabel 3. 4 Tabel Parameter Generator | 21 |
| Tabel 3. 5 Keterangan Simbol pada Persamaan | 28 |
| Tabel 3. 6 Tabel RMS Pengambilan Data Tegangan, Kuat Arus dan Daya Bangkitan | 38 |
| Tabel 3. 7 Tabel RMS Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302 Saat melalui <i>Speedtrap</i> | 38 |
| Tabel 3. 8 RMS Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302 | 37 |
| Tabel 4. 1 Tabel RMS Tegangan, Kuat Arus dan Daya Bangkitan <i>Regenerative Swing Arm</i> | 55 |
| Tabel 4. 2 Tabel RMS Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302..... | 67 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sepeda motor merupakan jenis kendaraan yang sangat diminati oleh sebagian besar masyarakat Indonesia. Selain harganya yang murah, kendaraan roda dua juga efektif digunakan pada kemacetan di kota – kota besar. Menurut Kementerian ESDM pada tahun 2018, pangsa permintaan energi terbesar di sektor transportasi adalah sepeda motor (41%), hal ini dipengaruhi oleh jumlah sepeda motor sudah mencapai lebih dari 118 juta unit. Saat ini hampir semua kendaraan roda dua yang beredar di pasaran menggunakan bahan bakar bensin. Namun, seiring dengan berjalannya waktu ketersediaan bahan bakar fosil akan semakin menipis. Oleh sebab itu maka kemunculan kendaraan roda dua berbahan bakar listrik merupakan salah satu solusi yang paling masuk akal untuk saat ini. Sebuah laporan yang dikeluarkan oleh *US Environmental Protection Association in Conjunction* bersama dengan universitas dan perusahaan seperti MIT dan Ford pada tahun 2008 menunjukkan bahwa hanya sekitar seperlima dari energi bahan bakar mobil penumpang konvensional diubah menjadi energi mekanik dan kurang dari setengah dari energi mekanik tersebut yang ditransfer ke roda penggerak untuk digunakan dalam kendaraan. Dalam laporan tahun 2011 yang dikeluarkan oleh *US Energy Administration*, analisa aliran energi dari kendaraan Camry 2,5 L 2005, di mana hanya 16% bahan bakar yang digunakan untuk menggerakkan kendaraan, yang lainnya hilang pada gesekan dengan permukaan jalan aspal dan hambatan udara. Sebagian besar kehilangan energi terkonsentrasi pada mesin, sekitar 75% (seperti kehilangan panas, pompa, dan gesekan), selain itu energi yang hilang pada ban sekitar 23%. Oleh sebab itu, untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dilakukan penelitian tentang regenerative *shock absorber* (RSA) untuk memanfaatkan energi yang terbuang lewat redaman getaran pada suspensi kendaraan menjadi energi listrik.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian tentang potensi energi listrik yang dapat diperoleh dari sistem suspensi. Namun, banyak hasil dari penelitian yang telah dilakukan yang belum memenuhi target yang diinginkan sehingga dirasa masih perlu dilakukan pengembangan RSA untuk mencapai target yang diinginkan. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Marga Firnanda Sriminangga (2020) dari Departemen Teknik Mesin ITS, dengan mengembangkan Regenerative *Shock absorber* dengan mekanisme ball screw yang diimplementasikan pada suspensi mobil Toyota Calya. Pada penelitian ini didapat energi bangkitan berupa tegangan maksimum sebesar 18.06 V dan daya maksimum sebesar 21.744 W pada saat melewati polisi tidur dengan kecepatan 15 km/jam.

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Anderson dkk (2010) berhasil mengembangkan regenerative *shock absorber* dengan memanfaatkan energi getaran yang terbuang pada *shock absorber* konvensional menjadi energi listrik. Pada penelitian ini regenerative *shock absorber* dipasangkan pada truk dan dapat menghasilkan energi listrik sebesar 1kW pada pengujian di jalan biasa. Pada penelitian yang lainnya, Liu dkk mengembangkan *Energyharvesting Shock absorber* dengan menggunakan mekanisme *BallScrew* dan *one-way clutch* yang dapat bekerja sebagai peredam guncangan pada kendaraan sekaligus dapat memanen energi yang terbuang. Dalam penelitiannya Liu dkk menyatakan bahwa pada saat bersamaan *energyharvesting shock absorber* yang ia kembangkan dapat mengurangi nilai rata – rata percepatan sasis kendaraan sebesar 11.12% jika dibandingkan

dengan *oil shock absorber* dan dapat memanen energi listrik sebesar 13.3 W dalam waktu 8 detik dengan kecepatan kendaraan sebesar 40 mph pada jalanan beraspal.

Secara umum desain RSA dibedakan menjadi dua yakni RSA tipe rotari dan RSA tipe linear. Prinsip kerja RSA tipe rotari yaitu dengan mengubah energi gerak naik turun pada suspensi menjadi energi rotasional yang selanjutnya dihubungkan pada generator sehingga menghasilkan energi listrik. Sedangkan RSA tipe linear memanfaatkan gerakan naik turun dari suspensi secara langsung dengan memanfaatkan prinsip linier magnet untuk menghasilkan energi listrik.

Pada tugas akhir ini, dilakukan eksperimen pada sebuah RSA model *swing-arm* dengan *spur gear* dan diuji pada beberapa jenis jalan yaitu polisi tidur, *speedtrap*, Jalan Aspal, dan Jalan Paving untuk memanfaatkan energi terbuang pada bagian suspensi dengan cara memanfaatkan gerak translasi naik-turun pada *swing-arm*. Selanjutnya gerakan naik turun ini akan memutar *gear A* dan akan diteruskan ke transmisi yang berfungsi sebagai penyearah arah putar dengan adanya *one way clutch* untuk menggerakkan generator RSA sehingga generator menghasilkan listrik, selanjutnya listrik yang dihasilkan akan disimpan untuk menyuplai kebutuhan energi pada skuter listrik. Sistem ini nantinya dilakukan pengujian pada kendaraan Scooter Electric untuk mengetahui lebih jauh bagaimana pengaruh penggunaan RSA terhadap respon badan kendaraan Scooter Electric. Dengan variasi kecepatan yaitu 5 km/jam, 15 km/jam, dan 25 km/jam pada saat melewati polisi tidur dan *speedtrap*. Kemudian dengan variasi kecepatan 5 km/jam, 15 km/jam, dan 25 km/jam pada saat melewati jalan paving dan jalan aspal. Kemudian didapatkan grafik respon dinamis kendaraan dan grafik daya bangkitan RSA.

1.2 Rumusan Masalah

Beberapa Permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana *redesign* dan merealisasikan *Swing-arm Regenerative Shock absorber* (RSA) yang diaplikasikan pada skuter elektrik Volta 302?
2. Bagaimana respon dinamis dari skuter elektrik Volta 302 yang telah dipasang *Swing-arm Regenerative Shock absorber* (RSA), dibandingkan dengan respon dinamis pada saat menggunakan *Shock absorber* konvensional?
3. Bagaimana karakteristik energi bangkitan yang dihasilkan *Swing-arm Regenerative Shock absorber* (RSA) pada skuter elektrik Volta 302 dengan variasi kecepatan?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian tidak meluas ke bagian lain, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada eksperimen prototip *Swing-arm Regenerative Shock absorber* (RSA).
2. Material prototip *Swing-arm Regenerative Shock absorber* (RSA) dianggap kuat.
3. Parameter prototip *Swing-arm Regenerative Shock absorber* (RSA) standar pabrikan sesuai dengan yang tertulis pada spesifikasi jurnal.
4. *Shock Absorber* konvensional pada skuter elektrik berfungsi dengan baik.
5. Sistem suspensi skuter elektrik dalam keadaan standar pabrik.
6. Respon dinamis yang dianalisa pada skuter elektrik adalah percepatan vertikal kendaraan.
7. Tidak membahas mengenai RL *circuit* generator 3 fasa.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Meredesign* dan Merealisasikan prototip *Swing-arm Regenerative Shock absorber* (SA-RESA) yang diaplikasikan pada skuter elektrik Volta 302.
2. Menganalisa respon dinamis dari kendaraan skuter elektrik yang telah dipasang *Swing-arm Regenerative Shock absorber* (SA-RESA), lalu dibandingkan dengan respon dinamis pada saat menggunakan *Shock absorber* konvensional.
3. Mendapatkan karakteristik energi bangkitan yang dihasilkan *Swing-arm Regenerative Shock absorber* (SA-RESA) pada skuter elektrik Volta 302 dengan variasi kecepatan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

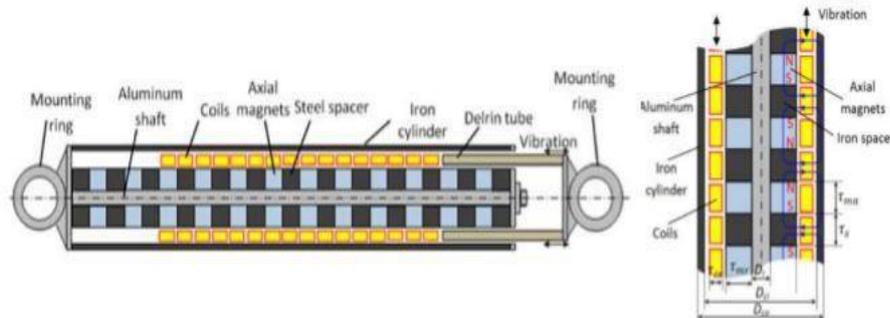
1. Mengetahui energi listrik pada *Swing-arm Regenerative Shock absorber* (SA-RESA).
2. Mengetahui performa kendaraan setelah menggunakan *Swing-arm Regenerative Shock absorber* (SA-RESA).
3. Sebagai dasar untuk pembuatan pengembangan *Swing-arm Regenerative Shock absorber* (SA-RESA) jenis yang sama.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

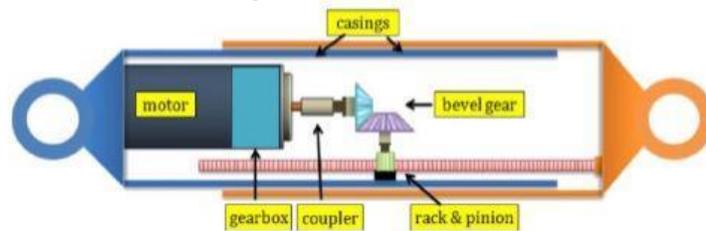
2.1 Regenerative Shock absorber

Hampir semua kendaraan dilengkapi dengan sistem suspensi berupa *shock absorber*. Penggunaan *Shock absorber* pada kendaraan bertujuan untuk mengurangi getaran yang ditimbulkan oleh permukaan jalan yang tidak rata. Getaran yang diredam oleh *shock absorber* hanya terbuang sia – sia menjadi panas. Untuk itu banyak dilakukan penelitian tentang *shock absorber* yang dapat merubah energi panas yang terbuang menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan oleh kendaraan. *Regenerative Shock absorber* (RESA) adalah jenis *shock absorber* yang bekerja untuk meredam getaran yang ditimbulkan oleh permukaan jalan yang tidak rata sekaligus juga memanfaatkan energi getaran yang terbuang menjadi energy listrik.



Gambar 2.1 RSA Linier (Tang dkk, 2014)

Regenerative *Shock absorber* (RESA) dapat dikelompokkan menjadi dua. Penegelompokan ini berdasarkan cara menghasilkan listriknya. Yang pertama yaitu linear RESA yang menghasilkan listrik dengan memanfaatkan gerakan naik turun suspensi secara langsung melalui mekanisme linier magnet untuk menghasilkan energi listrik. Bagian utama dari linier magnetik terdiri dari lilitan koil dan bagian sekunder berupa cincin magnet yang disusun. Pada saat kendaraan bergerak dan melalui permukaan jalan yang tidak rata, susunan cincin magnet bergerak secara linier di dalam kumparan koil. Gerakan linier dari susunan cincin magnet di dalam kumparan koil ini yang akan mengakibatkan tegangan AC akan terinduksi dalam koil. Tegangan listrik yang dihasilkan kemudian disimpan dalam baterai untuk memenuhi kebutuhan listrik pada kendaraan. (R.A. Oprea,2012)



Gambar 2.2 RSA Tipe Rack Pinion (Zhongjie Lie, 2017)

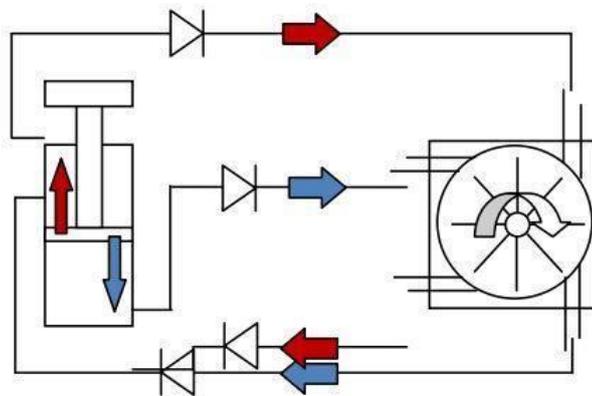
Rotasional RESA memanfaatkan gerakan naik turun suspensi yang dirubah menjadi gerakan rotasional yang kemudian dihubungkan dengan generator untuk menghasilkan listrik. Gerakan rotasional yang dihasilkan ditransmisikan menuju generator dengan mekanisme roda gigi. Kemudian energi listrik yang dihasilkan disimpan dalam baterai untuk memenuhi kebutuhan listrik pada kendaraan. Rotasional RESA dapat dikelompokkan menjadi empat jenis yaitu, Rack pinion, hydraulic, leg-mechanism, dan ball screw. Pada gambar 2.2 diatas merupakan contoh rotasional RESA yang dianalisa oleh Zhongjie li (2017). Jenis *rotary* RESA yang digunakan pada sistem ini adalah *rack pinion*, dimana *rack pinion* akan bergerak sejalan

dengan naik turunnya suspensi pada kendaraan. Gerakan *rack pinion* akan diubah 90 derajat dengan sepasang roda gigi yang terhubung. Roda gigi yang dipakai yakni *bevel gear* dan dihubungkan ke *coupling*, rotasi dapat ditransfer ke generator melalui *gearbox*.

2.2 Penelitian Terdahulu

2.2.1 Hydraulic Regenerative Shock absorber

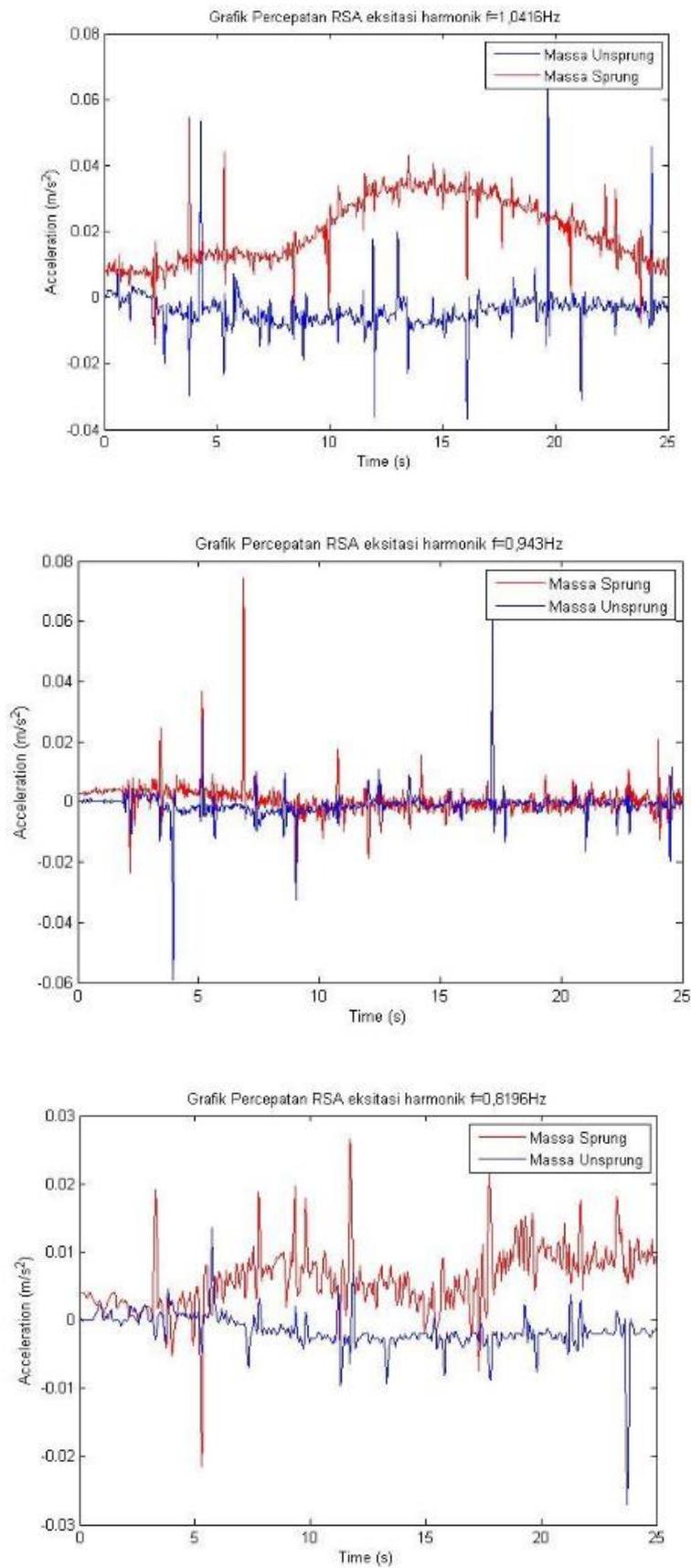
Pada tahun 2016 Kadaryono melakukan penelitian tentang *Hydraulic Regenerative Shock absorber*. Prinsip kerja dari *Hydraulic Regenerative Shock absorber* yaitu dengan memanfaatkan fluida hidrolis untuk megubah gerakan linier dari *shock absorber* menjadi gerakan rotasional yang selanjutnya dapat menggerakkan generator untuk menghasilkan energi listrik. Sistem *Hydraulic Regenerative Shock absorber* yang dirancang oleh Kadaryono memanfaatkan gerakan bolak – balik silinder dengan sirkuit hidrolis untuk mendapatkan aliran fluida yang searah untuk menggerakkan generator sehingga dapat menghasilkan daya yang lebih maksimal.



- Keterangan:
-  = Gerakan fluida saat piston naik
 -  = Gerakan fluida saat piston turun
 -  = Katup satu arah (*check valve*)

Gambar 2.3 Skema Kerja Hidrolik RSA (Kadaryono, 2018)

Dari gambar 2.2 diatas dapat dilihat bahwa sistem kerja dari *Hydraulic Regenerative Shock absorber* yaitu dengan menggerakkan turbin searah jarum jam. Putaran turbin diakibatkan oleh tekanan dari fluida hidrolis yang terkompresi karena gerakan linier naik turun dari piston yang ada pada sistem suspensi.



Gambar 2.4 Grafik Percepatan RSA dengan 3 Variasi Frekuensi (Kadaryono,2018)

Dari gambar 2.3 diatas dapat dianalisa bahwa semakin kecil nilai frekuensi yang diberikan pada sistem RSA, maka percepatan yang dihasilkan akan semakin kecil. Pada kendaraan yang bergerak besarnya frekuensi yang diberikan dipengaruhi oleh laju kecepatan kendaraan, semakin besar kecepatan kendaraan maka percepatan yang dihasilkan juga semakin tinggi.

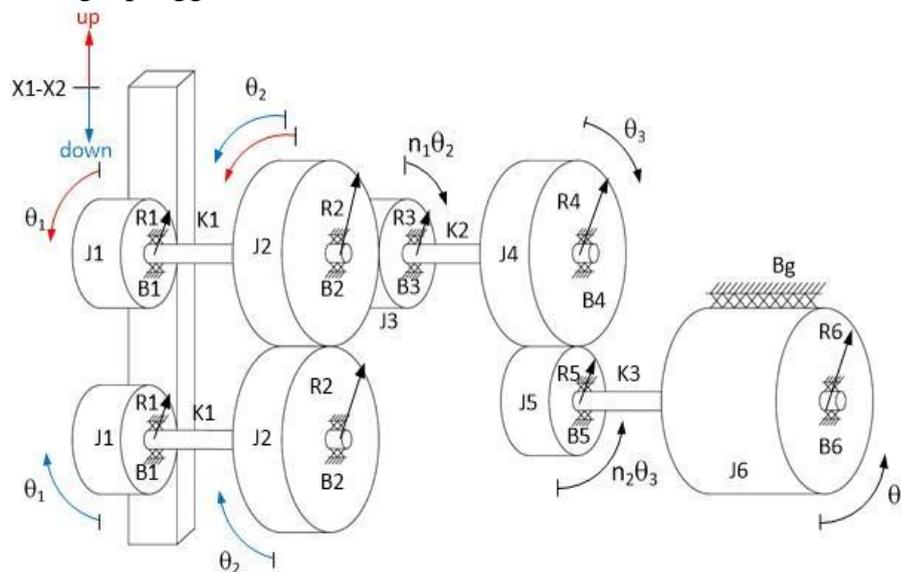
Tabel 2.1 Perhitungan Tegangan RMS (Kadaryono, 2018)

| Eksitasi | Frekuensi | Tegangan RMS (Volt) |
|----------|-----------|---------------------|
| Harmonik | 1,0416 Hz | 0,1064 |
| | 0,934 Hz | 0,0258 |
| | 0,8196 Hz | 0.0323 |

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan *root mean square* (RMS) yang dimulai dari detik nol sampai detik ke-25. Nilai tegangan yang dihasilkan sangat kecil sehingga perlu optimasi pada desain, manufaktur dan dimensi.

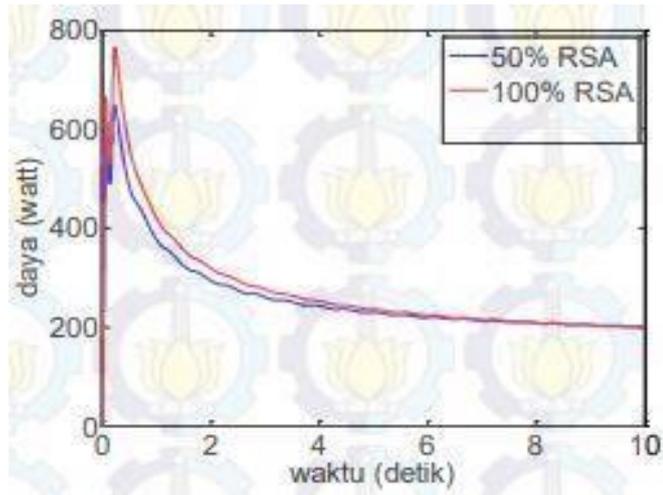
2.2.2 Rack Pinion Regenerative Shock Absorber

Pada tahun 2012 mahasiswa Teknik Mesin ITS Budiarto melakukan penelitian tentang energy harvesting shock absorber dengan menggunakan mekanisme *rack pinion* dan roda gigi untuk meningkatkan efisiensi pada kendaraan pengangkut personel lapis baja (*Armoured personnel carrier* atau APC). *Rack pinion regenerative shock absorber* memanfaatkan gerakan relative naik-turun suspensi yang ditangkap oleh sebuah alat terpisah dan dikonversi menjadi energi listrik sebagai pengganti alternator.

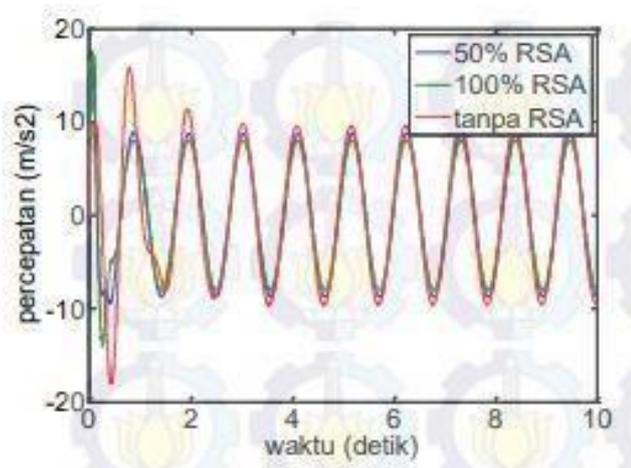


Gambar 2.5 free body diagram energy-harvesting shock absorber (Budiarto,2012)

Rack pinion regenerative shock absorber memanfaatkan gerakan naik turun suspensi yang kemudian diubah menjadi gerakan rotasi melalui sistem roda gigi yang kemudian akan digunakan untuk memutar generator. Generator akan menghasilkan listrik yang dapat disimpan untuk keperluan kendaraan.



(a)

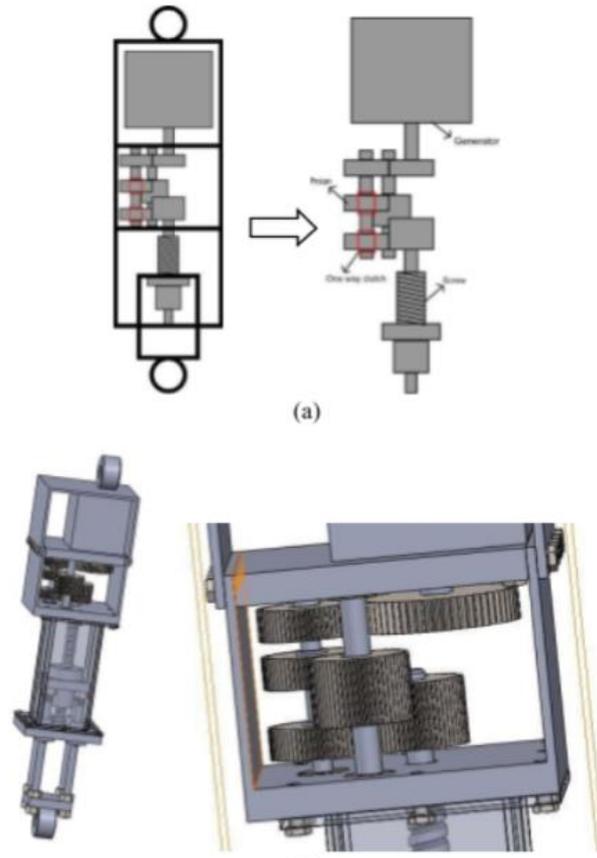


(b)

Gambar 2.6 Grafik (a) Daya, (b) Percepatan Vertikal yang dihasilkan dengan input sinusoidal (Budiarto,2012)

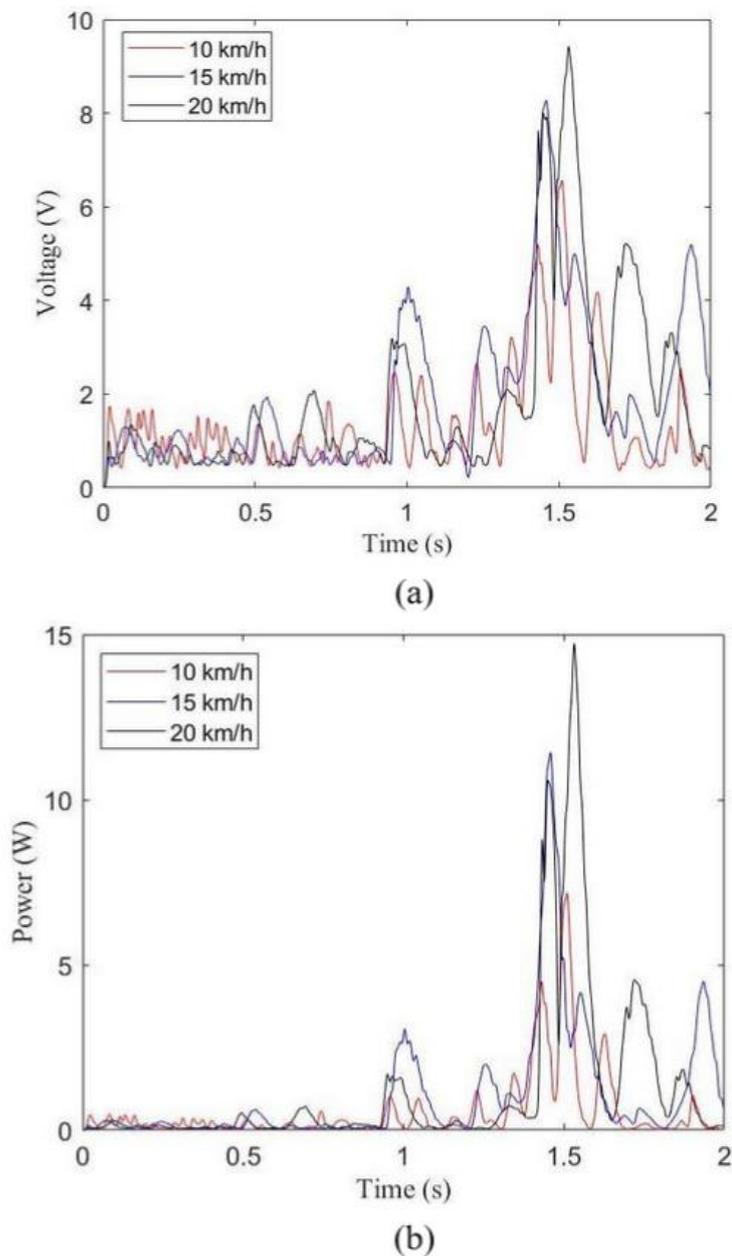
Dari penelitian yang telah dilakukan, budiarto menyimpulkan bahwa dengan menggunakan 50% RSA, potensi daya yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan 100% RSA. Namun, hal ini hanya berdasarkan pada nilai kecepatan putaran generator saja tanpa meninjau besar redaman generator. Jika redaman generator turut ditinjau, maka potensi daya yang dihasilkan 100% RSA lebih baik jika dibandingkan dengan 50% RSA. Hal ini dikarenakan redaman generator oleh 100% RSA besarnya dua kali dari 50% RSA. Budiarto menyimpulkan bahwa RSA dapat membangkitkan daya sebesar 200 Watt pada kecepatan kendaraan 20 km/jam dengan panjang gelombang 6 meter dan amplitudo 0,2 meter.

2.2.3 Ball Screw Regenerative Shock absorber



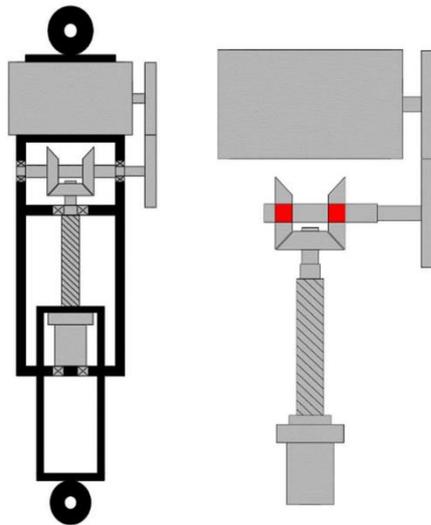
Gambar 2.7 RESA *Ball Screw* (Sakti,2019)

Pada tahun 2019 Sakti melakukan perancangan, pembuatan dan eksperimen sebuah RSA model *ball-screw* dengan *spur gear* pada suspensi kendaraan *pick-up* untuk memanfaatkan energi terbuang pada bagian suspensi dengan cara memanfaatkan gerak translasi naik-turun pada suspensi. Selanjutnya gerakan ini dikonversi menjadi gerak rotasi satu arah melalui roda gigi *spur gear* yang dilengkapi dengan *one-way clutch* untuk menggerakkan generator sehingga generator menghasilkan listrik yang kemudian dapat disimpan untuk keperluan kendaraan. Sistem ini nantinya dilakukan pengujian pada kendaraan *pick-up* untuk mengetahui lebih jauh bagaimana pengaruh penggunaan RSA terhadap respon badan kendaraan *pick-up*. Dengan variasi kecepatan yaitu 10 km/jam, 15 km/jam, dan 20 km/jam pada saat melewati polisi tidur dan *speedtrap*. Kemudian dengan variasi kecepatan 10 km/jam, 20 km/jam, dan 30 km/jam pada saat melewati jalan paving dan jalan aspal. Kemudian didapatkan grafik respon dinamis kendaraan dan grafik daya bangkitan RSA.



Gambar 2.8 Grafik (a) Tegangan dan (b) Daya Bangkitan Melalui Polisi Tidur dengan Kecepatan 10 km/jam, 15 km/jam, dan 20km/jam. (Sakti, 2019)

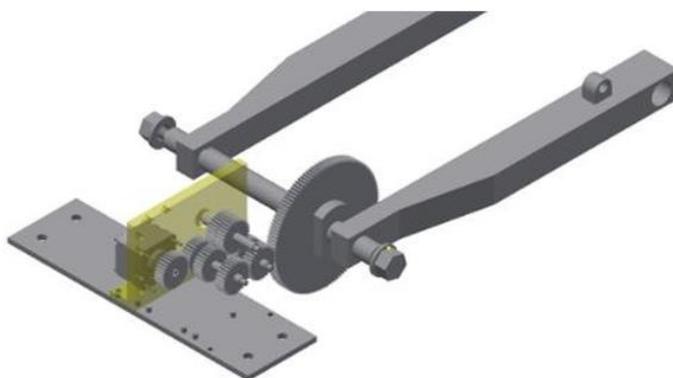
Dari pengujian yang telah dilakukan menggunakan *pick-up*. BSRSA *spur gear* mampu menghasilkan RMS daya maksimum sebesar 2.87 W pada saat melewati *speedtrap* dengan kecepatan 30 km/jam. Respon percepatan terbesar BSRSA *spur gear* yaitu 2.432 m/s^2 terjadi pada saat melewati polisi tidur dengan kecepatan 30 km/jam dan terkecil yaitu 0.053 m/s^2 saat melewati jalan aspal dengan kecepatan 10 km/jam.



Gambar 2.9 BS-RSA *bevel gear* (Nugraha, 2002)

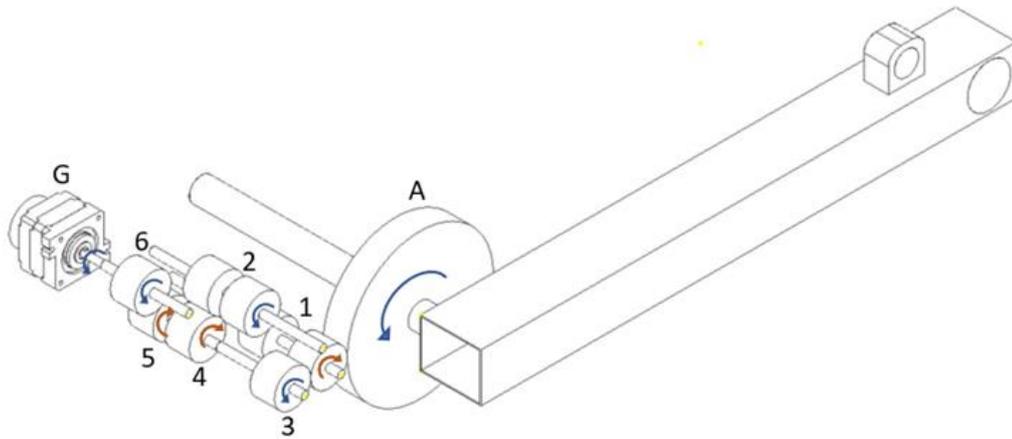
Pada tahun 2020 Dion Khairul Nugraha melakukan penelitian dengan merancang dan menganalisa Ball screw Regenerative *Shock absorber* (BS-RSA) dengan mekanisme *bevel gear*. *Bavel gear* digunakan untuk mengubah gerakan putaran dua arah akibat gerakan naik turunnya suspensi menjadi gerakan satu arah untuk memutar generator. Pengujian dilakukan pada kendaraan pick up dengan rasio *spur gear* 0.6 dengan melalui 4 tipe jalan yang berbeda yaitu jalan beraspal, jalan paving, speed trap, dan polisi tidur. Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan data RMS daya bangkitan terbesar dihasilkan pada saat kendaraan pick up melewati speed trap sebesar 3,82 Watt.

2.2.4 Regenerative swing arm



Gambar 2.10 Mekanisme *Regenerative swing arm* (Suryana,2022)

Pada tahun 2022 Bayu Mega Suryana dari Departemen Teknik Mesin ITS melakukan perancangan, pembuatan dan eksperimen sebuah RSA model swing-arm dengan *spur gear* pada test bench untuk memanfaatkan energi terbuang pada bagian suspensi dengan cara memanfaatkan gerak translasi naik-turun pada swing-arm. Selanjutnya gerakan naik turun ini akan memutar *gear A* dan akan diteruskan ke transmisi yang berfungsi sebagai penyearah arah putar dengan adanya one way clutch untuk menggerakkan generator RSA sehingga generator menghasilkan listrik.



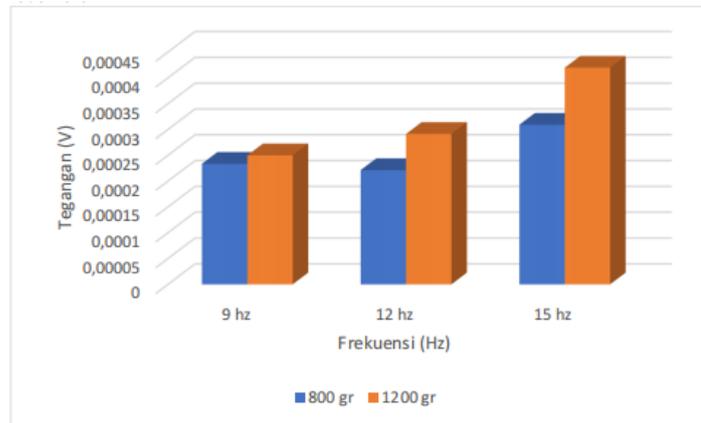
Gambar 2.11 Mekanisme Transmisi *Swing-arm* RSA (Suryana,2022)

Keterangan :

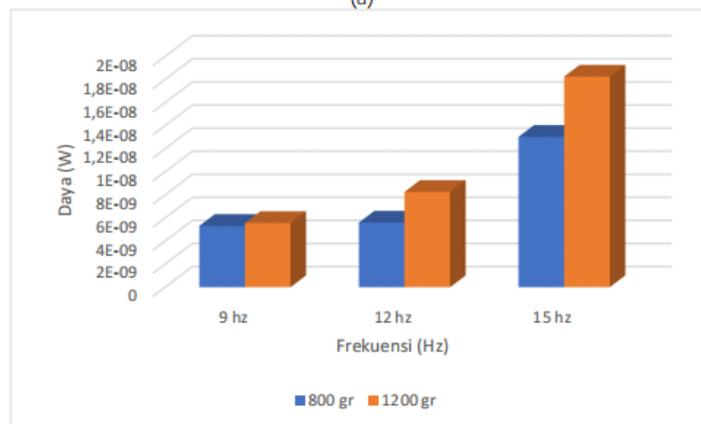
1. Gear 1 (1)
2. Gear 2 (2)
3. Gear 3 (3)
4. Gear 4 (4)
5. Gear 5 (5)
6. Gear 6 (6)
7. Gear A (A)
8. Generator (G)

Dari gambar 2.10 diatas dapat dijelaskan mekanisme transmisi pada *swing arm* RSA. Pertama, apabila *swing arm* bergerak keatas maka gear A akan bergerak CCW. Gear 1 yang bersinggungan dengan Gear A akan bergerak berlawanan yaitu CW. Gear 1 akan bersinggungan dengan Gear 2 dan 3 yang menyebabkan Gear 2 dan 3 bergerak CCW. Gear 3 tidak akan menggerakkan poros karena adanya one way clutch yang dipasang pada gear 3 sehingga pada saat gear 3 bergerak CCW akan loss. Selanjutnya, Gear 2 akan bersinggungan dengan gear 4 sehingga gear 4 akan berputar berlawanan yaitu CW. Gear 4 akan menggerakkan Gear 5 searah yaitu CW. Selanjutnya Gear 5 yang bersinggungan dengan Gear 6 menyebabkan Gear 6 berputar dengan arah yang berlawanan yaitu CCW. Sehingga generator mendapatkan gerakan CCW dari Gear 6.

Pada saat *swing arm* bergerak kebawah maka gear A pada poros akan bergerak CW. Gear 1 yang bersinggungan langsung dengan gear A akan bergerak dengan arah yang berlawanan yaitu CCW. Gerakan gear 1 ini akan menggerakkan gear 2 dan 3 kearah CW. One way clutch yang terpasang pada gear 4 membuat gear menjadi loss apa bila dikenai gerakan dengan arah CW dari gear 2. Sehingga gerakan CW dari gear 3 lah yang kan memutar poros dan juga gear 5 kearah CW. Kemudian gear 6 yang bersinggungan dengan gear 5 akan mendapat arah putaran yang berlawanan yaitu CCW. Putaran CCW itu lah yang kemudian menggerakkan generator.



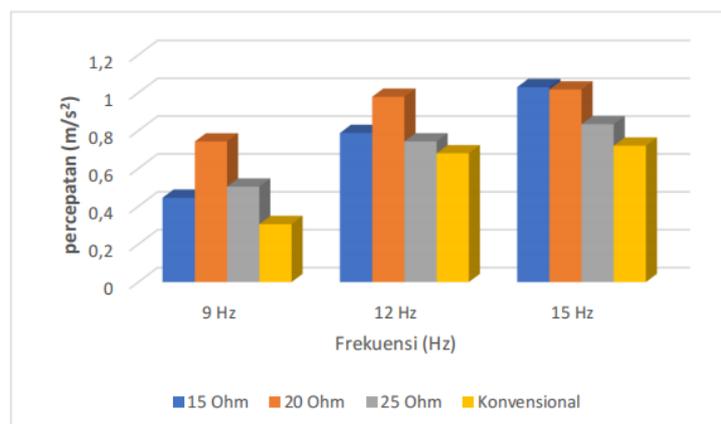
(a)



(b)

Gambar 2.12 Grafik RMS (a) Tegangan, (b) Daya Bangkitan pada Hambatan 15 Ohm. (Suryana,2022)

Pada grafik diatas dapat dilihat pada pengujian dengan hambatan sebesar 15 ohm nilai dari tegangan dan daya bangkitan yang dihasilkan berbanding lurus dengan peningkatan besar frekuensi getaran.



Gambar 2.13 RMS Percepatan *Swing arm* dengan Massa Unbalance 1200 gr (Suryana,2022)

Pada penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil RMS tegangan dan daya paling besar dengan nilai 0,00042V dan 1,82E-08 W pada frekuensi 15 hrtz 15 ohm dengan massa

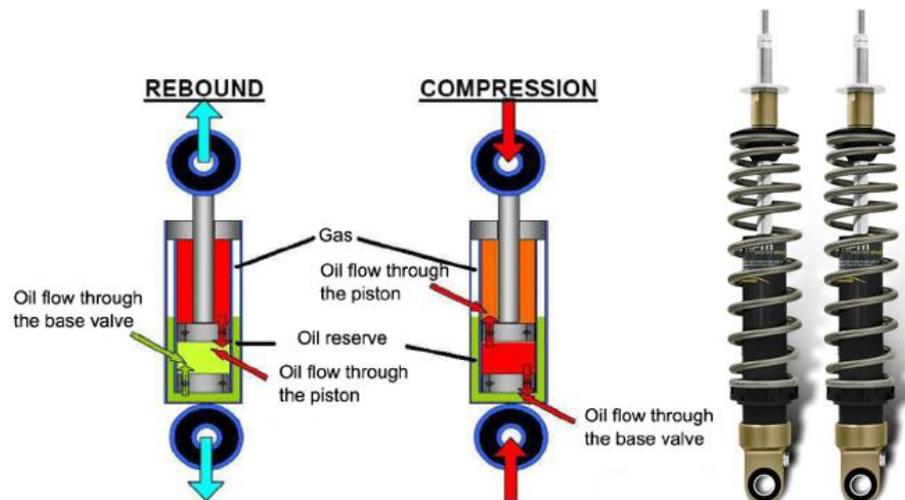
unbalance 1200 gr, dan yang paling kecil 0,000165 Volt dan 2,66E-09 Watt pada 9 hrtz 20 ohm dengan massa unbalance 800 gr. Sedangkan percepatan paling besar pada RSA sebesar 1,029718 m/s² pada variasi masa unbalans 1200 gr dengan frekuensi 15 hz dengan hambatan 15 ohm, dan yang paling kecil sebesar 0,445265 m/s² pada RSA terjadi saat menggunakan massa unbalans 1200 gr dengan frekuensi 9 hz dengan hambatan 15 ohm.

2.3 Komponen Utama *Regenerative swing arm*

Pada penelitian ini akan dilakukan *redesigne* pada *Regenerative swing arm* untuk scooter elektrik Volta 302 yang akan diuji pada beberapa jenis kontur permukaan jalan. *Regenerative swing arm* ini memiliki perbedaan dengan yang telah dibuat oleh bayu mega yang telah di uji pada media Dual translational Shaking Table dengan memasang *regenerative swing arm* pada *frame*. Pengujian langsung pada skuter elektrik volta 302 bertujuan untuk memperoleh data yang lebih akurat dengan pengujian pada permukaan jalan.

2.3.1 Sistem Suspensi *Shock absorber*

Shock absorber merupakan salah satu komponen dari sistem suspensi kendaraan yang berfungsi mencegah getaran yang berlebihan ketika suspensi bekerja. Pada saat suspensi bekerja maka sebuah sistem suspensi membutuhkan komponen berupa *shock absorber* untuk mendesipasi energi yang tersimpan pada pegas.

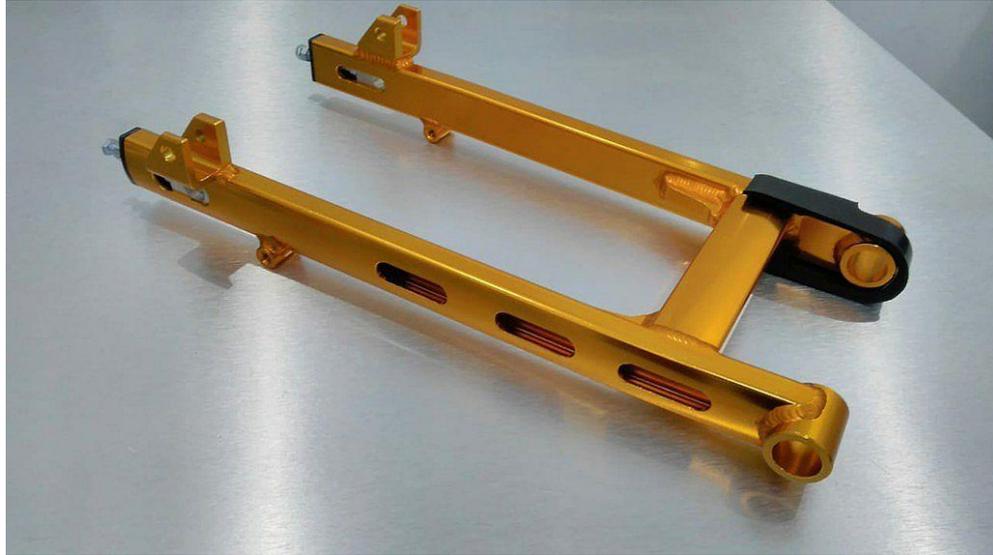


Gambar 2.14 *Shock absorber* (Nacivet, 2013)

Pada umumnya, kontruksi dari *shock absorber* terdiri dari beberapa komponen utama. Yang pertama yaitu tabung shock yang berupa silinder yang berupa penutup dimana merupakan tempat berinteraksinya fluida dengan piston. Pada bagian dalam tabung shock terdapat piston valve yang berfungsi sebagai katup untuk mengalirkan fluida dari tabung atas ke tabung bawah. Komponen piston pada bagian dalam tabung shock berfungsi untuk memanipulasi volume ruang didalam shock untuk menciptakan fluida yang terkompresi. Fluida yang digunakan merupakan cairan hidrolik khusus yang berfungsi untuk meredam guncaangan. Untuk kendaraan, kontruksi peredam dibuat sedemikian sehingga saat langkah tekan, gaya peredaman dibuat minimal sedangkan saat langkah tarik, gaya peredaman dibuat maksimal. Alasannya, pada langkah tekan,

massa spring menghantam bumi, sesuai hukum Newton, maka gaya reaksi yang diterima badan kendaraan akan sepadan dengan aksi. Oleh sebab itu, diupayakan gaya peredaman minimal saat kendaraan bergerak ke bawah supaya gaya yang diterima penumpang juga minimal. Sebaliknya, saat langkah tarik, kendaraan hanya menghantam udara. Oleh karena itu, tak akan ada reaksi berlebihan yang diterima penumpang.

2.3.2 *Swing arm*



Gambar 2.15 *Swing arm* (hnsmotorparts.com)

Swing arm merupakan komponen penyusun sistem suspensi belakang pada hampir semua jenis sepeda motor. *Swing arm* merupakan bagian dari *frame* sepeda motor yang melekat pada roda belakang dan rangka utama sepeda motor dimana roda belakang akan bergerak naik turun ketika menerima getaran dari jalan. *Swing arm* dihubungkan pada *frame* sepeda motor dengan menggunakan poros sebagai penghubung. *Swing arm* akan bergerak naik turun seiring dengan gerakan suspensi. Pada skuter listrik Volta 302 menggunakan *swing arm* dengan dua *shock absorber*.

2.3.3 Bearing



Gambar 2.16 *Bearing* (anugerahjayabearing.com)

Bearing adalah komponen yang berfungsi untuk menahan beban aksial dan radial pada poros agar dapat berputar pada pusat putarnya. Selain itu, bearing juga berfungsi sebagai *linear guiding* pada poros yang bergerak linier. Dalam rancang bangun *Regenerative swing arm* ini ada dua jenis bearing yang digunakan yaitu ball bearing dan one way bearing.

Ball bearing banyak digunakan pada otomotif. Ball bearing mampu menahan radial load atau beban putaran dari poros serta thrust load atau beban tekan dari arah samping dengan cukup baik. One way bearing berfungsi untuk merubah gerakan rotasi dua arah yang diterima oleh transmisi menjadi gerakan satu arah untuk memutar generator. Kontruksi utama dari one way bearing terdiri dari pin silinder dan mekanisme sprag clutch agar bearing dapat mengunci putaran ke arah yang berlawanan.

2.3.4 Spur Gear



Gambar 2.17 *Spur Gear* (id.misumi-ec.com)

Spur Gear merupakan roda gigi yang paling sederhana. *Spur Gear* terdiri dari silinder dengan gigi – gigi yang tersusun secara radial. ujung gigi – gigi pada *spur gear* berbentuk lurus dan tersusun paralel terhadap aksis rotasi. Roda gigi ini hanya dapat dihubungkan secara paralel. Pada penelitian *Regenerative Shock absorber (RSA)* ini *Spur Gear* dipilih untuk mentransmisikan daya dan gerak para poros yang sejajar.

2.3.5 Generator Listrik



Gambar 2.18 Generator (Newomi.com)

Generator merupakan alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui proses induksi elektromagnetik. Generator bekerja berdasarkan prinsip Faraday yaitu dengan memutar magnet dalam kumparan atau sebaliknya. Ketika magnet digerakkan dalam kumparan, maka akan terjadi perubahan fluks gaya magnet atau perubahan arah penyebaran medan magnet di dalam kumparan yang akan menembus tegak lurus terhadap kumparan sehingga menyebabkan perbedaan beda potensial antara ujung – ujung kumparan yang dapat menghasilkan energi listrik. Berdasarkan arah arus yang dihasilkan, generator dapat dibedakan menjadi dua yaitu generator AC dan generator DC. Generator AC memiliki arah arus bolak balik dan generator DC menghasilkan arah arus yang searah.

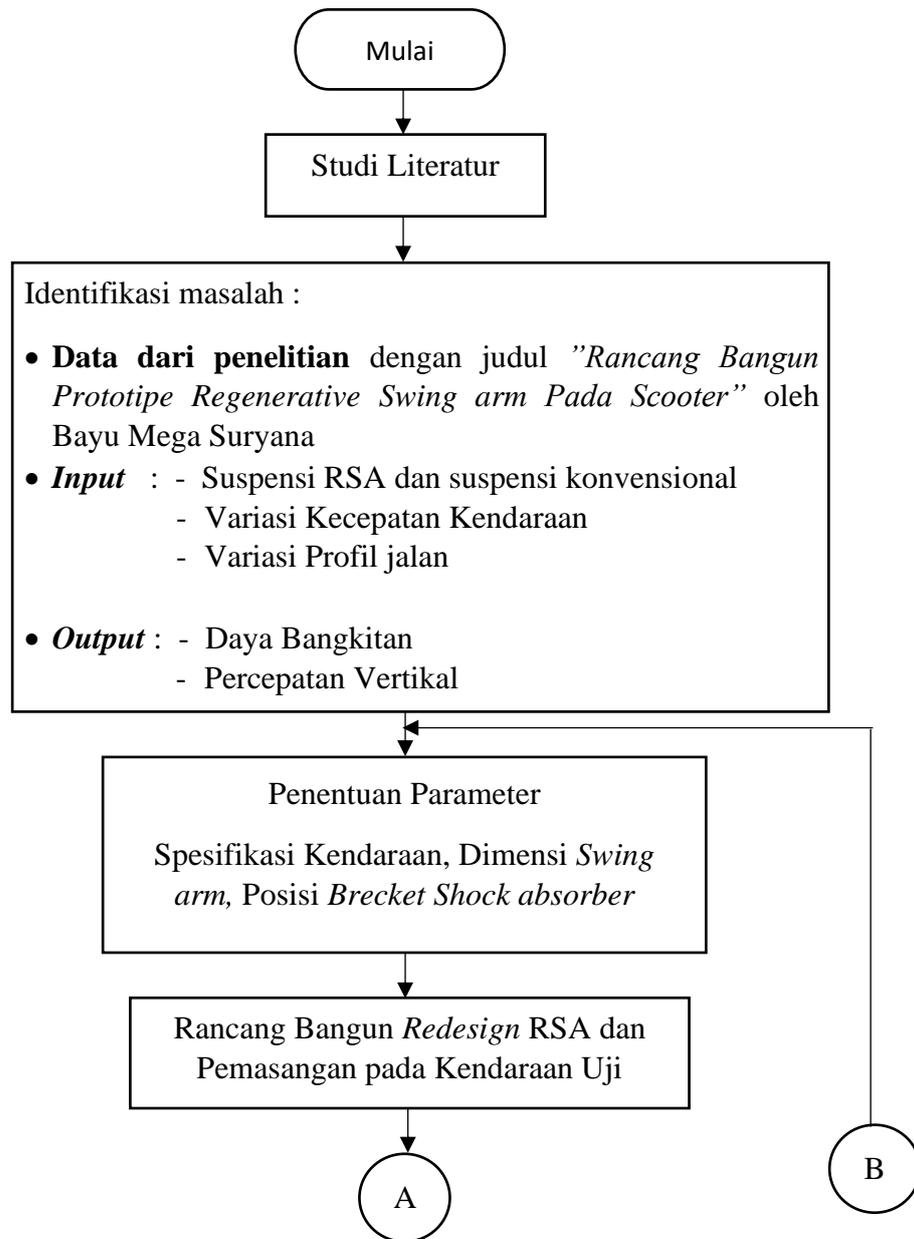
Generator yang digunakan dalam sistem *Regenerative swing arm* ini yaitu generator AC 3 fasa seperti pada gambar 2.19 diatas. Generator ini memiliki tipe Tamegawa TBL-i II Series TS4607N1033E200. Output yang dihasilkan generator ini merupakan arus AC 3 fasa, sehingga perlu ditambahkan dioda 3 fasa untuk mengubah arus AC 3 fasa tersebut menjadi arus DC 1 fasa agar bisa terbaca oleh *oscilloscope*. Menurut spesifikasi dari katalog Tamegawa, generator ini mampu menghasilkan daya maksimal sebesar 100 watt dengan tegangan mencapai 200 volt. Untuk putaran maksimal yang diijinkan dari generator ini yaitu sebesar 5000 rpm.

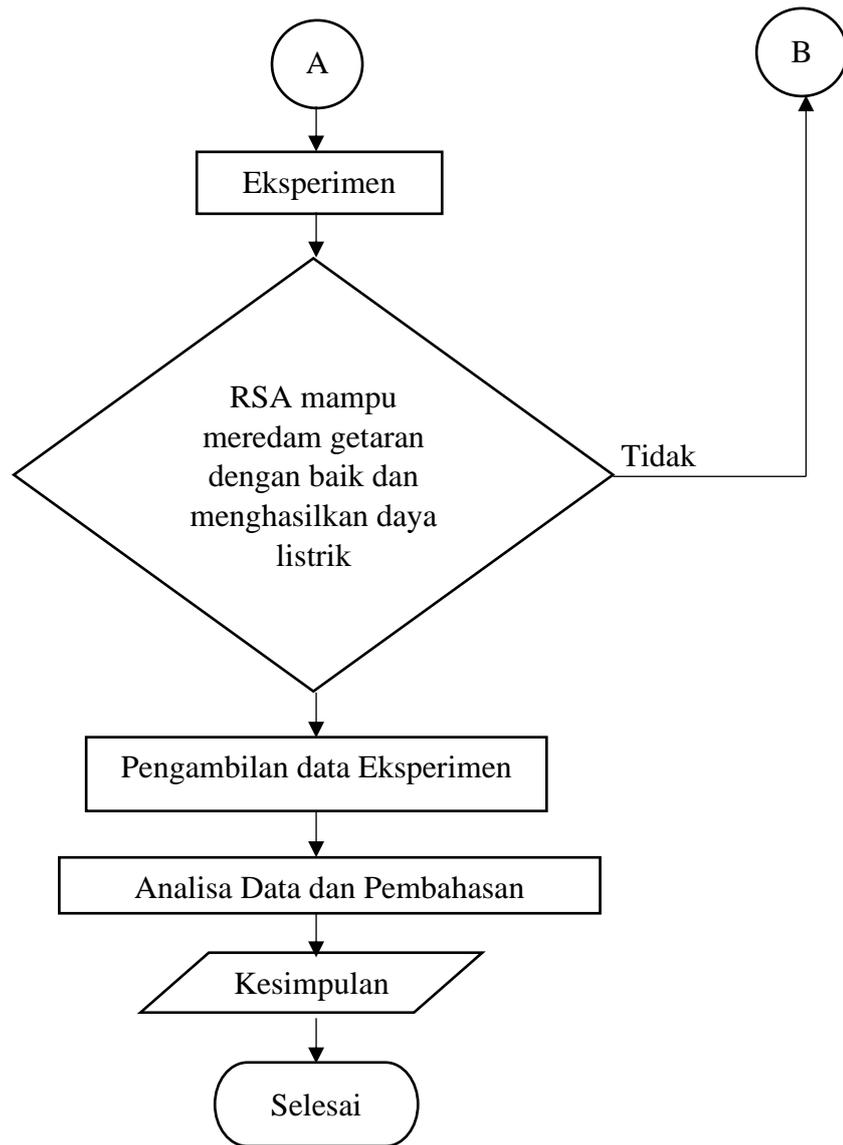
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian dan pengembangan Regenerative Swing-arm *Shock absorber* (RSA) kali ini menggunakan mekanisme *spurgear* sebagai mekanisme untuk mentransmisikan gerakan naik turun dari *swing arm* menuju ke generator. Penelitian tugas akhir ini berupa eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui respon dinamis berupa perpindahan dan kecepatan pada Regenerative Swing-arm *Shock absorber* (RSA) serta daya bangkitan yang dihasilkan oleh RSA. Penelitian pada tugas akhir ini dilakukan dalam beberapa tahapan. Adapun beberapa tahapan tersebut dijelaskan pada diagram alir di bawah ini :





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Penjelasan Tahap Penelitian

Dari diagram alir yang dapat dilihat pada gambar 3.1 dapat dijabarkan sebagai berikut :

3.2.1 Studi Literatur

Dalam penulisan tugas akhir ini diperlukan beberapa sumber referensi untuk menunjang proses analisis dari *Redesign swing arm* dari sistem *Regenerative Swing-arm* (RSA). Untuk menambah pengetahuan, wawasan, dan landasan permasalahan yang akan dibahas maka pada tahap awal diperlukan tahapan studi literatur. Studi literatur yang dilakukan berfokus pada suspensi kendaraan, *Regenerative Shock absorber* (RESA) serta *Regenerative swing arm* (RSA). Adapun referensi untuk studi literatur sendiri didapat dari buku, jurnal ilmiah, dan penelitian – penelitian terdahulu yang berkaitan.

3.2.2 Identifikasi Masalah

Pada penelitian tugas akhir ini, identifikasi masalah yang dilakukan dibagi menjadi tiga, yang pertama yaitu data awal dari penelitian diambil dari penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Bayu Mega Suryana dengan judul penelitian, “*Rancang Bangun Prototipe Regenerative swing arm Pada Scooter*”.

Input merupakan suatu parameter masukan yang diberikan pada penelitian ini yang meliputi variasi sistem suspensi konvensional dan sistem suspensi RSA, variasi profil jalan, variasi kecepatan dan variasi hambatan. Terdapat empat variasi jalan yaitu polisi tidur, *speedtrap*, jalan beraspal, dan jalan paving. Untuk hambatan yang digunakan yaitu sebesar 15 Ω . Variasi kecepatan yang diberikan sebesar 5 km/jam, 15 km/jam, dan 25 km/ jam pada polisi tidur, *speedtrap*, jalan aspal, jalan paving.

Output yaitu data keluaran dari penelitian ini berupa grafik percepatan vertikal kendaraan pada saat menggunakan *Shock absorber* konvensional maupun dengan menggunakan *Regenerative Shock absorber* (RSA) dan grafik daya bangkitan.

3.2.3 Penentuan Parameter

Pada penelitian tugas akhir ini jenis kendaraan yang dianalisa yaitu skuter elektrik VOLTA 302. Untuk menunjang perancangan Swing-arm RSA *spur gear* diperlukan data parameter yang sesuai dengan kondisi skuter elektrik VOLTA 302. Beberapa data parameter yang diperlukan pada Swing-arm RSA *spur gear* meliputi diameter *gear* dan panjang *Swing arm*. Beberapa parameter tersebut dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini

Tabel 3.1 Tabel Parameter *Swing arm* dan Diameter *Gear*

| Parameter | Nilai |
|--|--------|
| Panjang <i>Swing arm</i> | 410 mm |
| Lebar poros depan | 240 mm |
| Jarak dudukan suspensi dengan poros <i>swing arm</i> | 290 mm |
| Diameter <i>Gear A</i> | 120 mm |
| Diameter <i>Gear 1</i> | 30 mm |
| Diameter <i>Gear 2</i> | 30 mm |
| Diameter <i>Gear 3</i> | 30 mm |
| Diameter <i>Gear 4</i> | 30 mm |
| Diameter <i>Gear 5</i> | 30 mm |
| Diameter <i>Gear 6</i> | 30 mm |

Tabel 3.2 Tabel Parameter *Redesign Swing arm*

| Parameter | Nilai |
|--|--------|
| Lebar poros depan | 180 mm |
| Panjang <i>swing arm</i> | 330 mm |
| Jarak dudukan suspensi dengan poros <i>swing arm</i> | 250mm |

Tabel 3.3 Tabel Parameter Kendaraan Uji Skuter Elektrik VOLTA 302

| Parameter | Keterangan | Nilai | Satuan |
|------------|--------------------|-------|--------|
| P_m | Daya motor | 650 | watt |
| V_{maks} | Kecepatan Maksimal | 40 | Km/jam |
| m_{maks} | Kapasitas beban | 150 | kg |
| - | Jumlah pengendara | 1 | - |
| m_p | Massa pengendara | 95 | kg |

Tabel 3.4 Tabel Parameter Generator

| Parameter | Nilai |
|---------------|----------------------|
| Tipe | Generator Listrik AC |
| Voltase | 200 V |
| Daya Maksimal | 100 Watt |
| Rpm Maksimal | 5000 Rpm |
| Torsi | 0.64 Nm |



**TIPE
302**

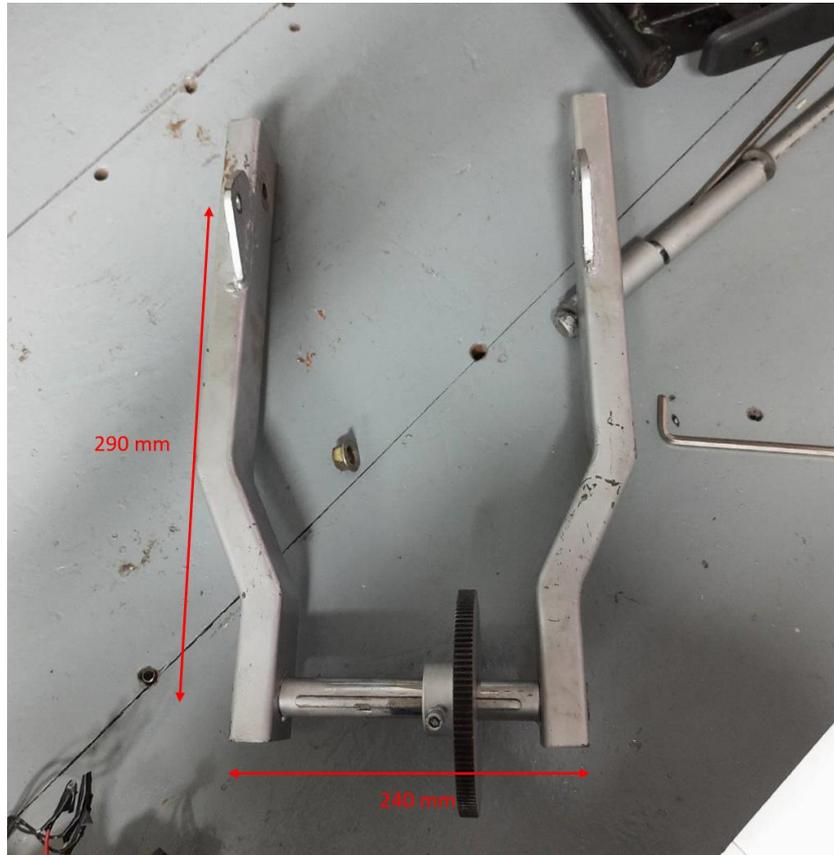


Gambar 3.2 Kendaraan Uji Volta 302 (Lazada.co.id)

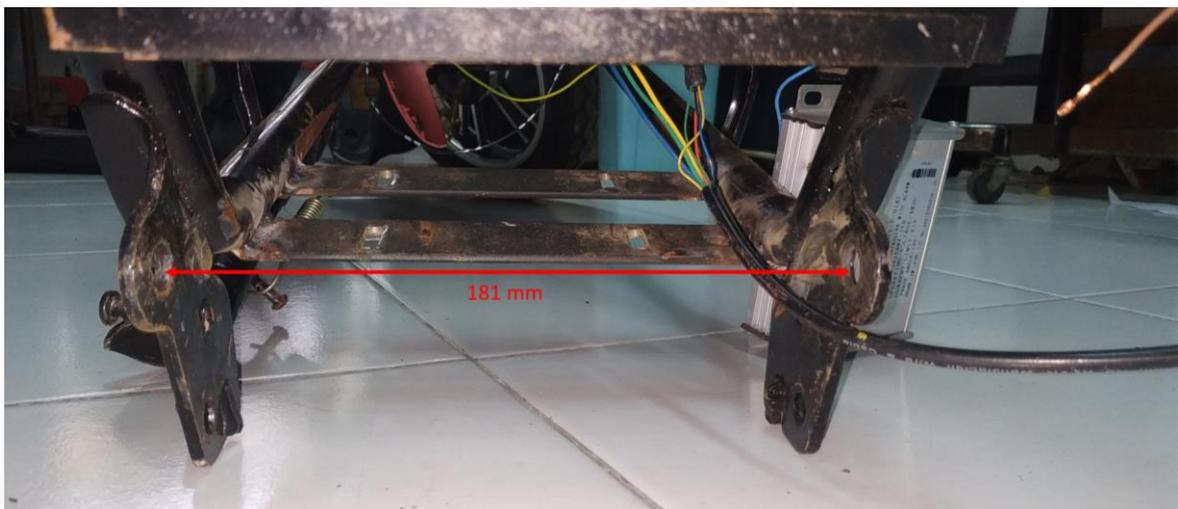
Data parameter diatas telah disesuaikan dengan spesifikasi skuter elektrik VOLTA 302 dan ketersediaan di pasaran. Parameter tersebut dapat dijadikan sebagai acuan dalam meredesain Swing-arm RSA *Spur Gear* agar dapat diaplikasikan pada Skuter Elektrik VOLTA 302. Untuk desain gambar dan ukuran detail dari rancangan *redesign* Swing-arm RSA *Spur Gear* ini akan dijelaskan pada sub-bab 3.2.4 di bawah ini.

3.2.4 Redesign RSA dan Pemasangan pada Kendaraan Uji

Redesign RSA perlu dilakukan untuk menyesuaikan dimensi *Prototipe* RSA yang telah dibuat oleh Bayu Mega Suryana agar bisa dipasangkan pada skuter elektrik Volta 302. Pada *prototipe* yang dibuat oleh Bayu Mega Suryana dapat dilihat pada gambar 3.3 memiliki dimensi lebar sebesar 240 mm dan jarak poros *swing arm* depan dengan dudukan suspensi sebesar 290 mm.

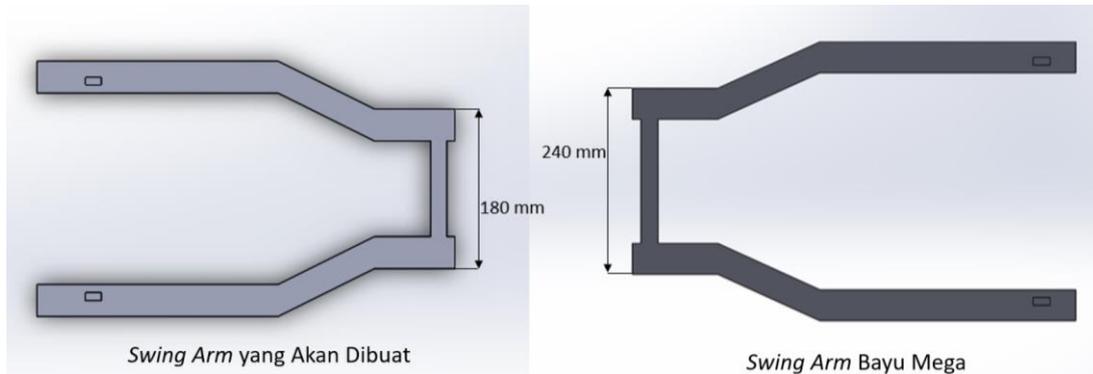


Gambar 3.3 *Prototipe Swing arm* Bayu Mega Suryana



Gambar 3.4 Dudukan *Swing arm* pada Skuter Elektrik Volta 302

Dari gambar 3.4 diatas dapat dilihat bahwa lebar dari dudukan *Swing arm* pada skuter elektrik Volta 302 adalah 181 mm. Sedangkan lebar dari poros depan *prototipe swing arm* Bayu Mega Suryana adalah 240 mm. Sehingga dimensi lebar poros *swing arm* harus dikurangi dengan cara membuka las kemudian memotong poros dan menyambungnnya kembali dengan las sebesar 60 mm. Skema pengurangan lebar poros *swing arm* dapat dilihat pada gambar 3.5 dibawah.



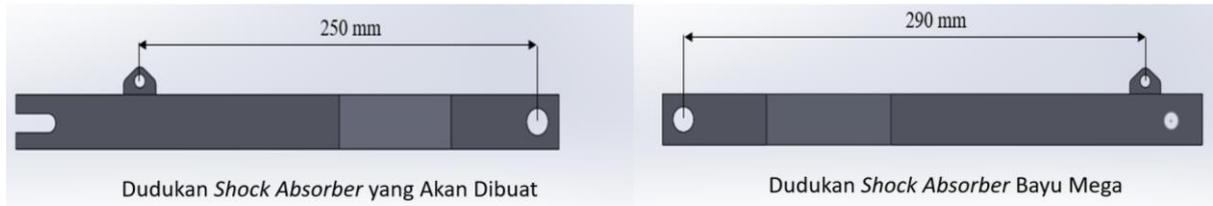
Gambar 3.5 Skema Pengurangan Lebar Poros *Swing arm*

Setelah dilakukan pengurangan lebar poros pada swing, dilakukan fitting dengan melakukan pemasangan *swing arm* hasil modifikasi pada skuter elektrik Volta 302. Namun, setelah dilakukan pemasangan, dudukan *shock absorber* pada *swing arm* terlalu jauh dari poros *swing arm* yang menyebabkan ground clearance dan travel suspensi menjadi terbatas.



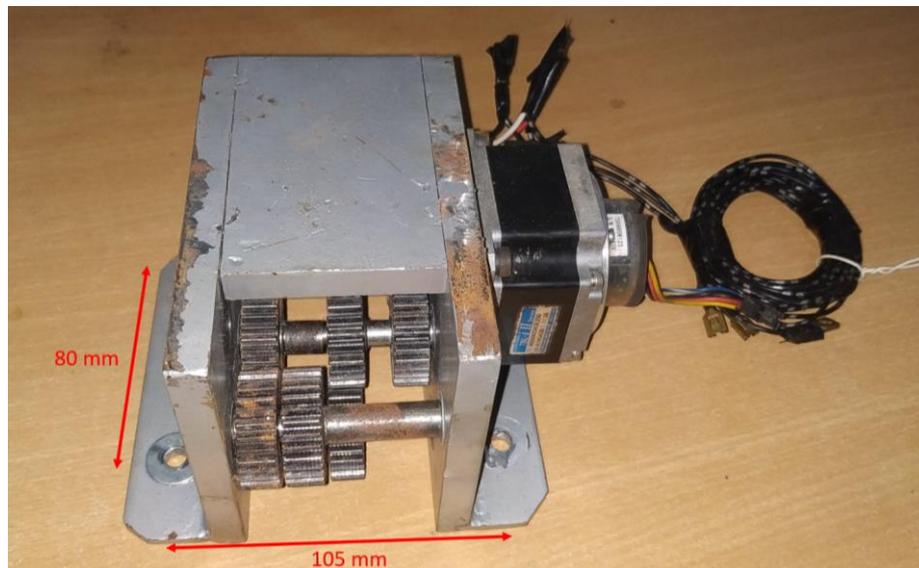
Gambar 3.6 Fitting dudukan *shock absorber* yang terlalu kebelakang

Untuk itu perlu dilakukan *redesign* untuk merubah dudukan *shock absorber* lebuah kedepan dengan perpindahan sejauh 50 mm. Untuk skema perubahan jarak dudukan *shock absorber* dengan poros *swing arm* dapat dilihat pada gambar 3.6



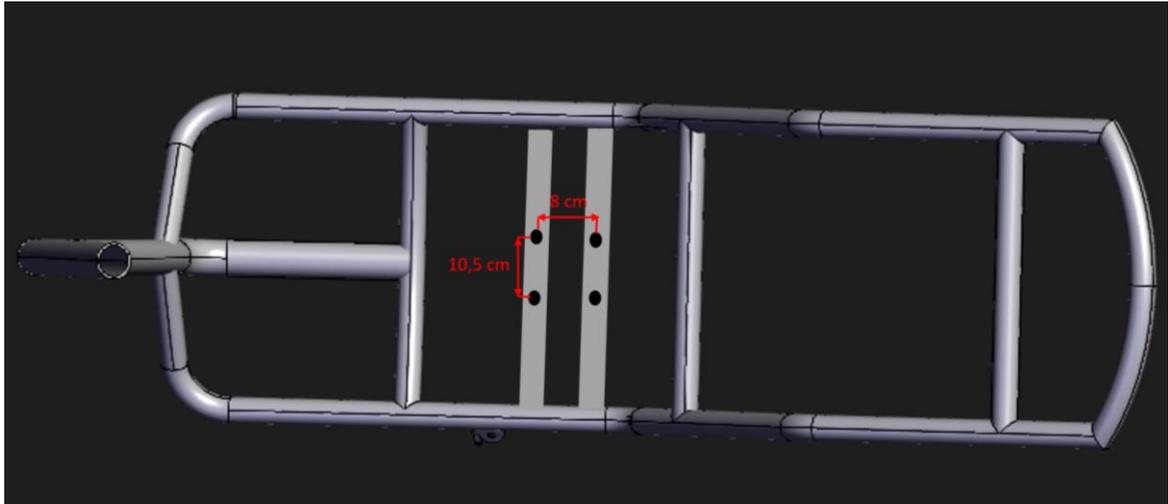
Gambar 3.7 Skema perubahan posisi dudukan *shock absorber*

Selain mengubah jarak dudukan *shock absorber* dengan poros *swing arm*, modifikasi lain yang harus dilakukan yaitu lubang dudukan as roda belakang yang harus dirubah seperti terlihat pada gambar 3.4 a karena as roda dari skuter elektrik Volta 302 tidak dapat dilepaskan dari wheel hub motor.



Gambar 3.8 Transmisi RSA

Setelah dimensi *swing arm* telah sesuai, tahap selanjutnya yaitu membuat dudukan transmisi dari sistem RSA. Dudukan transmisi *swing arm* dibuat berdasarkan acuan dari ukuran jarak lubang baut yang dapat dilihat pada gambar 3.7 diatas. Pembuatan dudukan transmisi RSA ini dilakukan dengan melakukan pengelasan pada *frame* skuter elektrik Volta 302. Untuk posisi penempatan dudukan pada *frame* dapat dilihat pada gambar 3.8 berikut.

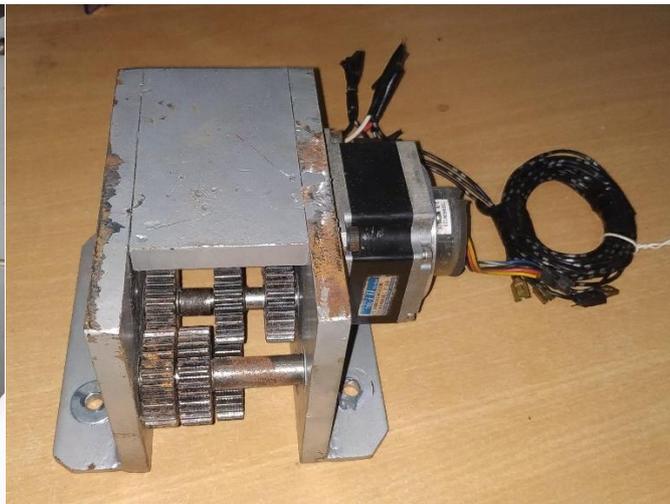


Gambar 3.9 Skema penempatan dudukan transmisi RSA

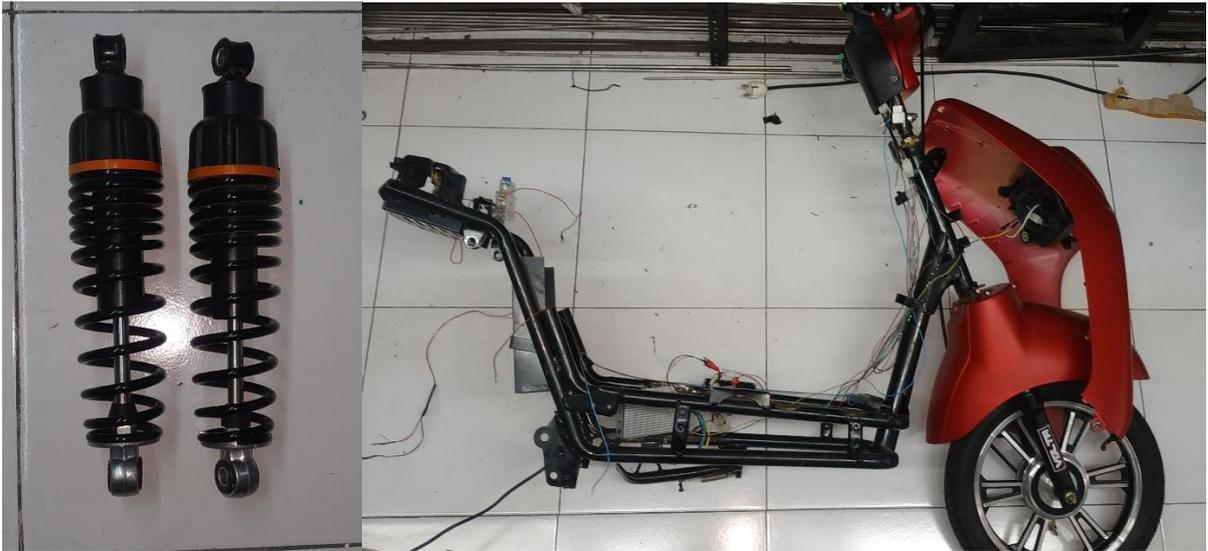
Setelah dimensi *swing arm* telah sesuai dengan skuter elektrik Volta 302 dan dudukan transmisi RSA telah dibuat, proses selanjutnya yaitu pemasangan seluruh komponen *Regenerative swing arm* pada *frame* skuter elektrik Volta 302. Komponen utama penyusun *Regenerative swing arm* terdiri dari *Shock absorber*, *swing arm*, transmisi dan generator yang dapat dilihat pada gambar 3.10. Skema pemasangan komponen *Regenerative swing arm* pada *frame* skuter elektrik Volta 302 dapat dilihat pada gambar 3.11 di bawah ini.



(a)



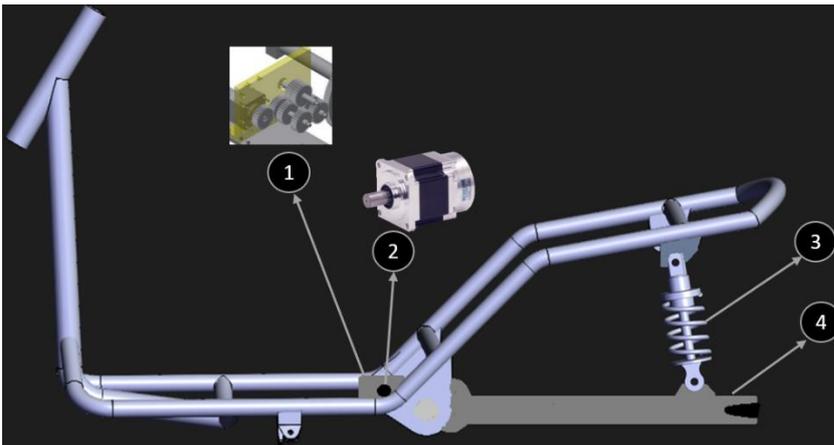
(b)



(c)

(d)

Gambar 3. 10 *Swing arm* (a), *Transmisi & Generator* (b), *Shock absorber* Volta 302 (c), *Frame* Volta 302 (d) *Komponen Regenerative swing arm*



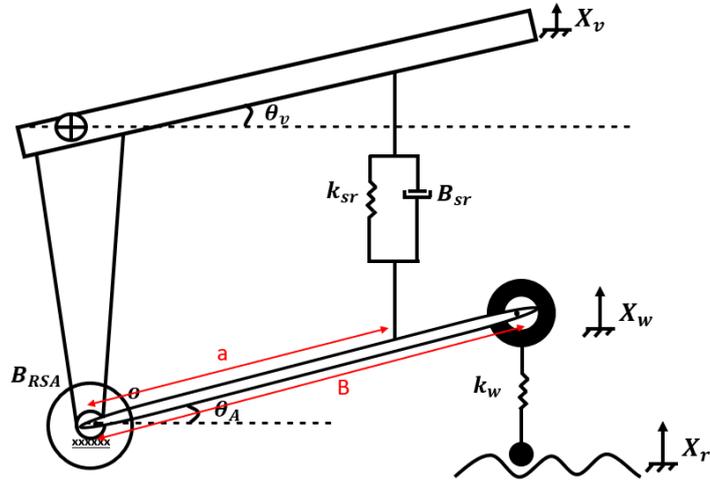
Keterangan :

1. *Transmisi*
2. *Generator*
3. *Shock absorber*
4. *Swing arm*

Gambar 3.11 *Skema Pemasangan Komponen RSA pada Frame* Volta 302

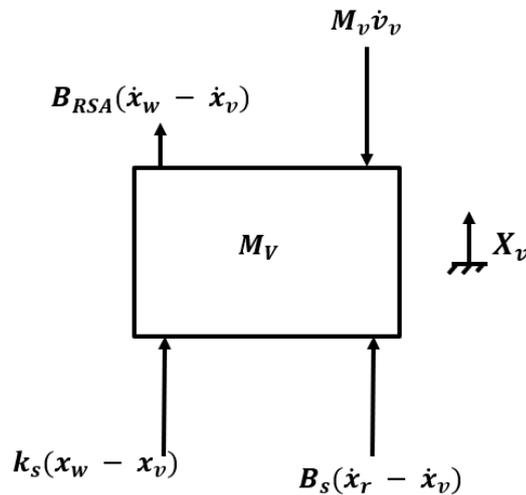
3.2.5 Penurunan Model Dinamis

Berikut ini merupakan model dinamis dari *swing arm* RSA. Dari sistem *regenerative swing arm* didapatkan model dinamis dari model *halfbike* sebagai berikut pada gambar 3.12 :



Gambar 3.12 *Free body diagram* model setengah kendaraan

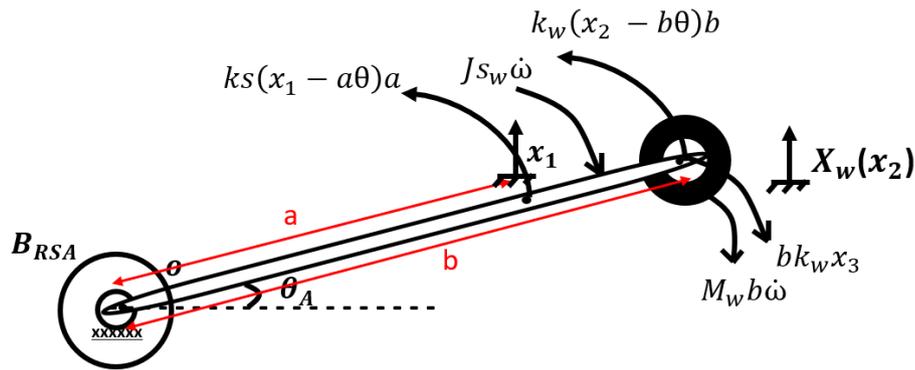
Pada pemodelan dinamis massa kendaraan Scooter Volta 302 melibatkan hal yang langsung berhubungan yaitu suspensi standar Volta 302 yang berfungsi sebagai peredam gaya dari permukaan jalan yang tidak rata.



Gambar 3.13 *Free body diagram* massa kendaraan

Dari *free body diagram* pada gambar 3.13 diatas didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$M_v \dot{v}_v - k_s(x_w - x_v) - B_s(\dot{x}_r - \dot{x}_v) - B_{RSA}(\dot{x}_w - \dot{x}_v) = 0 \quad (3.1)$$



Gambar 3.14 Free body diagram swing arm kendaraan sepeda motor

Pada gambar 3.14 merupakan *free body diagram* dari *Swing arm* RSA pada Volta 302. Dari *free body diagram* diatas didapat persamaan sebagai berikut :

$$\Sigma M = 0$$

$$(J_{s_w} + M_w b) \dot{\omega} + [(a^2 k_s - b^2 k_w)\theta + a k_s x_1 + b k_w x_2 - b k_w x_3] = 0$$

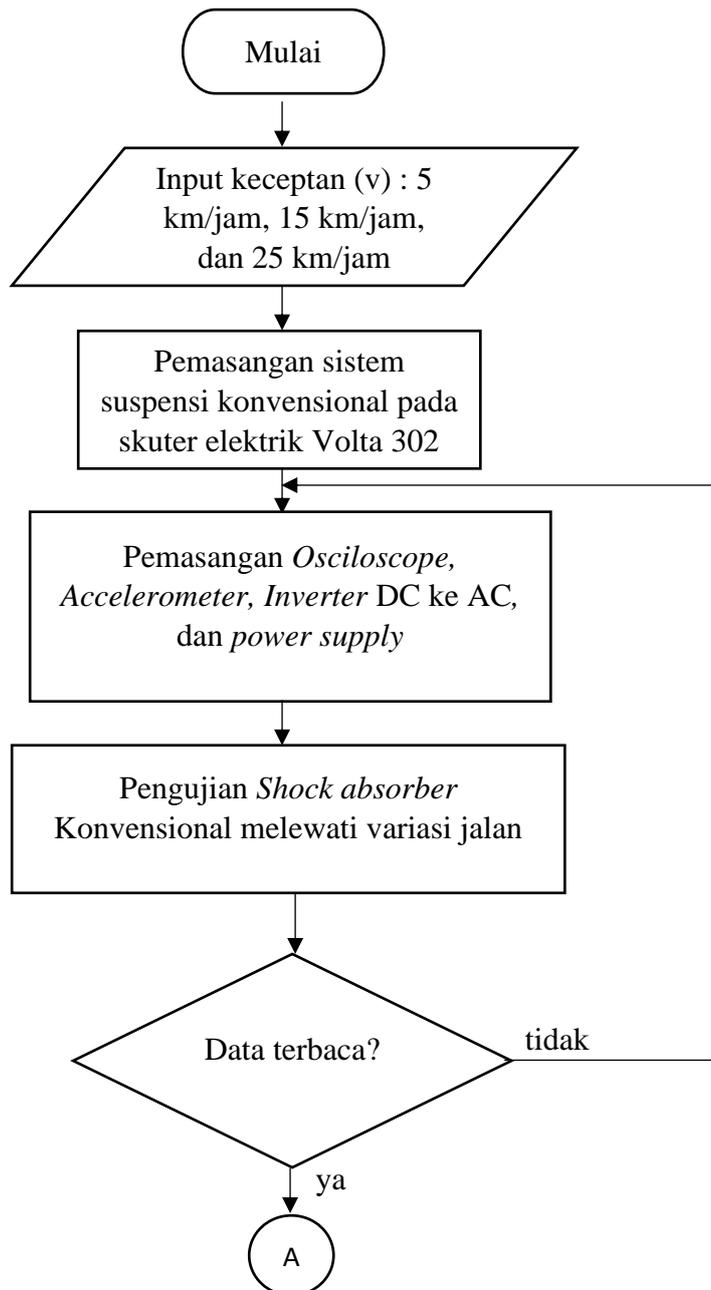
Tabel 3.5 Keterangan Simbol pada Persamaan

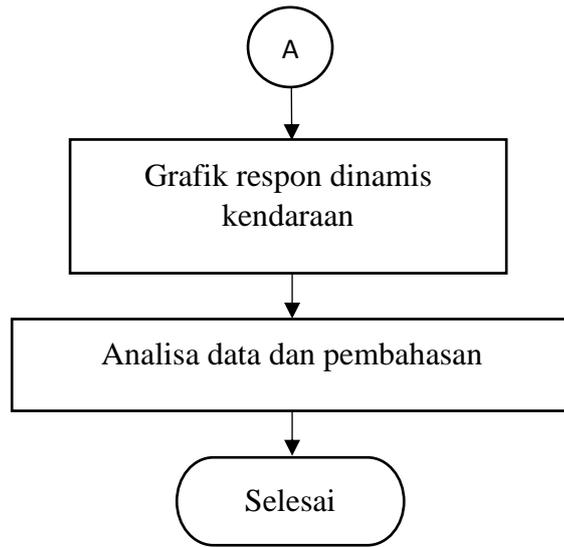
| Simbol | Keterangan |
|-------------|---|
| M_v | Massa bodi kendaraan |
| X_v | Perpindahan bodi kendaraan |
| X_w | Perpindahan roda |
| X_r | Input Jalan |
| K_s | Konstanta kekakuan pegas suspensi |
| B_s | Konstanta damping suspensi |
| K_w | Konstanta kekakuan ban |
| M_w | Massa roda |
| a | Jarak poros swing arm dengan dudukan suspensi |
| b | Jarak poros swing arm dengan poros roda |
| B_{RSA} | Konstanta Redaman RSA |
| X_1 | Perpindahan dudukan suspensi |
| $X_2 = X_w$ | Perpindahan roda |
| $X_3 = X_r$ | Perpindahan input jalan |

3.2.6 Tahap Eksperimen dan Pengambilan Data

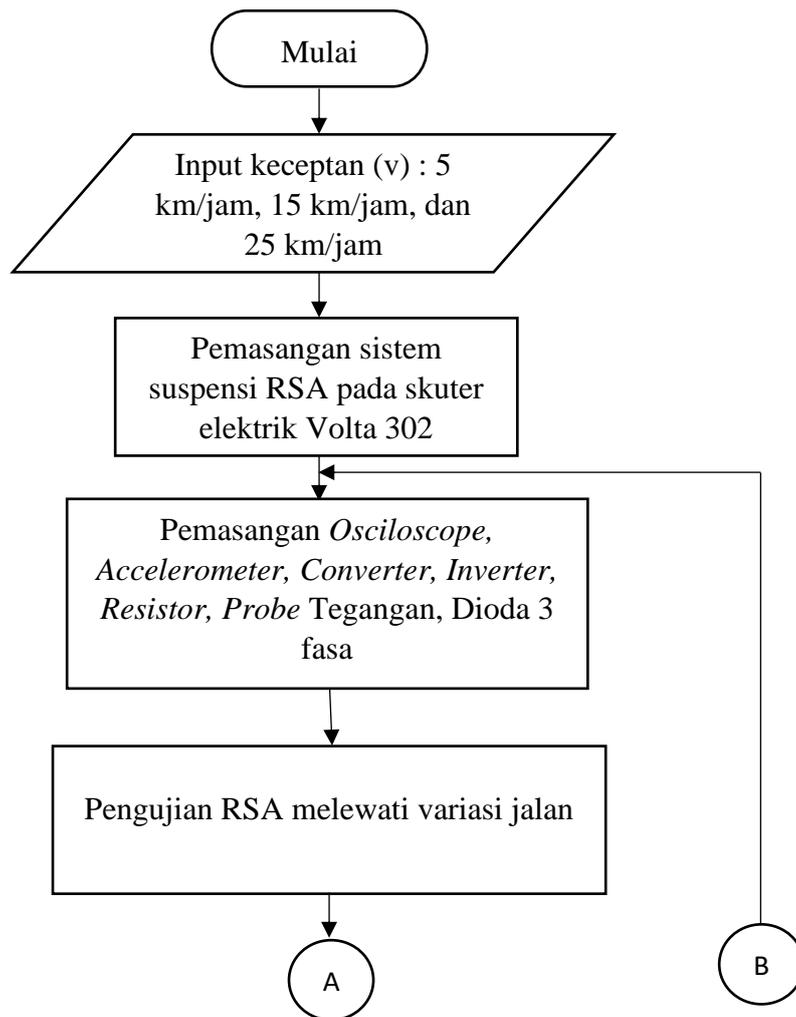
Pada penelitian ini dilakukan eksperimen pada skuter elektrik VOLTA 302. Sebelum melakukan pengujian skuter elektrik dengan sistem RSA, terlebih dahulu kami melakukan pengujian terhadap respon dinamis *Shock absorber* konvensional VOLTA 302 dengan *Flowchart* yang dapat dilihat pada gambar 3.15. Setelah didapat data respon dinamis *Shock absorber* konvensional VOLTA 302 selanjutnya kami melakukan pengujian terhadap RSA dengan *Flowchart* yang dapat dilihat pada gambar 3.13. *Swing arm* RSA *spur gear* dipasang pada dudukan poros *swing arm* standar dari VOLTA 302. Pengambilan data untuk variasi jalan

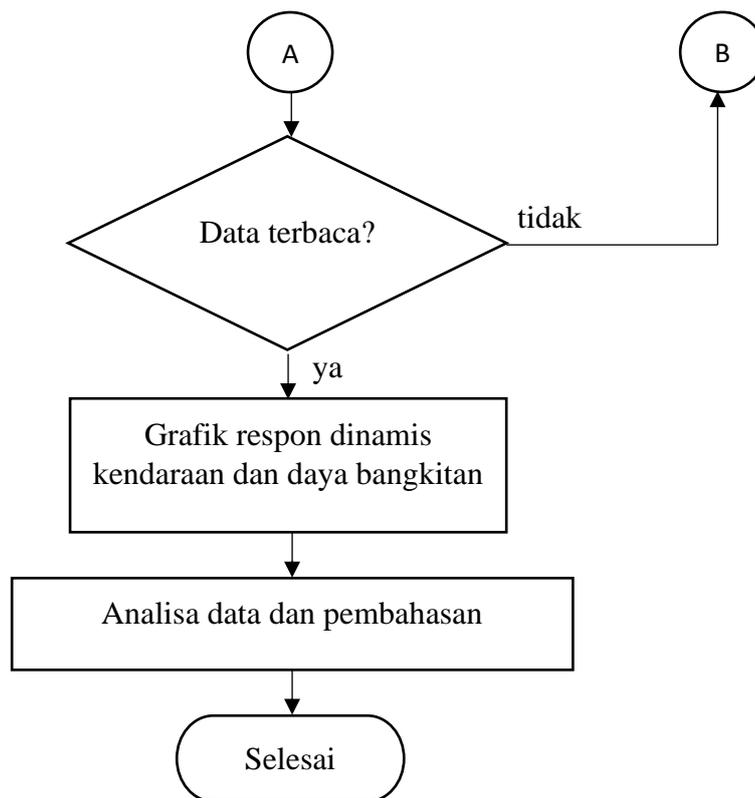
beraspal dilakukan di daerah Kampus ITS dengan meliputi Polisi Tidur, *Speed trap*, Jalan aspal, dan jalan paving. Dalam pengujian ini terdapat 3 variasi kecepatan yaitu 5 km/jam, 15 km/jam, dan 25 km/jam. Untuk masing – masing variasi kecepatan akan dilakukan pengujian sebanyak tiga kali pengambilan data. Terdapat hambatan (R) untuk mengetahui efek redaman yang dihasilkan yaitu 15 ohm. Untuk proses pengambilan data akan dijelaskan lebih lanjut pada diagram alir di bawah ini.





Gambar 3.15 Diagram Alir Pengambilan Data Sistem Suspensi Konvensional Skuter Elektrik VOLTA 302





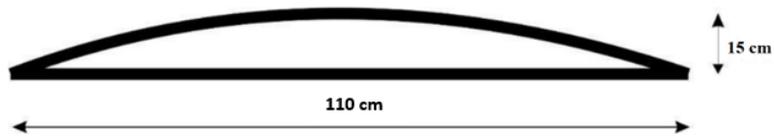
Gambar 3.16 Diagram Alir Pengambilan Data RSA Pada Skuter Elektrik VOLTA 302



Gambar 3. 17 Lokasi pemasangan *Regenerative swing arm* pada Volta 302

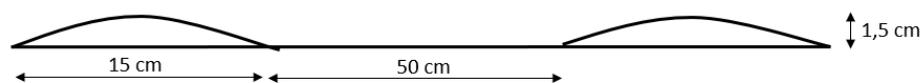
Pada gambar 3.17 dapat dilihat merupakan lokasi pemasangan sistem *Regenerative Swing Arm* (RSA), dimana *Swing arm* standar dari skuter Volta 302 akan diganti dengan *Swing Arm* dari *Regenerative Swing Arm* (RSA). Sedangkan untuk transmisi RSA akan ditempatkan pada *Frame* skuter Volta 302.

Polisi tidur yang digunakan untuk pengujian pada percobaan ini berada di Jl. Teknik Sipil di depan TK Sepuluh Nopember. Untuk gambar dan sketsa dari polisi tidur dapat dilihat pada gambar 3.18.



Gambar 3.18 Sketsa dan Gambar Polisi Tidur

Kemudian untuk pengujian pada *speedtrap* dilakukan di depan RSGM Nala Husada di Jalan Keputih. Pada *speedtrap* tersebut terdapat empat buah *Bump*. Untuk gambar dan sketsa dapat dilihat pada gambar 3.19 di bawah ini.



Gambar 3.19 Sketsa dan Gambar *Speedtrap*

Pengujian pada jalan paving dilakukan di Jalan Teknik Arsitektur. Gambar jalan paving dapat dilihat pada gambar 3.20.



Gambar 3.20 Jalan paving

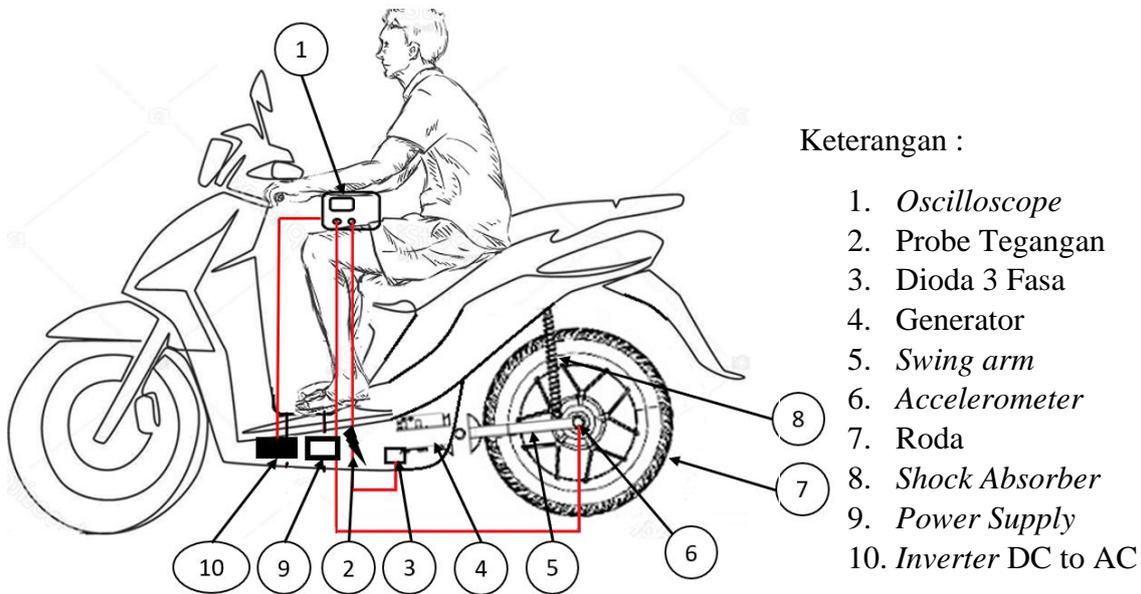
Pengujian pada jalan aspal dikakukan di Jalan Teknik Lansekap. Jalan Teknik Lansekap dipilih sebagai lokasi pengujian RSA karena kontur jalannya yang bergelombang dan ada beberapa titik tambalan sehingga diharapkan dapat diperoleh daya bangkitan yang maksimal. Berikut ini merupakan gambar jalan aspal yang dapat dilihat pada gambar 3.21.



Gambar 3.21 Jalan aspal

3.2.7 Instalasi Peralatan Pengambilan Data

Dalam proses eksperimen dan pengambilan data dilakukan instalasi *swing arm* RSA pada *frame* dan sistem suspensi skuter elektrik VOLTA 302. Selanjutnya dilakukan instalasi peralatan pengambilan data untuk menunjang proses pengujian. Skema dari instalasi peralatan pengambilan data dapat dilihat pada gambar 3.22 dibawah.



Gambar 3.22 Skema Instalasi Peralatan Pengambilan Data

Pada saat pengambilan data, semua peralatan diletakkan pada *footstep* depan skuter VOLTA 302. Urutan pemasangan peralatan yang pertama yaitu inverter dengan tegangan DC dari sumber daya pada baterai skuter elektrik menjadi AC melalui kabel. Setelah daya terhubung, arus AC dari inverter dapat dihubungkan dengan *oscilloscope*. Kemudian channel 3 pada *oscilloscope* dihubungkan pada probe tegangan yang telah tersambung dengan kabel dari generator *Swing arm* RSA. Pemasangan kabel dipastikan tidak terbalik antara arus positif dan negatif. Channel 2 *oscilloscope* dihubungkan dengan *power supply* dan *accelerometer*. *Accelerometer* sendiri dipasang pada bagian atas dari suspensi skuter elektrik.

3.2.8 Peralatan Pengambilan Data

Dalam pengambilan data RSA yang dilakukan pada skuter elektrik VOLTA 302, digunakan peralatan sebagai berikut :

1. *Oscilloscope*

Oscilloscope berfungsi untuk menerima data dari *Accelerometer* dan probe tagangan. Untuk *Oscilloscope* yang akan digunakan yaitu Textronik TBS1104 yang dapat dilihat pada gambar 3.23.



Gambar 3.23 *Oscilloscope* Textronik TBS1104

2. *Inverter Tegangan DC ke AC*

Inverter digunakan untuk mengubah tegangan listrik DC yang dihasilkan oleh aki Skuter Listrik VOLTA 302 menjadi tegangan listrik AC untuk memberi daya pada *osilloscope*. Untuk *inverter* yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar 3.24 di bawah.



Gambar 3.24 *Inverter* Tegangan DC ke AC

3. *Power Supply*

Pada gambar 3.25 yaitu *Power supply* digunakan untuk memperkuat sinyal dari *accelerometer* menuju *oscilloscope*.



Gambar 3.25 *Power Supply*

4. *Accelerometer*

Accelerometer berfungsi untuk mengukur data percepatan. Untuk *Accelerometer* yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar 3.26.



Gambar 3.26 *Accelerometer*

5. *Probe* Tegangan

Pada gambar 3.27 merupakan *Probe* tegangan berfungsi untuk mengetahui nilai tegangan yang dihasilkan generator RSA.



Gambar 3.27 *Probe* Tegangan

6. *Resistor*

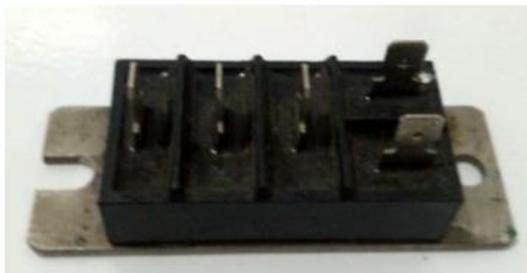
Pada gambar 3.28 merupakan *Resistor* berfungsi sebagai pembeban elektrik atau sebagai hambatan elektrik. Pada penelitian ini digunakan *resistor* dengan tipe wirewound. *Resistor* tipe ini dapat diatur nilai hambatannya pada rentang 0 – 50 Ohm dengan daya maksimal mencapai 60 Watt.



Gambar 3.28 *Resistor* tipe wirewound

7. Dioda 3 Fasa

Dioda 3 fasa berfungsi untuk mengubah arus output 3 fasa AC dari generator menjadi arus 1 fasa DC yang langsung dapat dibaca oleh *osilloscope*. Untuk gambar dari dioda 3 fasa dapat dilihat pada gambar 3.29 di bawah.



Gambar 3.29 Dioda 3 Fasa

3.2.9 Tabel Pengambilan Data Eksperimen

Berikut ini merupakan tabel rencana pengambilan data yang meliputi data percepatan vertikal dari RSA dan daya bangkitan dari generator sistem RSA.

Tabel 3. 6 Tabel RMS Pengambilan Data Tegangan, Kuat Arus dan Daya Bangkitan

| NO | JALAN | KECEPATAN (km/jam) | TEGANGAN (V) | DAYA (W) | Arus (mA) |
|----|------------------|--------------------|--------------|----------|-----------|
| 1 | Polisi Tidur | 5 | | | |
| | | 15 | | | |
| | | 25 | | | |
| 2 | <i>Speedtrap</i> | 5 | | | |
| | | 15 | | | |
| | | 25 | | | |
| 3 | Jalan Aspal | 5 | | | |
| | | 15 | | | |
| | | 25 | | | |
| 4 | Jalan Paving | 5 | | | |
| | | 15 | | | |
| | | 25 | | | |

Tabel 3.7 Tabel RMS Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302

| NO | JALAN | KECEPATAN (km/jam) | Percpatan Vertikal Konvensional (m/s ²) | Percepatan Vertikal RSA (m/s ²) |
|----|------------------|--------------------|---|---|
| 1 | Polisi Tidur | 5 | | |
| | | 15 | | |
| | | 25 | | |
| 2 | <i>Speedtrap</i> | 5 | | |
| | | 15 | | |
| | | 25 | | |
| 3 | Jalan Aspal | 5 | | |
| | | 15 | | |
| | | 25 | | |

| | | | | |
|---|--------------|----|--|--|
| 4 | Jalan Paving | 5 | | |
| | | 15 | | |
| | | 25 | | |

3.3 Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan analisa data, maka diperoleh kesimpulan dari Penelitian Tugas Akhir ini. Kesimpulan yang ditulis merupakan pokok bahasan dan menjawab rumusan masalah yang ditulis pada BAB I, sehingga tujuan dari penelitian ini tercapai.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan dan Pengembangan *Redesign Regenerative swing arm*

Prinsip kerja dari *regenerative swing arm* yaitu dengan mengubah gerakan naik turun dari *swing arm* menjadi gerakan rotasional yang ditransmisikan melalui transmisi *spur gear* dengan memanfaatkan *one way bearing* sehingga didapatkan gerakan rotasional yang searah. Hal pertama yang harus diperhatikan dalam *redesign swing arm* adalah dimensi lokasi pemasangan *regenerative swing arm* pada skuter elektrik Volta 302. *Prototipe regenerative swing arm* yang sebelumnya telah dibuat oleh Bayu Mega memiliki dimensi yang berbeda dengan lokasi pemasangan pada skuter Volta 302 sehingga perlu dilakukan *redesign*.

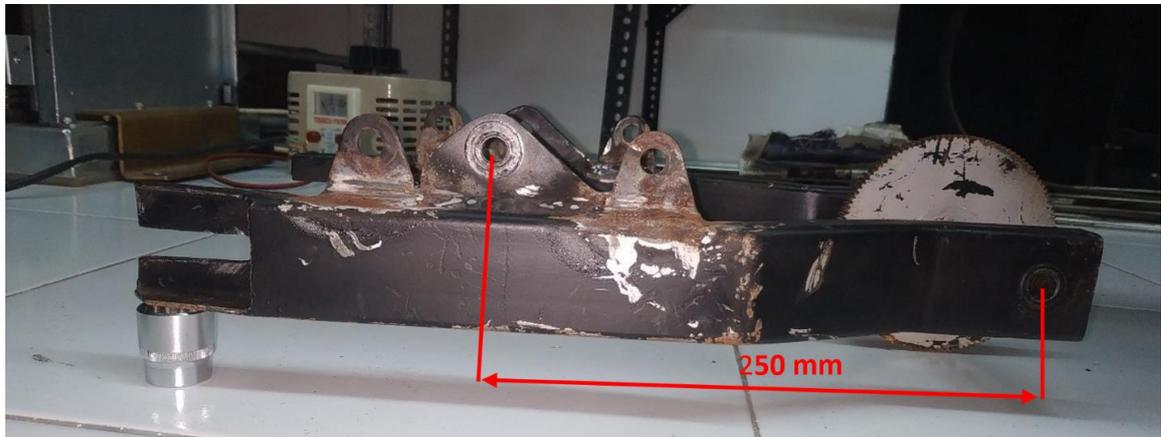
Langkah pertama yang dapat dilakukan yaitu dengan mengukur dimensi pada lokasi pemasangan *swing arm*. Setelah dilakukan pengukuran dimensi, didapatkan lebar *swing arm* yang tidak sesuai dengan lebar dudukan *swing arm* pada skuter Volta 302. Selain itu lokasi dudukan shock breaker yang telah dibuat oleh bayu mega juga terlalu jauh dari poros *swing arm* sehingga membuat sudut suspensi terlalu miring yang mengakibatkan ground clearance kendaraan menjadi rendah sehingga mempengaruhi panjang travel suspensi. Selain itu lokasi pemasangan atau braket dari transmisi *regenerative swing arm* juga perlu dibuat. Lokasi penempatan braket transmisi *swing arm* diletakkan pada *frame* skuter volta 302. Setelah ukuran dimensi didapatkan, langkah selanjutnya yaitu dengan mendesain ulang alat yang akan dibuat dan selanjutnya dapat dikerjakan oleh bengkel.

Langkah berikutnya yaitu mengubah ukuran dari lebar poros *swing arm* yang awalnya 240 mm menjadi 180 mm sesuai dengan lebar dudukan pada skuter Volta 302. Berikut ini merupakan *swing arm* hasil *redesign* yang telah dilakukan.



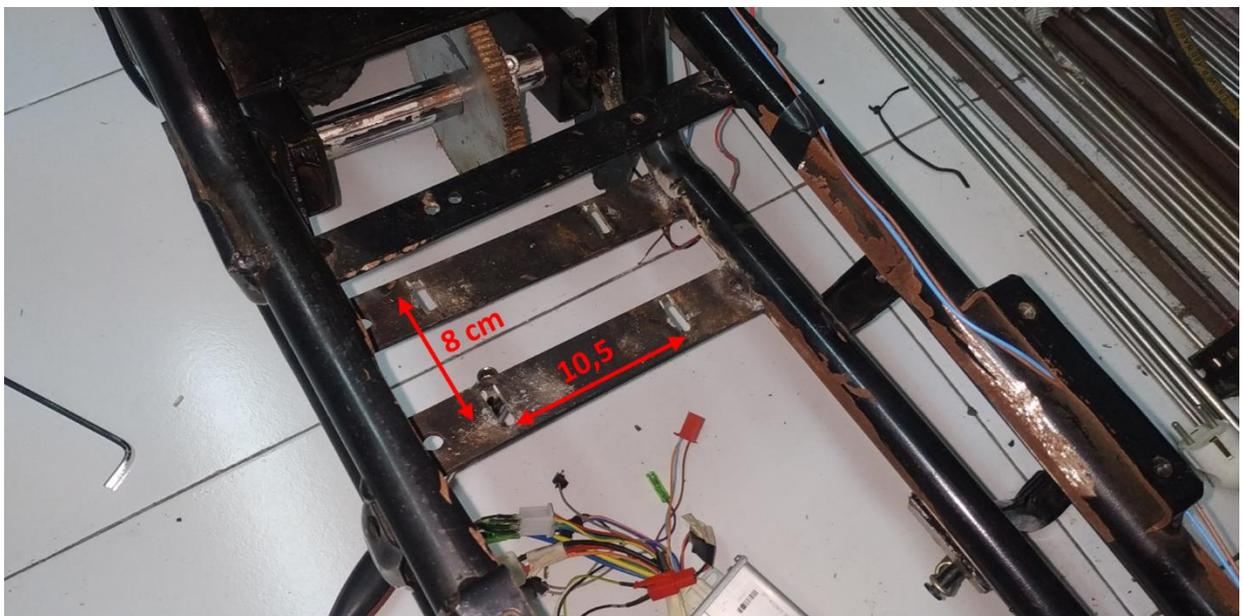
Gambar 4.1 Hasil *Redesign* Lebar *Swing arm*

Selanjutnya mengubah lokasi dudukan *shock absorber* yang semula jarak antara dudukan shock breaker dengan poros *swing arm* 290 mm menjadi 250 mm. Berikut ini adalah gambar dudukan *swing arm* setelah dilakukan *redesign*.



Gambar 4.2 Hasil *Redesign* dudukan *Shock absorber*

Langkah selanjutnya yaitu membuat dudukan transmisi dari *regenerative swing arm* pada *frame* skuter volta 302. Lokasi peletakan dudukan disesuaikan dengan pengukurang yang telah dilakukan dan dijelaskan pada bab 3. Berikut ini merupakan hasil fabrikasi dudukan transmisi *regenerative swing arm*.



Gambar 4.3 Dudukan Transmisi *Regenerative swing arm*

4.2 Pengujian *Regenerative swing arm* pada Skuter Volta 302

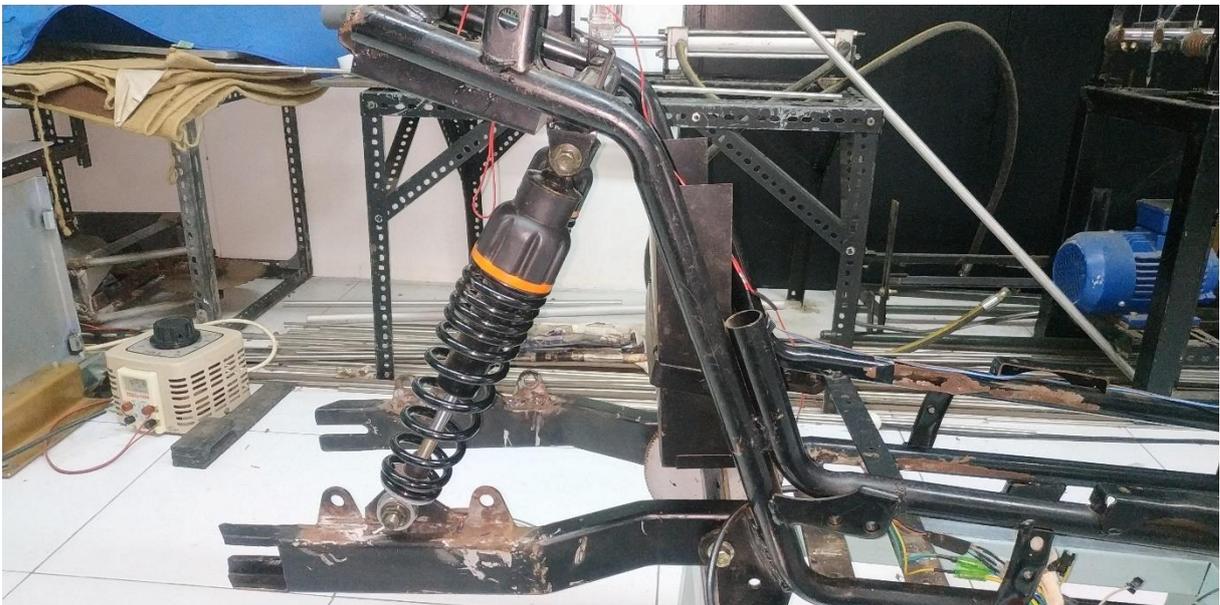
Sebelum dilakukan pengambilan data, perlu dilakukan pengecekan fungsi dari skuter Volta 302. Pengecekan yang perlu dilakukan yang pertama yaitu tekanan ban yang diatur sesuai dengan tekanan standar. Selanjutnya skuter Volta 302 dilakukan test jalan untuk mengetahui bahwa seluruh komponen pada skuter berfungsi dengan baik. selain itu skuter Volta 302 harus dipastikan dapat mensuplai daya yang digunakan untuk mensuplai daya peralatan pengujian

berupa oscilloscope. Setelah semua komponen pada skuter Volta 302 dipastikan berfungsi dengan baik, langkah selanjutnya yaitu memasang *regenerative swing arm* pada skuter Volta 302.

4.2.1 Pemasangan Sistem *Regenerative swing arm* pada Skuter Volta 302

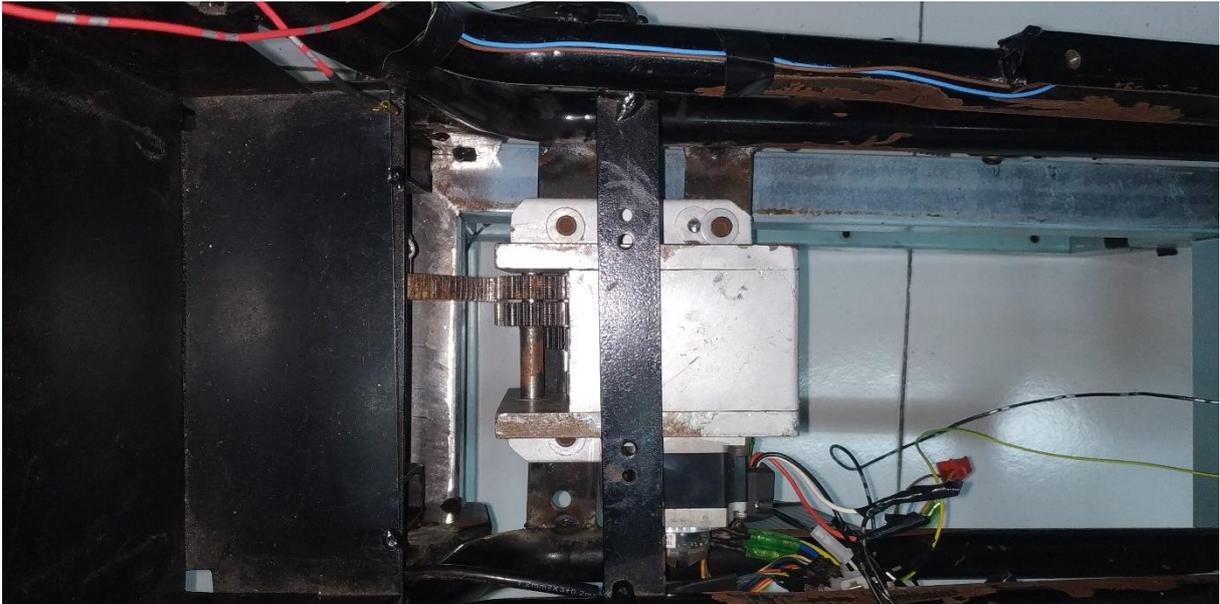
Setelah dimensi *swing arm* sesuai, dudukan transmisi dibuat dan seluruh komponen skuter Volta 302 dipastikan dalam kondisi baik, langkah selanjutnya yaitu merakit semua komponen *regenerative swing arm* pada *frame* skuter Volta 302. Skuter Volta 302 dipilih karena memiliki ruang yang cukup luas di bagian *frame* bawah sehingga memungkinkan dipasangkan sistem *regenerative swing arm*. Selain itu, Laboraturium Rekayasa Sistem Vibrasi dan Otomotif telah tersedia skuter Volta 302 yang dapat digunakan untuk penelitian mahasiswa.

Dalam pemasangan sistem *regenerative swing arm* pada skuter Volta 302 terdapat beberapa tahapan yang perlu dilakukan. Yang pertama yaitu memasangkan *swing arm* dan suspensi *shock absorber* pada *frame* skuter volta 302. Gambar pemasangan *swing arm* pada skuter Volta 302 dapat dilihat pada gambar dibawah.

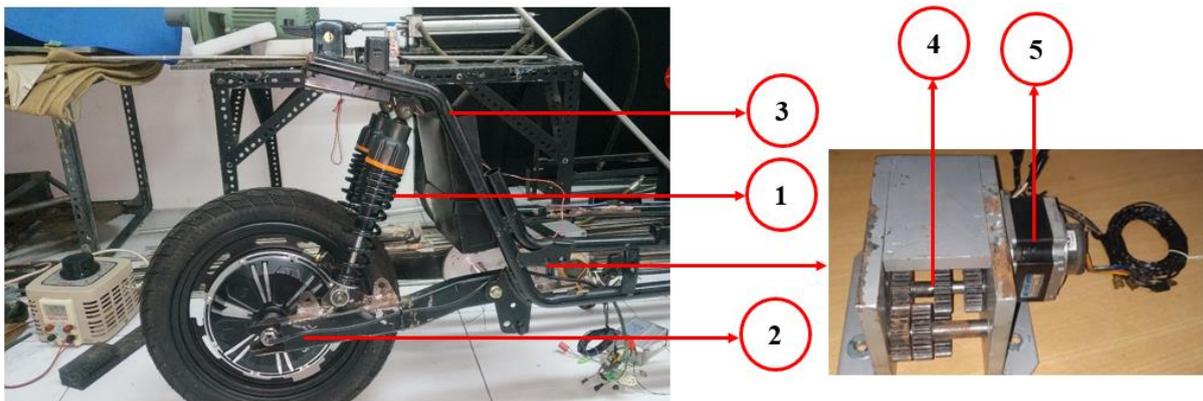


Gambar 4.4 Pemasangan *Swing arm* dan *Shock absorber* pada *Frame* Volta 302

Langkah selanjutnya yaitu memasangkan transmisi *regenerative swing arm* pada brecket yang telah dibuat pada skuter volta 302. Hal yang perlu diperhatikan dalam pemasangan transmisi *regenerative swing arm* yaitu *spur gear* yang terdapat pada *gear* transmisi harus dipastikan terpasang dengan sempurna sehingga power lost pada transmisi dapat diminimalisir.



Gambar 4.5 pemasangan transmisi *regenerative swing arm* pada *frame* Volta 302



Gambar 4.6 Pemasangan *Regenerative swing arm* pada Skuter Volta 302

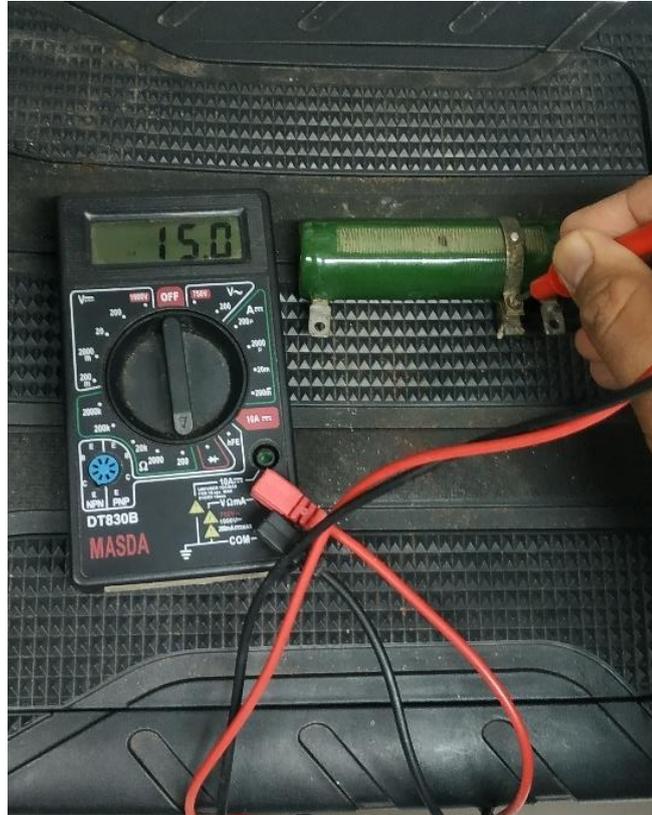
Keterangan :

1. *Shock absorber*
2. *Swing arm*
3. *Frame* Skuter Volta 302
4. *Transmisi spur gear*
5. Generator

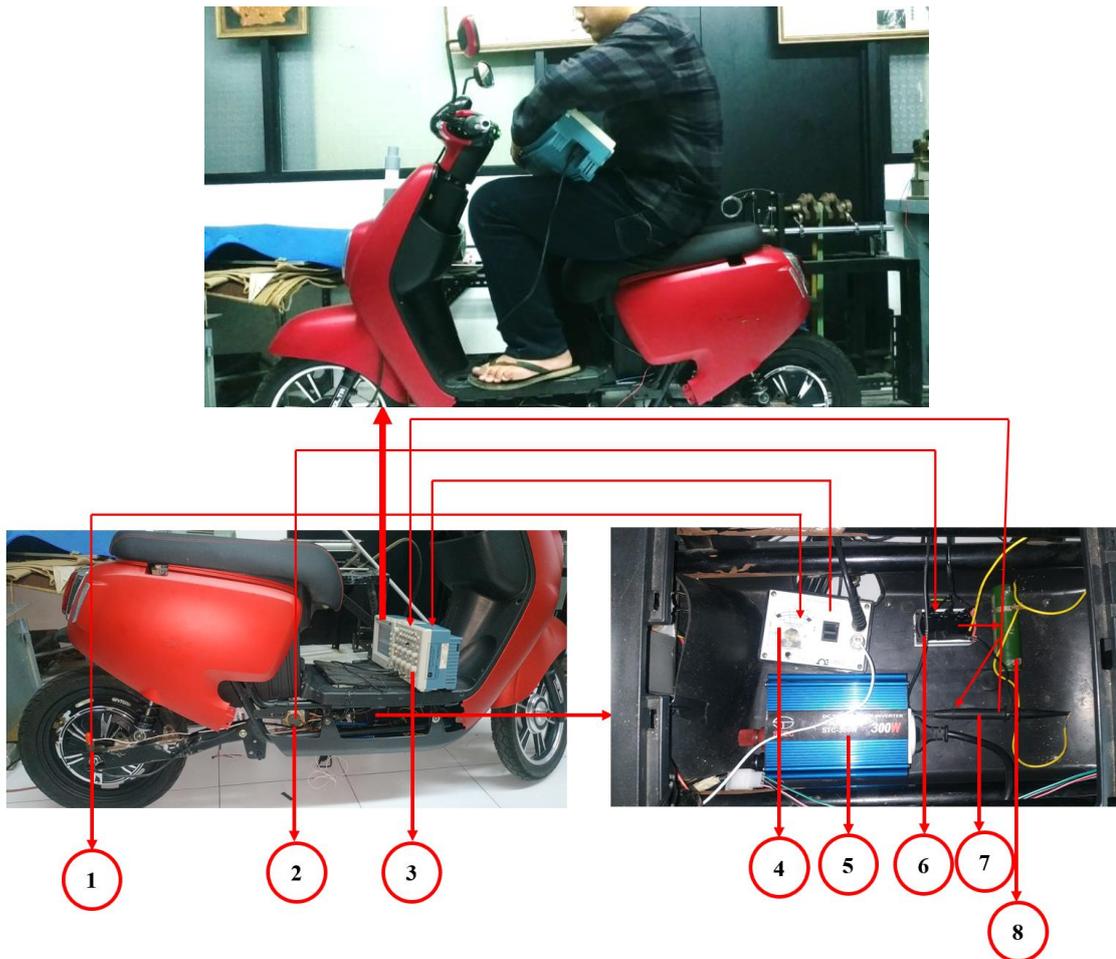
4.2.2 Instalasi Peralatan Pengambilan Data

Setelah *regenerative swing arm* Terpasang pada skuter Volta 302, langkah selanjutnya yaitu melakukan instalasi peralatan pengambilan data. Peralatan pengambilan data yang digunakan terdiri dari *Oscilloscope* Textronik TBS1104, *converter* tegangan DC ke AC,

inverter, *accelerometer*, dan *probe* tegangan. Selain itu terdapat *resistor wirewound* yang diatur untuk memberikan hambatan sebesar 15 ohm untuk menghitung daya bangkitan yang dihasilkan.



Gambar 4.7 Pengukuran Hambatan



Gambar 4.8 Instalasi peralatan pengambilan data

Keterangan :

1. *Accelerometer*
2. *Generator*
3. *Oscilloscope*
4. *Power Supply*
5. *Inverter Ac ke DC*
6. *Dioda 3 fasa*
7. *Probe Tegangan*
8. *Resistor*

Pada saat proses pengambilan data, sebagian peralatan diletakkan dibawah footstep skuter Volta 302. Urutan pemasangan peralatan pengambilan data yang pertama yaitu *Inverter* DC ke AC dihubungkan pada sumber daya dari baterai skuter Volta 302 yang terletak pada port controller. Setelah *Inverter* terhubung, daya dihubungkan ke *oscilloscope*. Selanjutnya channel 2 pada *oscilloscope* dihubungkan pada *power supply* yang telah terhubung pada *accelerometer*. Untuk penempatan *accelerometer* diletakkan di *swing arm* tepat diatas poros roda belakang. Selanjutnya channel 3 *oscilloscope* dihubungkan pada *probe tegangan* yang telah terhubung

dengan dioda 3 fasa. Dioda 3 fasa telah terhubung dengan output dari generator. instalasi peralatan pengambilan data dapat dilihat pada gambar 4.8.

4.2.3 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan di dalam lingkungan kampus ITS Surabaya. Pengambilan data dengan variasi kecepatan 5km/jam, 15km/jam, dan 25 km/jam pada medan jalan yang meliputi jalan aspal, jalan paving, polisi tidur, dan *speedtrap*. Pengambilan data dilakukan oleh satu orang dengan mengendarai skuter elektrik Volta 302 sekaligus mengoperasikan peralatan pengambilan data dan satu orang bertugas untuk mengambil dokumentasi. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian *regenerative swing arm* dan juga sistem suspensi konvensional skuter Volta 302 pada gambar 4.9. Data yang diambil adalah tegangan bangkitan generator dan respon percepatan vertikal pada *swing arm*.



Gambar 4.9 Sistem Suspensi Konvensional Volta 302

Lokasi pengambilan data meliputi jalan aspal yang berada di Jl. Teknik Lansekap , jalan paving yang berada di Jl. T. Arsitektur , polisi tidur yang berada di Jl. Teknik Sipil di depan TK Sepuluh Nopember, dan *speedtrap* yang berada di Jl. Keputih di depan RSGM Nala Husada.

4.3 Analisa Hasil Pengambilan Data

Setelah pengambilan data dilakukan, proses selanjutnya adalah mengolah data yang telah didapatkan. Data yang telah didapatkan diolah dengan memasukkan data yang diperoleh dari *oscilloscope* ke *software* Microsoft excel. Data dari probe tegangan diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan data daya bangkitan. Kemudian data dari *accelerometer* diolah untuk mendapatkan data percepatan. Data yang telah diolah tersebut kemudian dilakukan *smoothing* pada *software* Microsoft excel. Selanjutnya data yang telah *dismoothing* dapat ditampilkan dalam bentuk grafik tegangan bangkitan, grafik daya bangkitan, dan grafik percepatan vertikal pada masing – masing variasi yang dilakukan.

4.3.1 Analisa Tegangan Bangkitan dan Daya *Regenerative swing arm*

Sistem *regenerative swing arm* yang terpasang pada skuter Volta 302 dapat menghasilkan energi dengan memanfaatkan gerakan naik turun *swing arm* yang menghasilkan gerakan rotasional pada *spur gear*. Gerakan rotasional pada *spur gear* dimanfaatkan untuk memutar generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan generator kemudian dicatat oleh osciloscope dan dilakukan pengolahan data pada software Microsoft Excel untuk menghilangkan noise. Untuk mendapatkan daya bangkitan, dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

Keterangan :

$$P = \frac{V^2}{R}$$

P = daya (W)

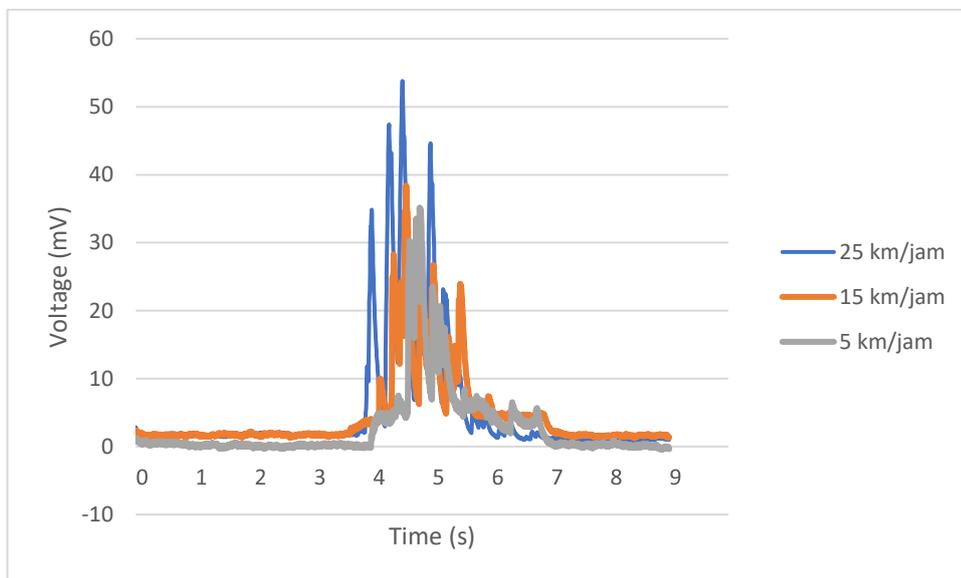
V = Tegangan (V)

R = Hambatan (Ω)

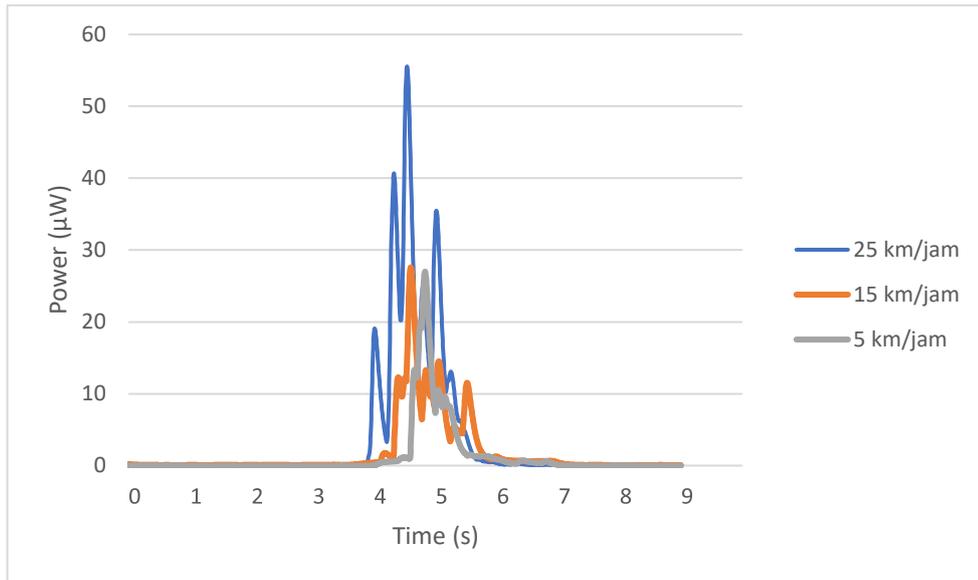
Hambatan yang digunakan sebesar 15 Ohm seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Tegangan dan daya bangkitan yang telah diperoleh dari generator dengan berbagai medan jalan yang dilalui dan variasi kecepatan disajikan di bawah ini.

I. Tegangan, Kuat Arus dan Daya Bangkitan *Regenerative swing arm* Melewati Polisi Tidur

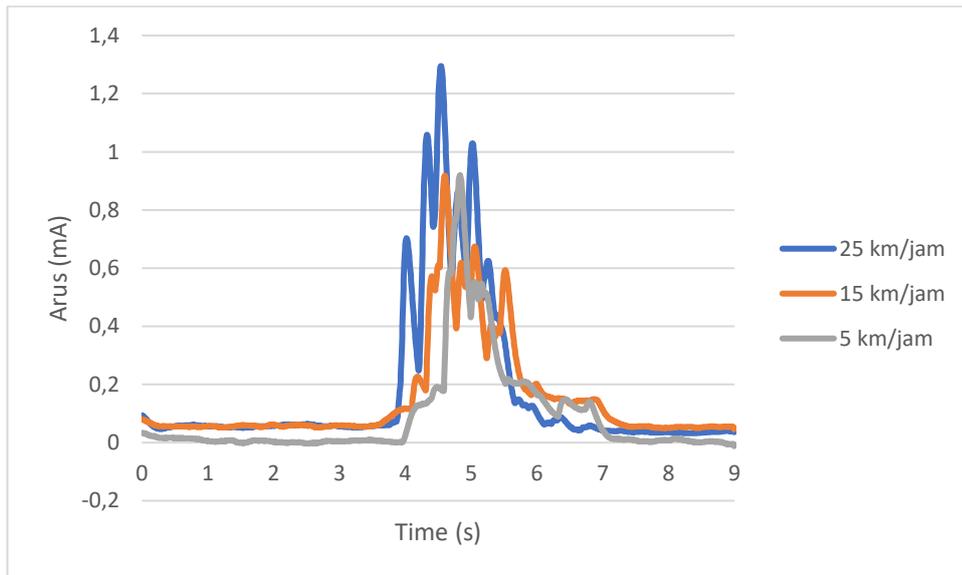
Pengujian pertama dilakukan pada polisi tidur yang terletak di Jl. Teknik Sipil di depan TK Sepuluh Nopember. Pengujian pada polisi tidur ini dilakukan dengan variasi kecepatan sebesar 5 km/jam, 15 km/jam, dan 25 km/jam.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.10 Grafik (a) Tegangan, (b) Daya Bangkitan, (c) Arus *Regenerative swing arm* pada Polisi Tidur

Pada gambar 4.10 (a) dan (b) dapat dilihat bahwa tegangan maksimum yang didapat pada saat skuter Volta 302 dengan *regenerative swing arm* melalui polisi tidur dengan kecepatan 5 km/jam adalah sebesar 35,173 mV dengan daya bangkitan maksimum sebesar 27,002 μ W dan kuat arus maksimum 0,920 mA . Pada grafik 4.11 (a) dan (b) dapat dilihat bahwa lonjakan peningkatan tagangan dan daya bangkitan terjadi saat roda belakang menghentak polisi tidur sehingga membuat gerakan pada *swing arm* menjadi lebih besar. Pada kecepatan 15 km/jam tegangan maksimum yang didapat adalah sebesar 38,393 mV dengan daya bangkitan maksimum sebesar 33,098 μ W dan kuat arus maksimum sebesar 1,101 mA. Selanjutnya tegangan maksimum yang didapatkan pada saat skuter Volta 302 melalui polisi

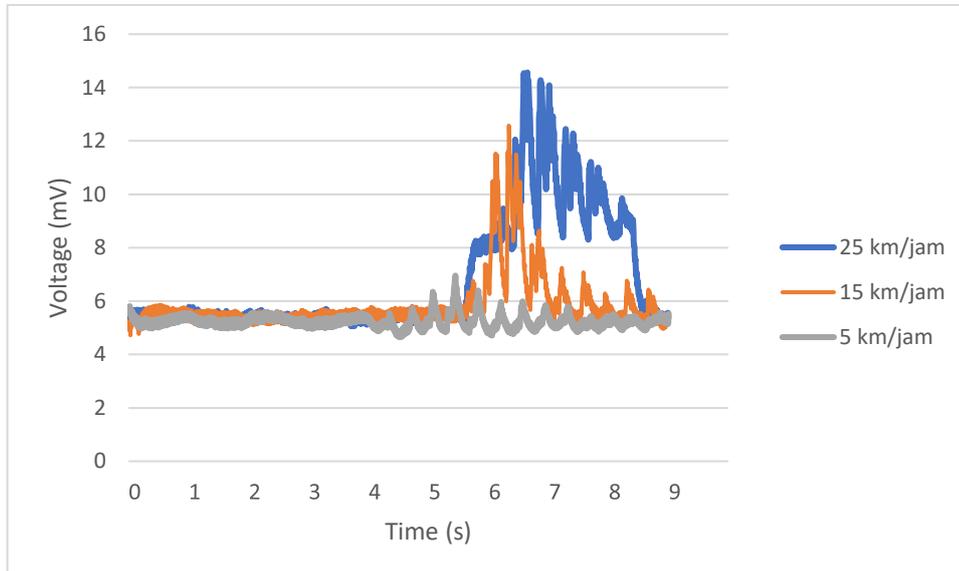
tidur pada kecepatan 25 km/jam adalah sebesar 53,797 mV dengan daya bangkitan maksimum sebesar 55,558 μ W dan kuat arus maksimum sebesar 1,295 mA.

Pada saat melalui polisi tidur, dapat dilihat pada gambar 4.10 (a) dan (b) grafik yang didapatkan tersusun atas sebuah 1 puncak tertinggi dan beberapa puncak kecil. Puncak tertinggi diperoleh ketika roda belakang skuter Volta 302 menghentak polisi tidur. Sedangkan untuk puncak kecil diperoleh ketika roda belakang masih melalui jalan berpaving dan roda depan menghentak polisi tidur sehingga ada gaya pitching yang terjadi pada *frame* skuter Volta 302 yang membuat *swing arm* belakang ikut bergerak namun tidak signifikan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *regenerative swing arm* yang terpasang pada skuter Volta 302 dapat menghasilkan listrik ketika melalui polisi tidur namun dalam waktu yang singkat.

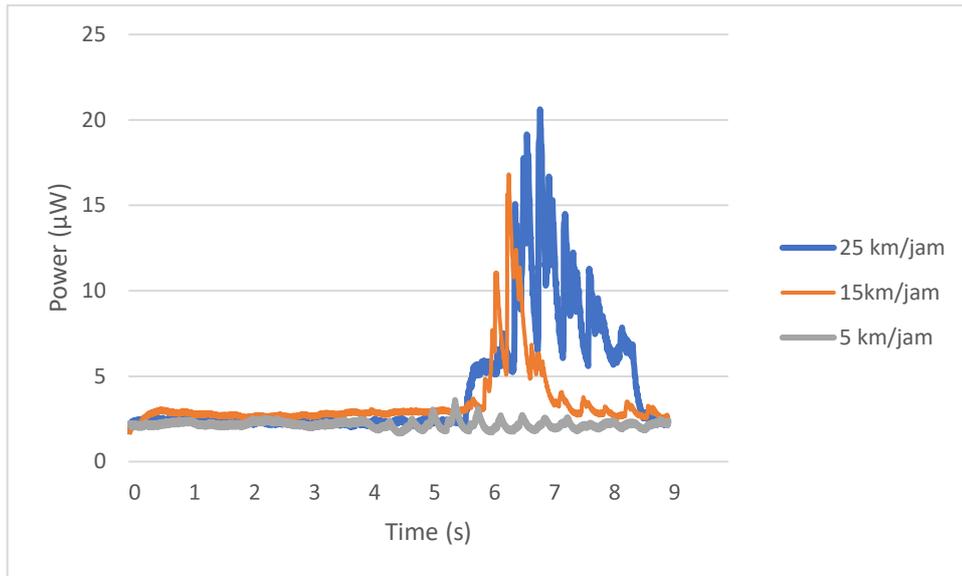
Dengan melihat grafik 4.10 (a) dan (b) dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan maka tegangan dan daya bangkitan yang dihasilkan oleh *regenerative swing arm* yang terpasang pada skuter elektrik Volta 302 yang melalui polisi tidur akan semakin besar. Hal ini terjadi karena semakin besar kecepatan skuter saat melalui polisi tidur maka frekuensi dari *regenerative swing arm* akan semakin meningkat sehingga putaran dari generator akan meningkat dan menghasilkan tegangan dan daya bangkitan yang semakin besar.

II. Tegangan, Kuat Arus dan Daya Bangkitan *Regenerative swing arm* Melewati *Speedtrap*

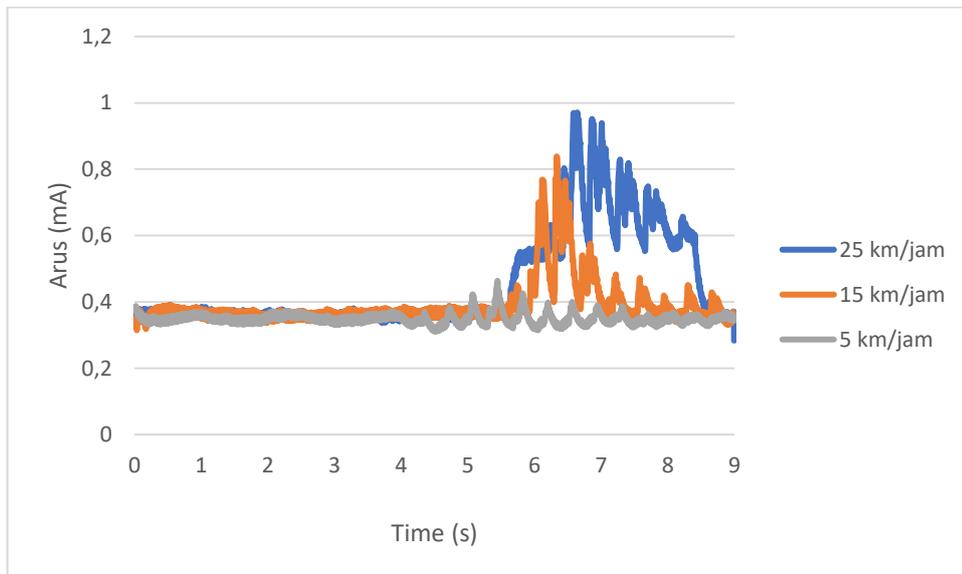
Pengujian berikutnya dilakukan pada *speedtrap* yang berada di Jl. Keputih di depan RSGM Nala Husada. Pengujian pada *speedtrap* dilakukan dengan variasi kecepatan sebesar 5 km/jam, 15 km/jam, dan 25 km/jam.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.11 Grafik (a) Tegangan, (b) Daya Bangkitan, (c) Arus *Regenerative swing arm* pada *Speedtrap*

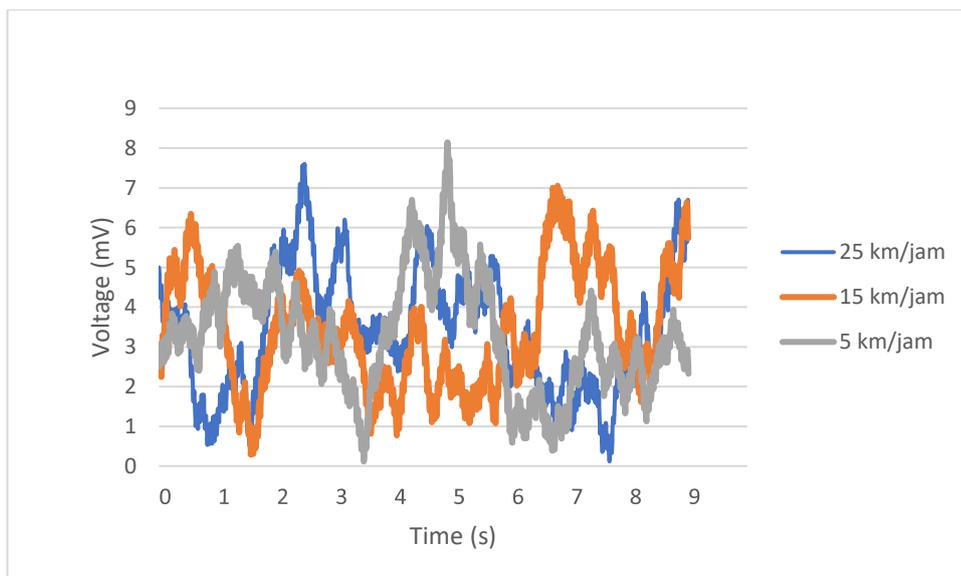
Pada gambar 4.11 (a) dan (b) dapat dilihat bahwa tegangan maksimum yang didapatkan saat *regenerative swing arm* melalui speedtrap dengan kecepatan 5 km/jam adalah sebesar 8,362 mV dengan daya bangkitan maksimal sebesar 3,606 μW dan kuat arus maksimum sebesar 0,463 mA. Kemudian tegangan maksimal yang didapatkan saat *regenerative swing arm* melalui speedtrap dengan kecepatan 15 km/jam adalah sebesar 12,576 mV dengan daya bangkitan maksimal sebesar 16,820 μW dan kuat arus maksimum sebesar 0,838 mA. Selanjutnya untuk kecepatan 25 km/jam *regenerative swing arm* yang melewati *speedtrap* mampu menghasilkan tegangan maksimal sebesar 14,565 mV dengan daya maksimal sebesar 20,624 μW dan kuat arus sebesar 0,971 mA.

Pada saat melewati speedtrap dapat dilihat grafik yang diperoleh cenderung memiliki beberapa puncak yang memiliki ketinggian yang cenderung hampir sama dan berulang. Dengan demikian tegangan yang didapatkan saat melalui speedtrap cenderung konstan pada waktu yang lebih lama jika dibandingkan pada saat melewati polisi tidur dengan puncak yang cenderung singkat. Hal ini terjadi karena speedtrap yang dilalui memiliki empat buah bump sehingga memiliki jarak yang relatif lebih panjang jika dibandingkan dengan polisi tidur. Namun tegangan dan daya yang dihasilkan tidak sebesar tegangan dan daya yang diperoleh saat melalui polisi tidur karena speedtrap yang dilalui hanya terdiri dari bump dengan ketinggian 1,5 cm. Pada saat skuter Volta 302 sebelum melalui speedtrap, tegangan dan daya bangkitan yang dihasilkan sangatlah kecil bahkan mendekati nol, hal ini karena sebelum melewati speedtrap skuter Volta 302 melewati jalan aspal yang halus sehingga tidak menghasilkan getaran yang besar. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa *regenerative swing arm* dapat menghasilkan tegangan dan daya bangkitan yang relatif konstan saat melewati speedtrap dengan jangka waktu yang relatif lebih lama jika dibandingkan pada saat melalui polisi tidur walaupun dengan nilai yang lebih kecil.

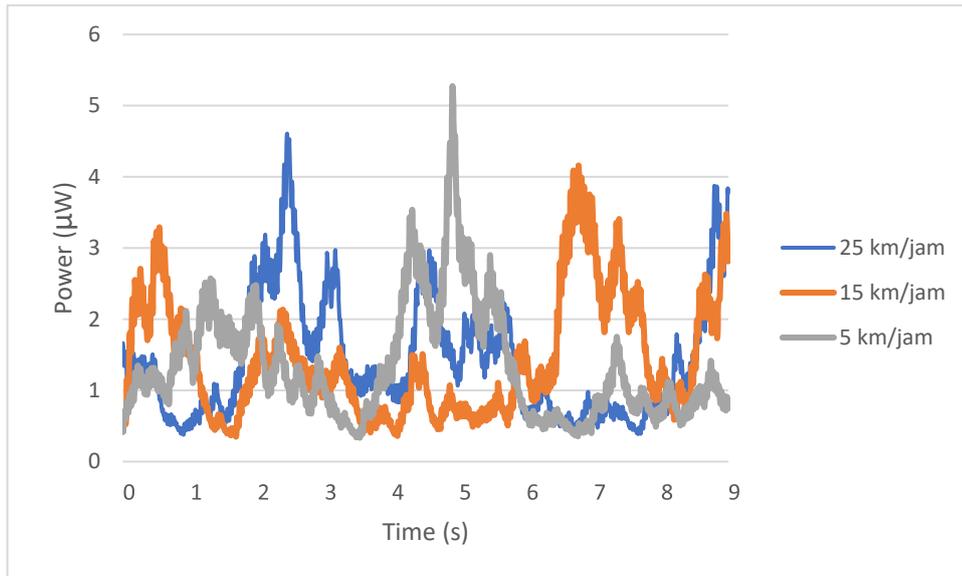
Dengan melihat grafik 4.11 (a) dan (b) dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan maka tegangan dan daya bangkitan yang dihasilkan oleh *regenerative swing arm* yang terpasang pada skuter elektrik Volta 302 yang melalui Speedtrap akan semakin besar. Hal ini terjadi karena semakin besar kecepatan skuter saat melalui polisi tidur maka frekuensi dari *regenerative swing arm* akan semakin meningkat sehingga putaran dari generator akan meningkat dan menghasilkan tegangan dan daya bangkitan yang semakin besar.

III. Tegangan, Kuat Arus dan Daya Bangkitan *Regenerative swing arm* Melewati Jalan Aspal

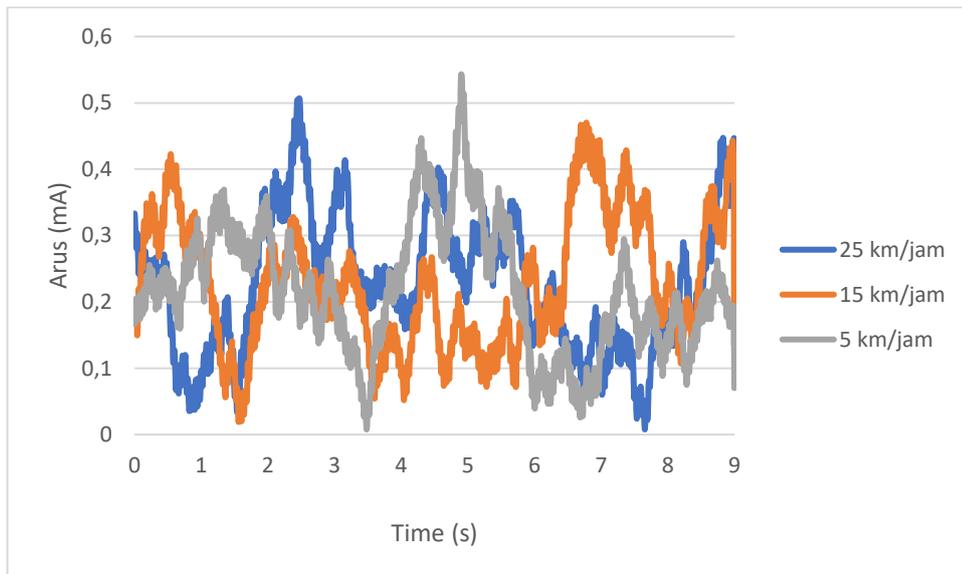
Pengujian berikutnya dilakukan pada jalan aspal yang berada di Jl. Teknik Lansekap. Pengujian pada jalan aspal ini dilakukan dengan variasi kecepatan sebesar 5 km/jam, 15 km/jam, dan 25 km/jam.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.12 Grafik (a) Tegangan, dan (b) Daya Bangkitan, (c) Arus *Regenerative swing arm* pada Jalan Aspal

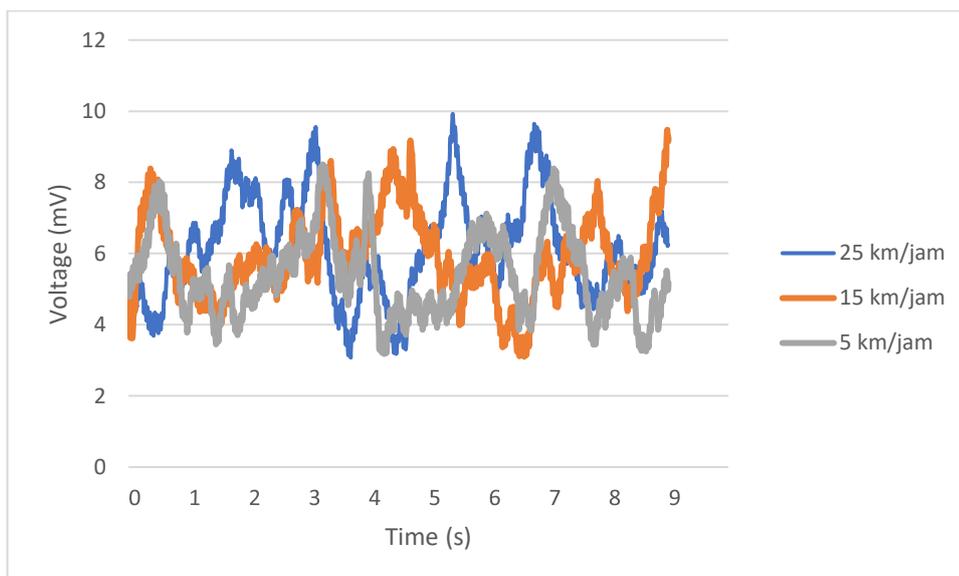
Pada gambar 4.12 (a) dan (b) dapat dilihat bahwa tegangan maksimum yang didapatkan saat *regenerative swing arm* melalui jalan aspal dengan kecepatan 5 km/jam adalah sebesar 8,143 mV dengan daya bangkitan maksimal sebesar 5,275 μ W dan kuat arus maksimum sebesar 0,542 mA. Kemudian tegangan maksimal yang didapatkan saat *regenerative swing arm* melalui jalan aspal dengan kecepatan 15 km/jam adalah sebesar 7,053 mV dengan daya bangkitan maksimal sebesar 4,161 μ W dan kuat arus maksimum sebesar 0,470 mA. Selanjutnya untuk kecepatan 25 km/jam *regenerative swing arm* yang melewati jalan aspal mampu menghasilkan tegangan maksimal sebesar 7,603818 mV dengan daya maksimal sebesar 4,608 μ W dan kuat arus maksimum sebesar 0,506 mA.

Dari grafik tegangan dan daya bangkitan yang dihasilkan saat *regenerative swing arm* melalui jalan aspal dapat dilihat bahwa pola daya bangkitan yang dihasilkan tidak stabil. Hal ini disebabkan karena kontur jalan yang dilalui berbeda. Ada beberapa titik lonjakan pada grafik yang menandakan skuter Volta 302 sedang menghentak jalan aspal pada permukaan yang ditambal. Akan tetapi, nilai yang dihasilkan cenderung sangatlah kecil karena permukaan aspal cenderung sangat halus sehingga sedikit sekali getaran yang dihasilkan.

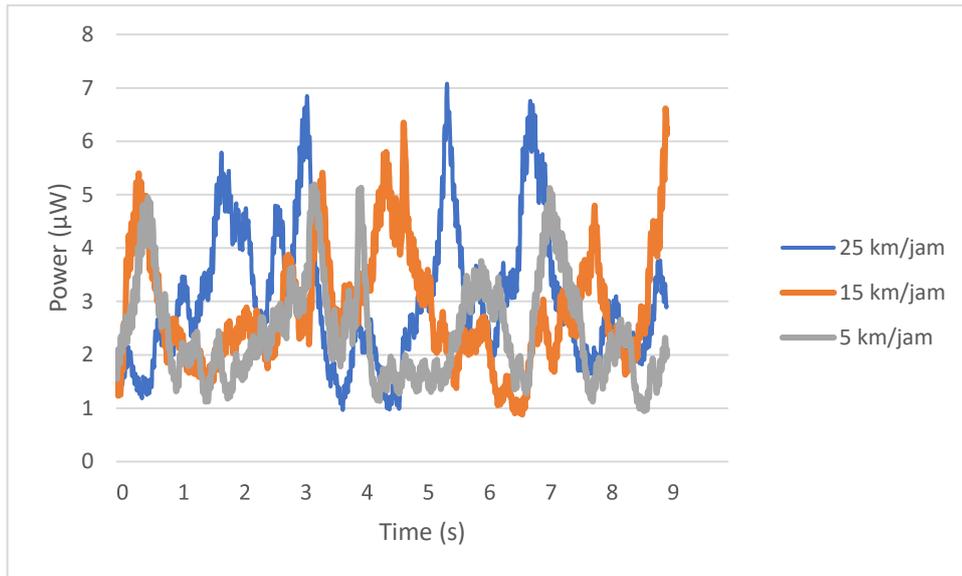
Dari grafik 4.12 (a), dan (b) dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan skuter Volta 302 saat melalui jalan aspal, maka tegangan dan daya bangkitan yang dihasilkan semakin besar. Hal ini terjadi karena semakin tinggi kecepatan maka frekuensi yang dihasilkan akan semakin tinggi pula. Dibeberapa titik dapat dilihat bahwa tegangan dan daya bangkitan yang dihasilkan lebih besar pada kecepatan yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan ada permukaan jalan aspal yang tidak rata akibat adanya beberapa tambalan dan jalan berlubang di beberapa titik.

IV. Tegangan, Kuat Arus dan Daya Bangkitan *Regenerative swing arm* Melewati Jalan Paving

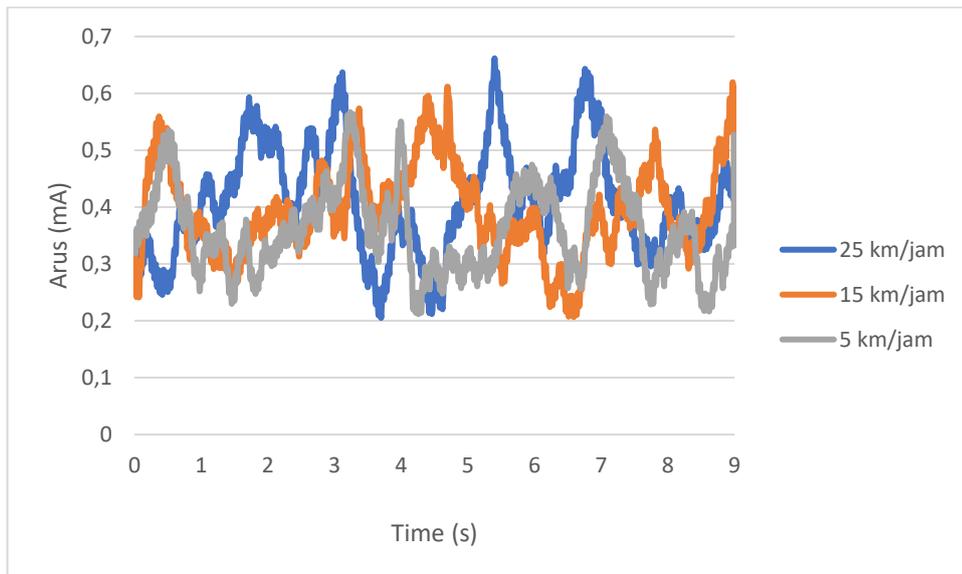
Pengujian berikutnya dilakukan pada jalan paving yang berada di Jl. T. .Arsitektur Pengujian pada jalan paving ini dilakukan dengan variasi kecepatan sebesar 5 km/jam, 15 km/jam, dan 25 km/jam.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.13 Grafik (a) Tegangan, dan (b) Daya Bangkitan, (c) Arus *Regenerative swing arm* pada Jalan Paving

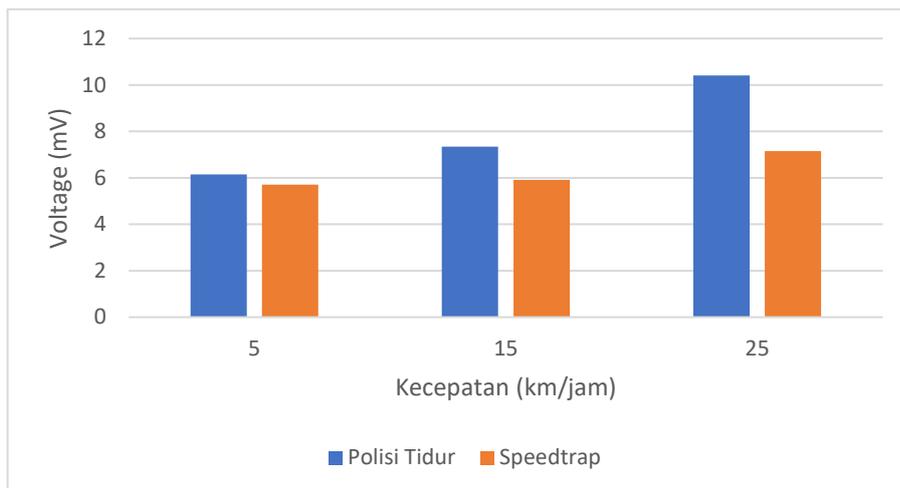
Pada gambar 4.13 (a) dan (b) dapat dilihat bahwa tegangan maksimum yang didapatkan saat *regenerative swing arm* melalui jalan paving dengan kecepatan 5 km/jam adalah sebesar 8,50475 mV dengan daya bangkitan maksimal sebesar 5,192086 μ W dan kuat arus maksimum sebesar 0,566 mA. Kemudian tegangan maksimal yang didapatkan saat *regenerative swing arm* melalui jalan paving dengan kecepatan 15 km/jam adalah sebesar 9,478 mV dengan daya bangkitan maksimal sebesar 6,615 μ W dan kuat arus maksimum sebesar 0,619578 mA. Selanjutnya untuk kecepatan 25 km/jam *regenerative swing arm* yang melewati jalan paving mampu menghasilkan tegangan maksimal sebesar 9,924 mV dengan daya maksimal sebesar 7,079 μ W dan kuat arus sebesar 0,661 mA.

Dari gambar 4.13 (a) dan (b), dapat diamati bahwa grafik yang terbentuk tidak berpola seperti grafik yang didapatkan saat skuter Volta 302 dengan *regenerative swing arm* melalui polisi tidur maupun speedtrap. Hal ini dikarenakan kontur jalan paving yang dilalui tidak menentu seperti adanya lubang, pemasangan paving yang tidak rata dan kontur tanah yang bergelombang. Pada gambar 4.13 (a) dan (b) dapat dilihat bahwa pada kecepatan 25 dan 15 terjadi lonjakan tegangan dikarenakan skuter Volta 302 melalui jalan yang memiliki perbedaan kontur. Hal lain yang menyebabkan perbedaan bentuk grafik tegangan adalah ketika proses pengambilan data jalan yang dilalui tidak seratus persen sama. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, pada pengambilan data di medan jalan paving tegangan dan daya bangkitan sangat bergantung pada kondisi jalan yang dilalui.

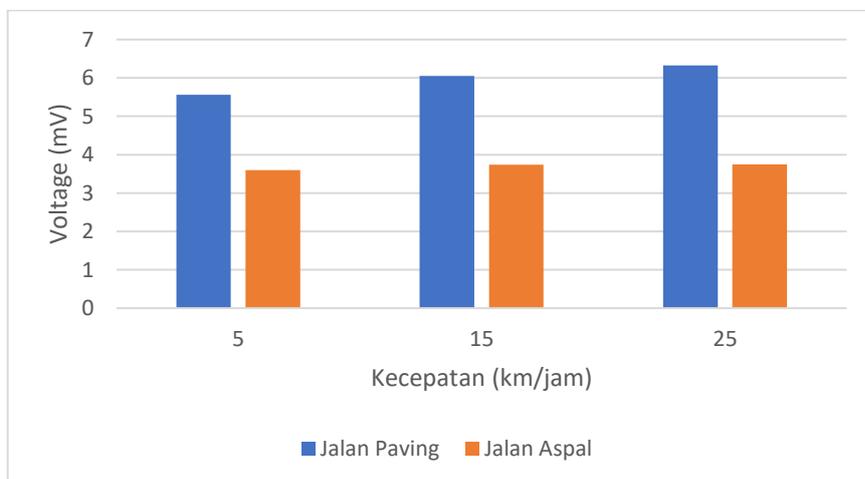
Dari kedua gambar diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan skuter Volta 302 saat melalui jalan paving, maka tegangan dan daya bangkitan yang dihasilkan semakin besar. Hal ini terjadi karena semakin tinggi kecepatan maka frekuensi yang dihasilkan akan semakin tinggi pula. Dibeberapa titik dapat dilihat bahwa tegangan dan daya bangkitan yang dihasilkan lebih besar pada kecepatan yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan ada permukaan jalan paving yang tidak rata akibat adanya perbedaan kontur yang tidak menentu.

Tabel 4.1 Tabel RMS Tegangan, Kuat Arus dan Daya Bangkitan *Regenerative Swing Arm*

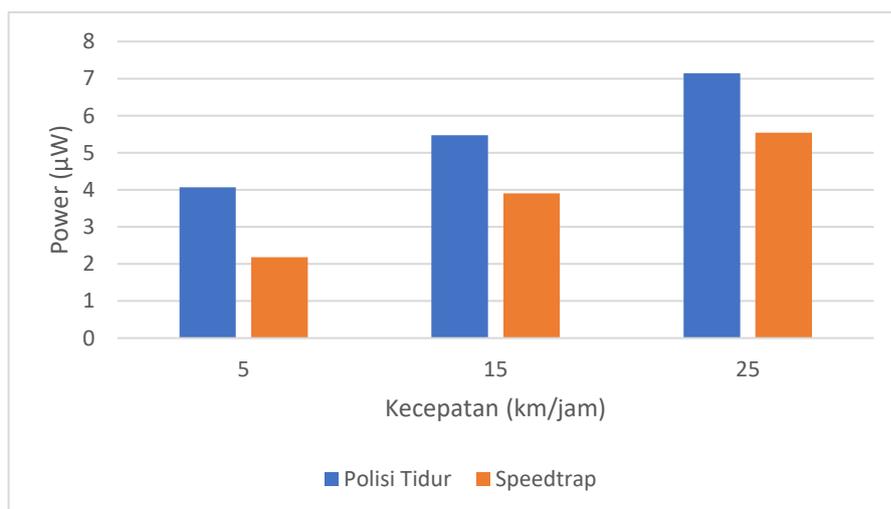
| NO | JALAN | KECEPATAN (km/jam) | TEGANGAN (mV) | DAYA (μ W) | ARUS (mA) |
|----|------------------|-----------------------|------------------|--------------------|--------------|
| 1 | Polisi Tidur | 5 | 6,147699 | 4,068842 | 0,409861 |
| | | 15 | 7,344479 | 5,469483 | 0,48964 |
| | | 25 | 10,40961 | 6,607792 | 0,693981 |
| 2 | <i>Speedtrap</i> | 5 | 5,70841 | 2,181649 | 0,349632 |
| | | 15 | 5,91976 | 3,905901 | 0,39465 |
| | | 25 | 7,14598 | 5,54103 | 0,476376 |
| 3 | Jalan Aspal | 5 | 3,599159 | 1,563861 | 0,239928 |
| | | 15 | 3,736519 | 1,649175 | 0,249449 |
| | | 25 | 3,743446 | 1,662732 | 0,249067 |
| 4 | Jalan Paving | 5 | 5,560148 | 2,613812 | 0,370772 |
| | | 15 | 6,054735 | 3,037095 | 0,403476 |
| | | 25 | 6,324871 | 3,320845 | 0,421682 |



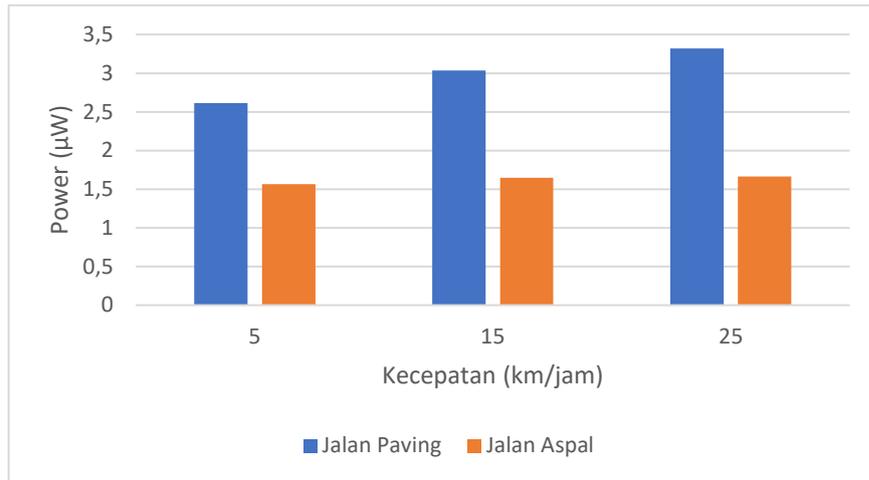
(a)



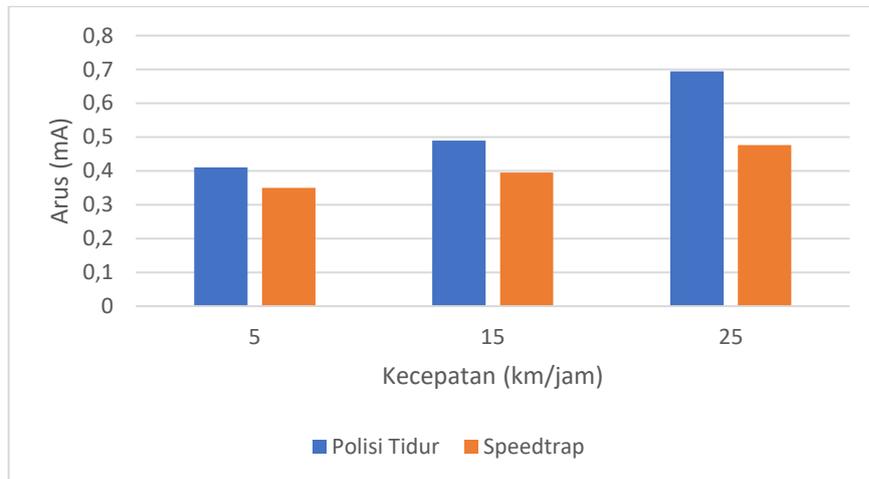
(b)



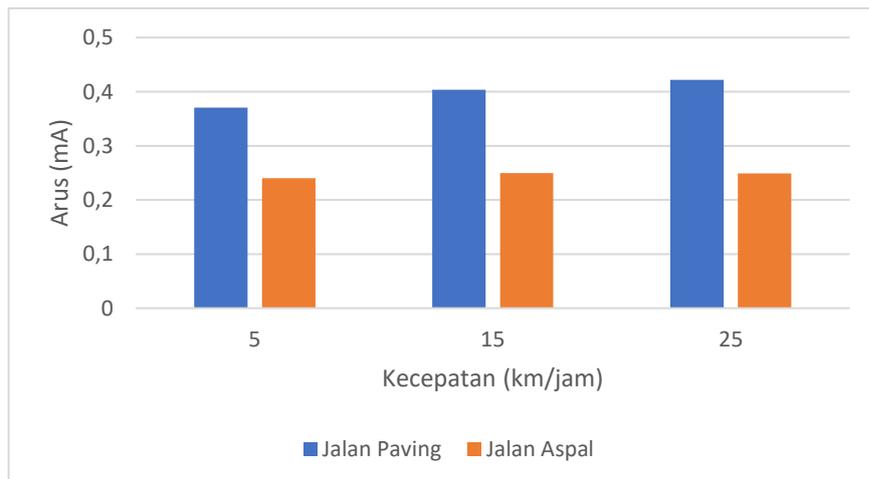
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 4.14 Grafik RMS Tegangan (a) Polisi Tidur dan *Speedtrap*, (b) Jalan Paving dan Jalan Aspal. Daya Bangkitan (c) Polisi Tidur dan *Speedtrap*, (d) Jalan Paving dan Jalan Aspal. Kuat Arus (e) Polisi Tidur dan *Speedtrap*, (f) Jalan Paving dan Jalan Aspal.

Dari Tabel 4.1 diatas, RMS daya bangkitan terbesar didapatkan saat skuter Volta 302 dengan *regenerative swing arm* melewati polisi tidur dengan kecepatan 25 km/jam yaitu sebesar 6,607 μ W. Hal ini dipengaruhi oleh kecepatan kendaraan yang sangat tinggi dan juga bump pada polisi tidur yang tinggi sehingga didapatkan daya bangkitan yang besar. Selanjutnya, RMS daya bangkitan terkecil didapatkan saat skuter Volta 302 melewati jalan aspal pada kecepatan 5 km/jam yaitu sebesar 1,563 μ W. Hal ini dikarenakan jalan aspal yang cenderung paling halus jika dibandingkan dengan jalan paving, speedtrap maupun polisi tidur.

Pada tabel 4.1 (a), (c), dan (e) dapat dilihat bahwa nilai voltase, daya, dan kuat arus saat skuter Volta 302 melalui polisi tidur lebih besar jika dibandingkan saat melalui *speedtrap*. Hal ini karena bump pada polisi tidur yang lebih tinggi dari bump pada *speedtrap* sehingga nilai eksitasi jalan yang ditangkap oleh sistem RSA menjadi lebih besar sehingga frekuensi juga akan meningkat sehingga putaran dari generator juga akan meningkat dan akan menghasilkan energi bangkitan yang lebih besar. Hal demikian juga terjadi pada tabel 4.1 (b), (d), dan (f) dimana nilai voltase, daya, dan kuat arus dari jalan paving lebih besar juga jika dibandingkan dengan jalan aspal. Hal ini dikarenakan, kontur jalan paving yang lebih tidak beraturan seperti adanya lubang, pemasangan paving yang tidak rata, dan kontur tanah yang bergelombang.

Dari keempat tabel RMS pada masing – masing perbedaan variasi jalan sebagian besar menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan kendaraan maka RMS tegangan yang dihasilkan semakin besar. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kecepatan kendaraan mempengaruhi besar kecilnya tegangan maupun daya bangkitan yang dihasilkan. Hal ini dapat terjadi karena semakin besar kecepatan maka gerak relatif antara badan kendaraan dan roda belakang makin besar dan apabila kecepatan makin tinggi frekuensi juga meningkat. Dengan meningkatnya frekuensi maka kecepatan putaran pada generator juga akan meningkat sehingga menghasilkan tegangan bangkitan yang lebih besar juga. Hal ini sesuai dengan teori dimana $f = \frac{v}{\lambda}$, apabila kecepatan semakin besar, maka frekuensi eksitasi yang dihasilkan juga akan semakin besar. Selanjutnya dari persamaan $f = 2\pi\omega$, dapat dianalisa bahwa semakin besar nilai frekuensi maka kecepatan anguler dari *spur gear* juga semakin besar. Sehingga putaran dari generator akan meningkat dan menghasilkan daya lebih besar.

Hasil daya bangkitan, tegangan dan kuat arus dari system RSA pada swing arm ini juga terbilang sangat kecil dikarenakan untuk memutar generator, diperlukan putaran dari swing arm. Swing arm berputar sesuai dengan gerak relatif antara bodi kendaraan dan roda dimana dari gerak relatif tersebut disalurkan ke swing arm sepanjang 330cm membuat putaran menuju generator tidak banyak. Konfigurasi roda gigi yang digunakan sudah tidak bisa dirubah karena pengaruh geometri dan sistem dari one way bearing yang digunakan.

4.3.2 Analisa Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302 Antara Sistem Suspensi Konvensional dan *Regenerative swing arm*

Pada sub bab 4.3.2 ini akan dibahas perbandingan respon percepatan vertikal skuter volta 302 antara sistem suspensi konvensional dan *regenerative swing arm* pada masing – masing variasi jalan yang dilalui. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan karakteristik pada masing – masing variasi kecepatan. Respon percepatan vertikal dengan sistem suspensi konvensional didapatkan dari data *accelerometer* yang dipasang pada *swing*

arm konvensional volta 302 tepatnya diatas poros roda belakang. Sedangkan untuk respon percepatan *regenerative swing arm* didapatkan dari data *accelerometer* yang dipasang pada *swing arm* tepatnya diatas poros roda belakang. Data dari *accelerometer* dikirim menuju inverter untuk memperkuat sinyal sehingga dapat dibaca oleh oscilloscope. Data yang terbaca oleh *accelerometer* berupa nilai voltase, sehingga data yang didapat perlu diolah kembali dengan menggunakan *software* Microsoft Excel untuk mendapatkan grafik respon percepatan. Untuk mengkonversi data tegangan dari *accelerometer* menjadi percepatan vertikal dapat dicari dengan rumus sebagai berikut.

$$\ddot{x} = G \frac{g}{10mV \times \text{Perbesaran}}$$

Keterangan :

\ddot{x} = Percepatan Vertikal (m/s²)

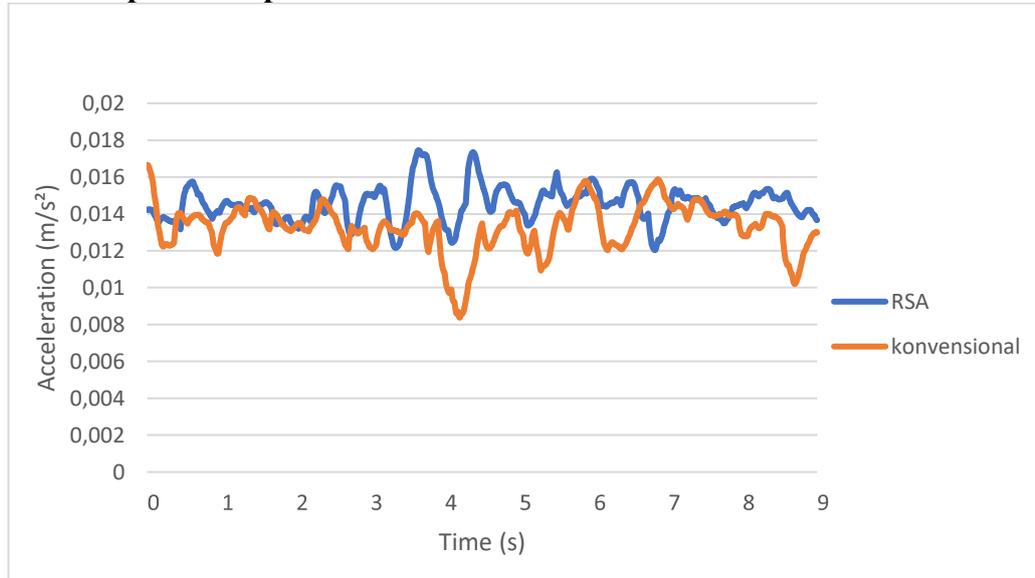
G = Tegangan dari *accelerometer*

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

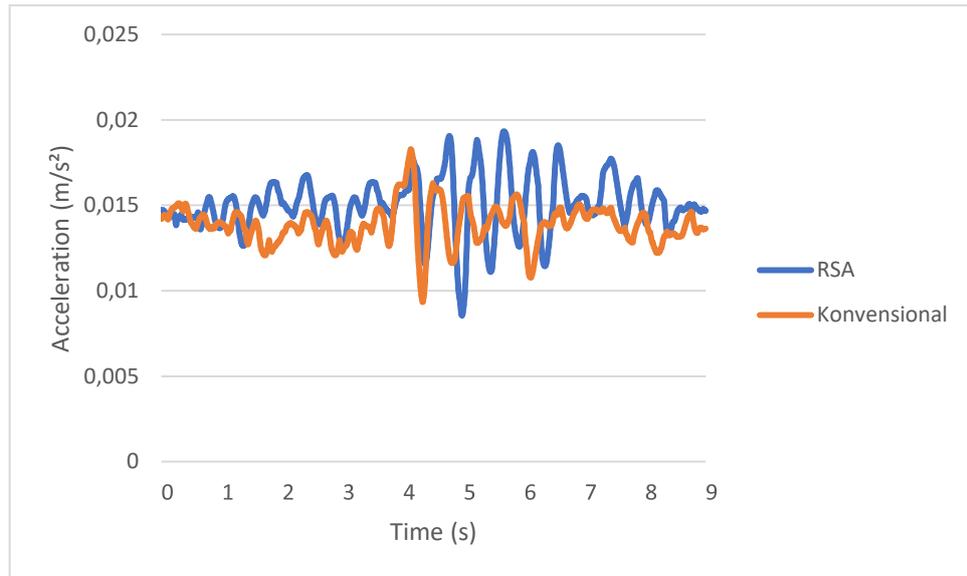
Nilai G didapat dari data yang tercantum dalam excel dikalikan dengan skala pembacaan pada oscilloscope. Sebagai contoh jika data yang diperoleh dari oscilloscope adalah 0,234 dengan skala pembacaan oscilloscope sebesar 50mV maka nilai G = 0,234 X 50mV.

Berikut ini merupakan grafik perbandingan percepatan vertikal dari skuter Volta 302 saat menggunakan sistem suspensi konvensional dan *regenerative swing arm* dengan beberapa variasi jalan dan kecepatan.

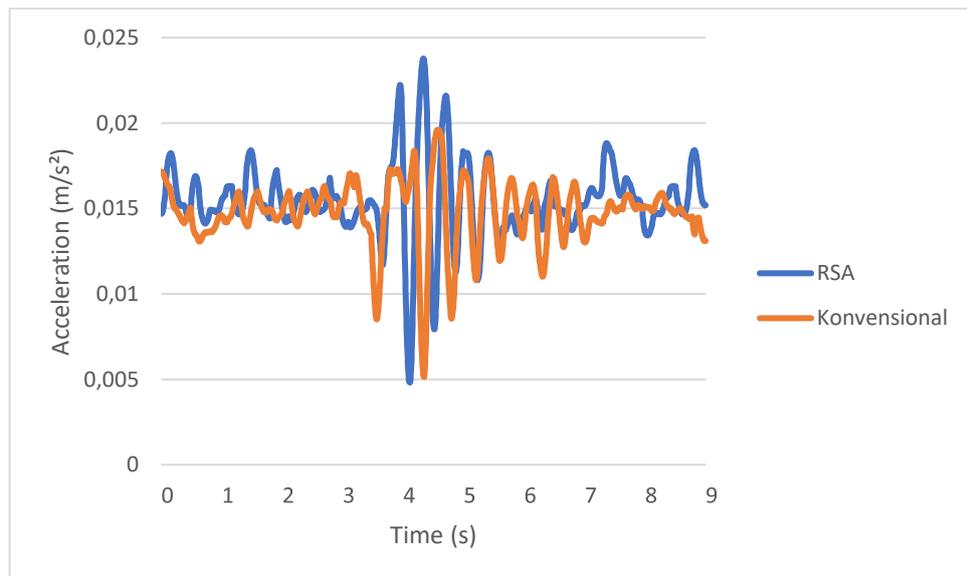
I. Analisa Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302 Saat Melalui Polisi Tidur



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302 antara Sistem Suspensi Konvensional dan *Regenerative swing arm* Saat Melalui Polisi Tidur dengan Kecepatan (a) 5 km/jam, (b) 15 km/jam, (c) 25 km/jam.

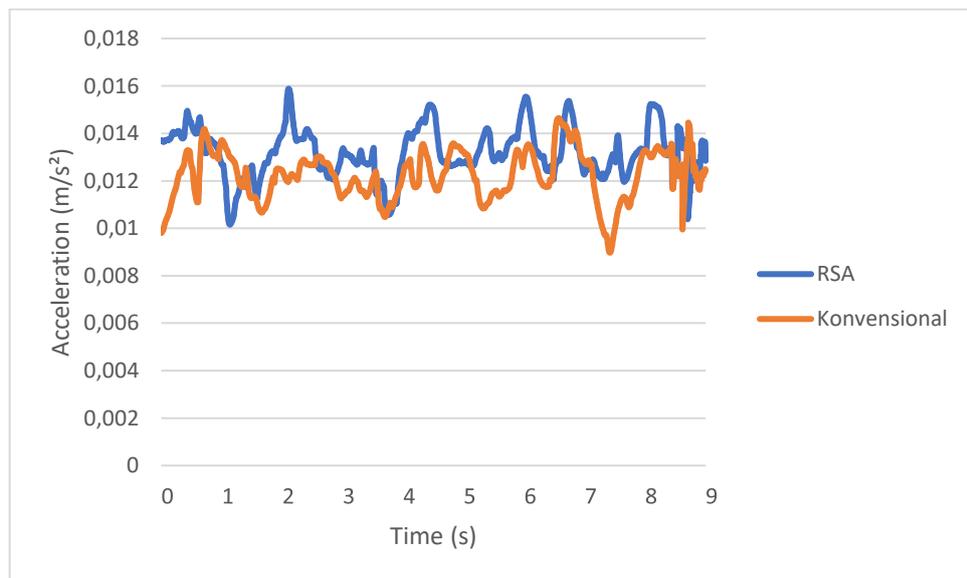
Dari gambar 4.15 (a) diatas dapat dilihat bahwa nilai percepatan maksimal skuter Volta 302 saat melalui polisi tidur dengan *regenerative swing arm* pada kecepatan 5 km/jam adalah sebesar $0,017457 \text{ m/s}^2$ sedangkan dengan sistem suspensi konvensional didapatkan nilai percepatan vertikal maksimal sebesar $0,015875 \text{ m/s}^2$. Kemudian dari gambar 4.15 (b) diatas dapat dilihat bahwa nilai percepatan maksimal skuter Volta 302 saat melalui polisi tidur dengan *regenerative swing arm* pada kecepatan 15 km/jam adalah sebesar $0,019335 \text{ m/s}^2$ sedangkan dengan sistem suspensi konvensional didapatkan nilai percepatan vertikal maksimal sebesar $0,018292 \text{ m/s}^2$. Selanjutnya dari gambar 4.15 (c) diatas dapat dilihat bahwa nilai percepatan maksimal skuter Volta 302 saat melalui polisi tidur dengan *regenerative swing arm* pada

kecepatan 25 km/jam adalah sebesar $0,023782 \text{ m/s}^2$ sedangkan dengan sistem suspensi konvensional didapatkan nilai percepatan vertikal maksimal sebesar $0,019612 \text{ m/s}^2$. Dari ketiga grafik diatas, besarnya nilai percepatan vertikal maksimum dari RSA sekitar 1,2 kali dari sistem suspensi konvensional skuter Volta 302

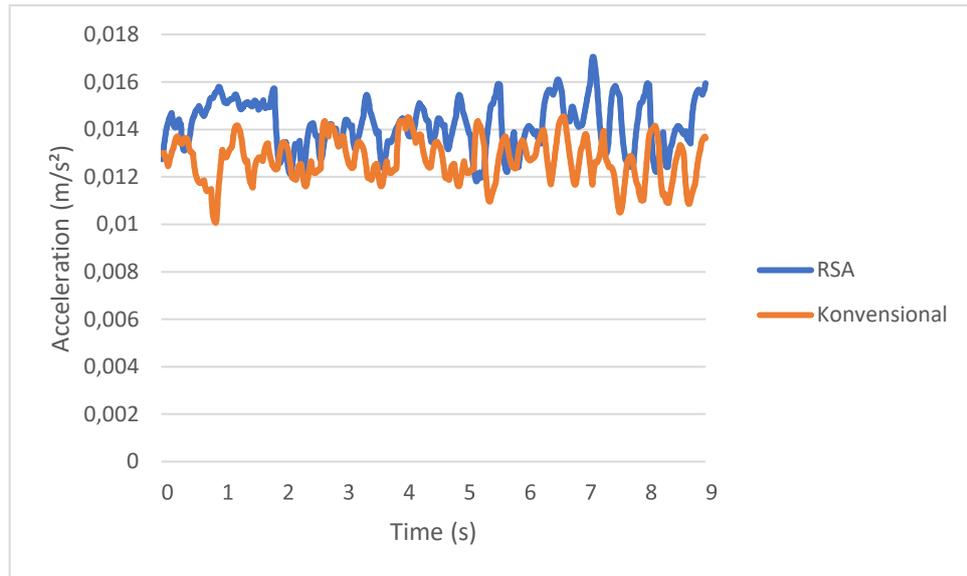
Dapat diamati dari ketiga grafik diatas bahwa besarnya nilai percepatan vertikal meningkat seiring dengan bertambahnya nilai kecepatan skuter Volta 302. Hal ini dikarenakan ketika kecepatan meningkat maka gerakan naik turun dari *swing arm* akan semakin meningkat pula. Kemudian untuk jenis suspensi dapat diamati bahwa pada setiap variasi kecepatan yang dilakukan, nilai percepatan maksimum dari RSA lebih besar jika dibandingkan dengan sistem suspensi konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa sistem suspensi konvensional lebih mampu meredam getaran dari medan jalan jika dibandingkan dengan RSA.

Saat melewati polisi tidur terdapat lonjakan yang tinggi pada grafik saat skuter Volta 302 melewati polisi tidur dengan *bump* yang tinggi. Selain itu sebelum dan sesudah lonjakan itu terdapat lonjakan grafik kecil yang disebabkan kontur jalan paving yang tidak rata.

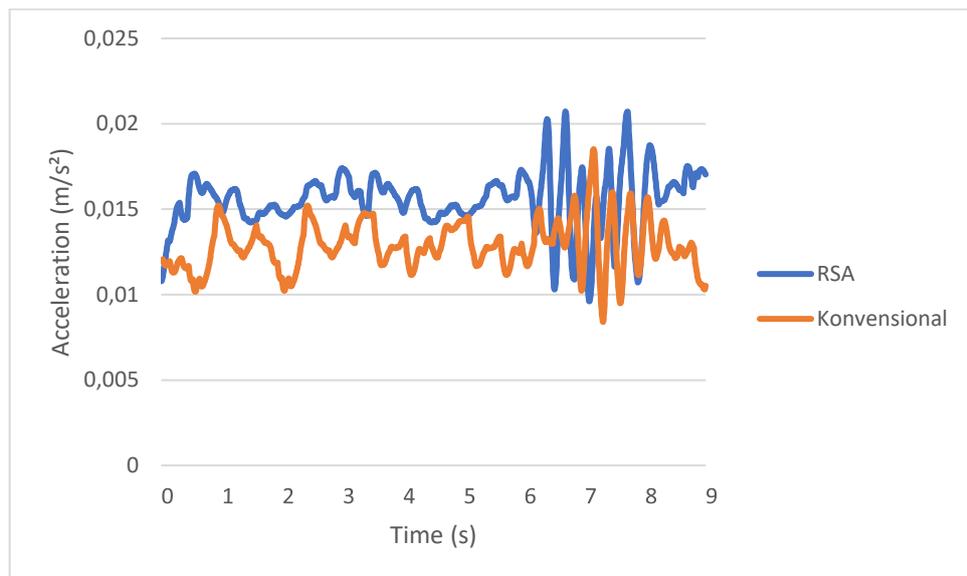
II. Analisa Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302 Saat Melalui *Speedtrap*



(a)



(b)



(c)

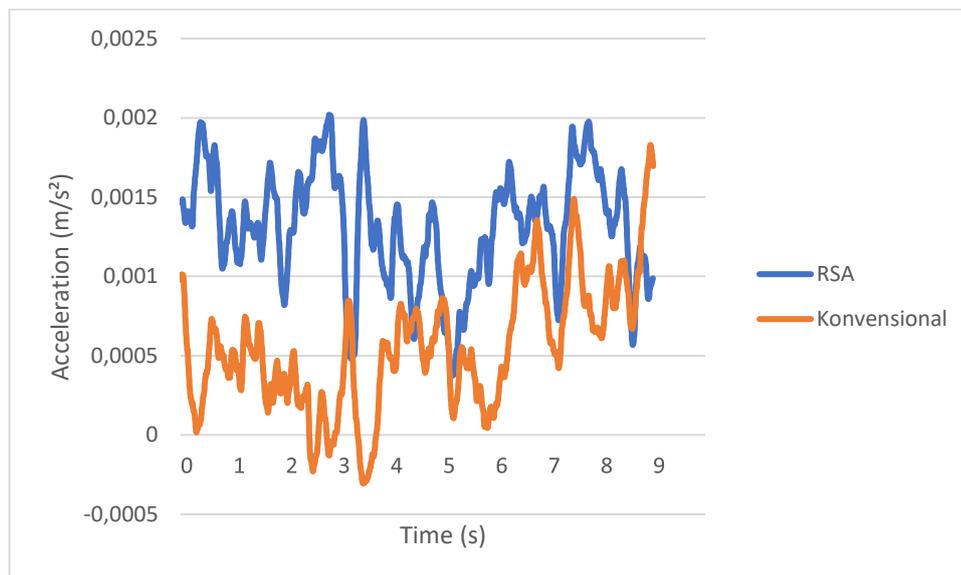
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302 antara Sistem Suspensi Konvensional dan *Regenerative swing arm* Saat Melalui *Speedtrap* dengan Kecepatan (a) 5 km/jam, (b) 15 km/jam, (c) 25 km/jam.

Dari gambar 4.16 (a) diatas dapat dilihat bahwa nilai percepatan maksimal skuter Volta 302 saat melalui *speedtrap* dengan *regenerative swing arm* pada kecepatan 5 km/jam adalah sebesar $0,015888 m/s^2$ sedangkan dengan sistem suspensi konvensional didapatkan nilai percepatan vertikal maksimal sebesar $0,014642 m/s^2$. Kemudian dari gambar 4.16 (b) diatas dapat dilihat bahwa nilai percepatan maksimal skuter Volta 302 saat melalui *speedtrap* dengan *regenerative swing arm* pada kecepatan 15 km/jam adalah sebesar $0,017063 m/s^2$ sedangkan dengan sistem suspensi konvensional didapatkan nilai percepatan vertikal maksimal sebesar $0,014553 m/s^2$. Selanjutnya dari gambar 4.16 (c) diatas dapat dilihat bahwa nilai percepatan

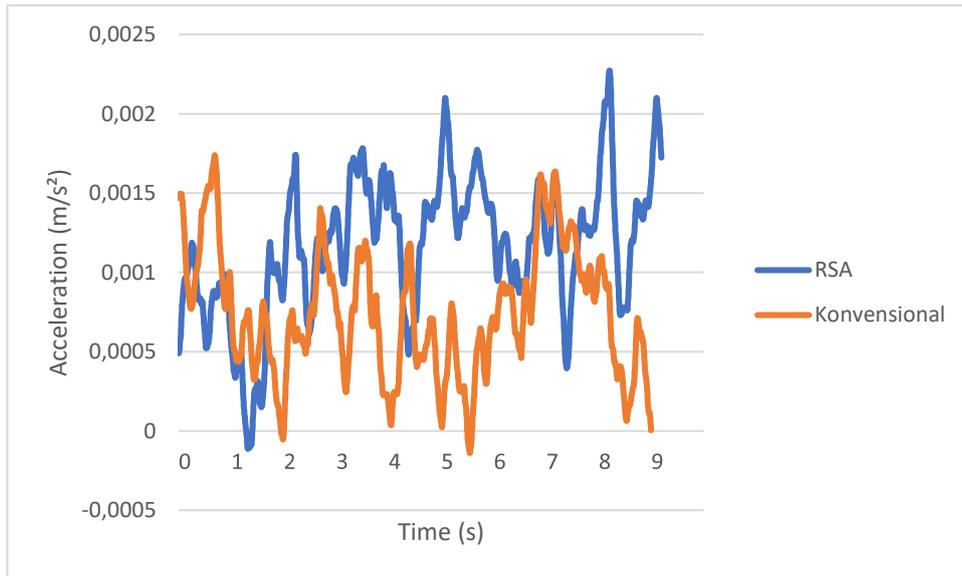
maksimal skuter Volta 302 saat melalui *speedtrap* dengan *regenerative swing arm* pada kecepatan 25 km/jam adalah sebesar 0,020725 m/s² sedangkan dengan sistem suspensi konvensional didapatkan nilai percepatan vertikal maksimal sebesar 0,018516 m/s². Dari ketiga grafik dapat diamati bahwa besarnya nilai percepatan vertikal maksimum dari RSA adalah sekitar 1,2 kali dari sistem suspensi konvensional.

Dari grafik pada gambar 4.16 diatas dapat dilihat bahwa pada setiap variasi kecepatan RSA memiliki percepatan vertikal maksimum yang lebih besar. Hal tersebut menandakan bahwa RSA tidak bisa meredam getaran sebaik sistem suspensi konvensional. Kemudian seiring dengan peningkatan kecepatan, maka respon percepatan vertikal pada kedua jenis sistem suspensi juga ikut meningkat. Hal itu disebabkan karena semakin tinggi kecepatan maka semakin cepat gerakan naik turun swingarm yang membuat respon percepatan vertikal juga meningkat.

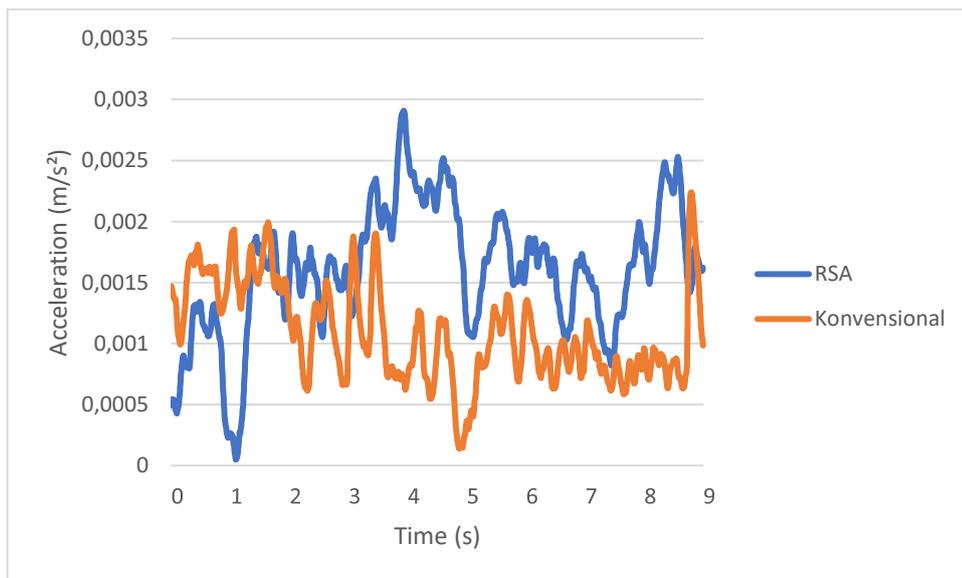
III. Analisa Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302 Saat Melalui Jalan Aspal



(a)



(b)



(c)

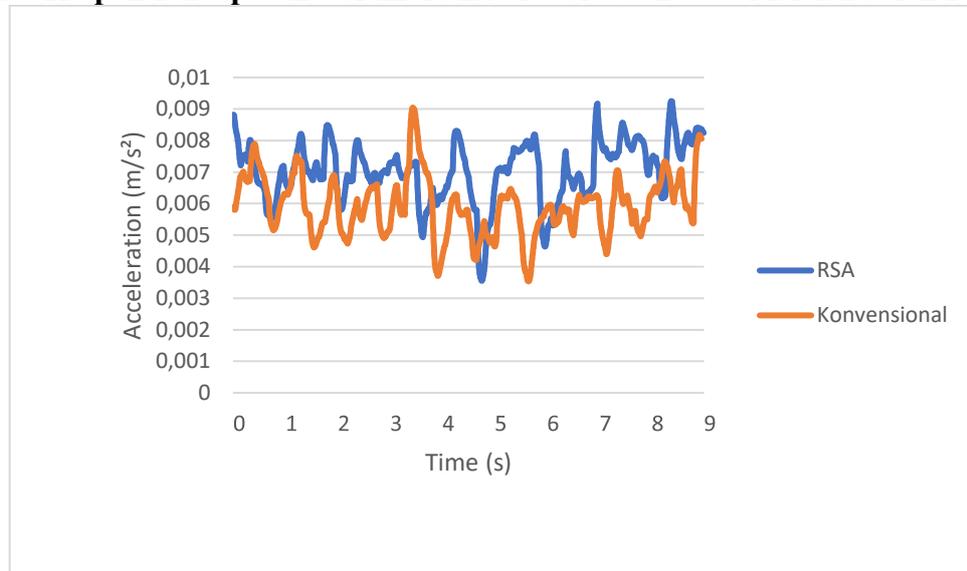
Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302 antara Sistem Suspensi Konvensional dan *Regenerative swing arm* Saat Melalui Jalan Aspal dengan Kecepatan (a) 5 km/jam, (b) 15 km/jam, (c) 25 km/jam.

Dari gambar 4.17 (a) diatas dapat dilihat bahwa nilai percepatan maksimal skuter Volta 302 saat melalui jalan aspal dengan *regenerative swing arm* pada kecepatan 5 km/jam adalah sebesar 0,00196 m/s² sedangkan dengan sistem suspensi konvensional didapatkan nilai percepatan vertikal maksimal sebesar 0,002019 m/s². Kemudian dari gambar 4.17 (b) diatas dapat dilihat bahwa nilai percepatan maksimal skuter Volta 302 saat melalui jalan aspal dengan *regenerative swing arm* pada kecepatan 15 km/jam adalah sebesar 0,002273 m/s² sedangkan dengan sistem suspensi konvensional didapatkan nilai percepatan vertikal maksimal sebesar

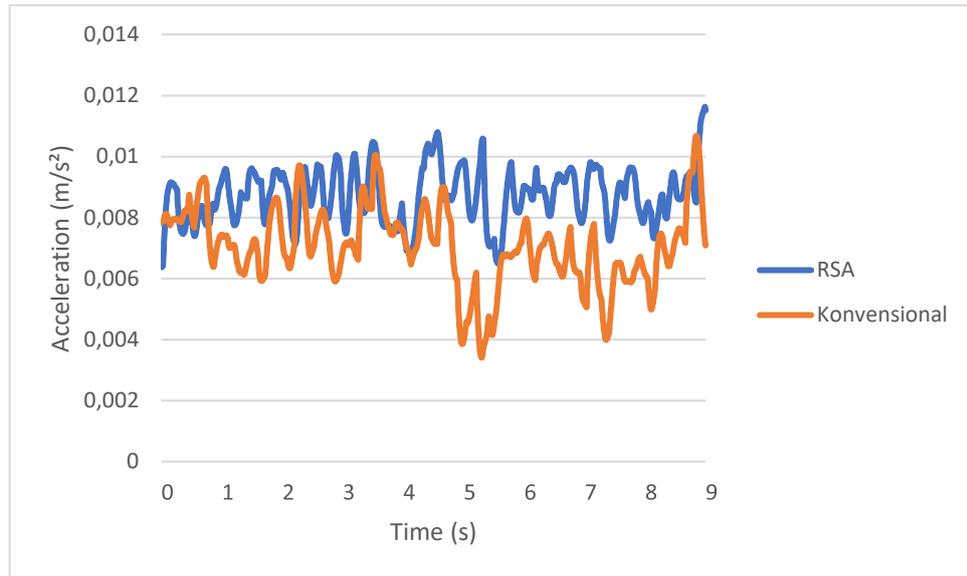
0,001739 m/s². Selanjutnya dari gambar 4.17 (c) diatas dapat dilihat bahwa nilai percepatan maksimal skuter Volta 302 saat melalui jalan aspal dengan *regenerative swing arm* pada kecepatan 25 km/jam adalah sebesar 0,002906 m/s² sedangkan dengan sistem suspensi konvensional didapatkan nilai percepatan vertikal maksimal sebesar 0,00224 m/s².

Pada saat melewati jalan aspal terdapat pola grafik yang tidak teratur pada ketiga variasi kecepatan yang ditentukan. Hal ini diakibatkan oleh kontur jalan aspal yang tidak menentu. Di beberapa titik ditemui aspal yang sudah mengelupas, jalan berlubang, aspal yang sudah ditambal dan kontur tanah yang bergelombang. Kemudian ditinjau dari jenis sistem suspensi yang digunakan, *regenerative swing arm* menghasilkan percepatan vertikal yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan sistem suspensi konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa *regenerative swing arm* tidak dapat meredam getaran dari permukaan jalan sebaik sistem suspensi konvensional. Percepatan yang dihasilkan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan skuter Volta 302.

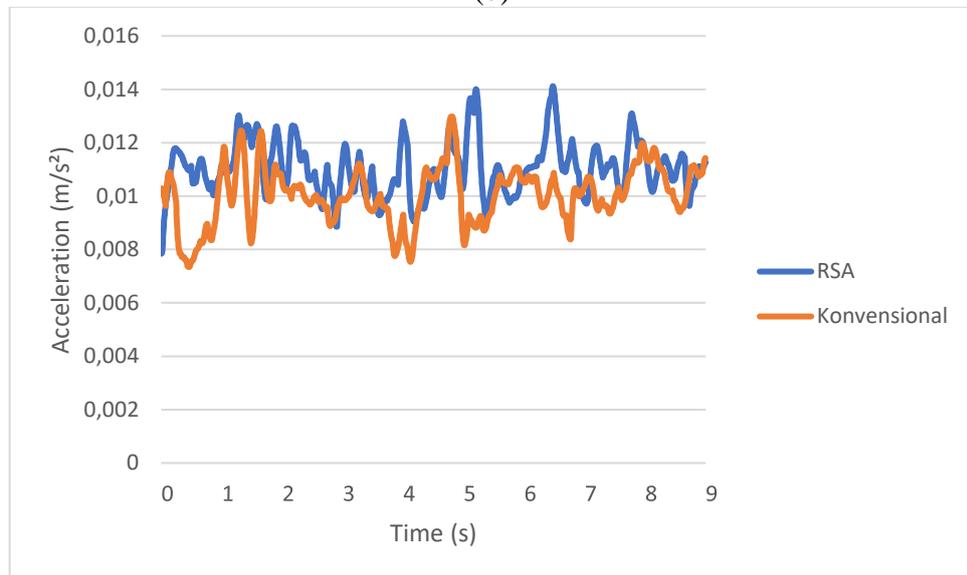
IV. Analisa Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302 Saat Melalui Jalan Paving



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302 antara Sistem Suspensi Konvensional dan *Regenerative swing arm* Saat Melalui Jalan Paving dengan Kecepatan (a) 5 km/jam, (b) 15 km/jam, (c) 25 km/jam.

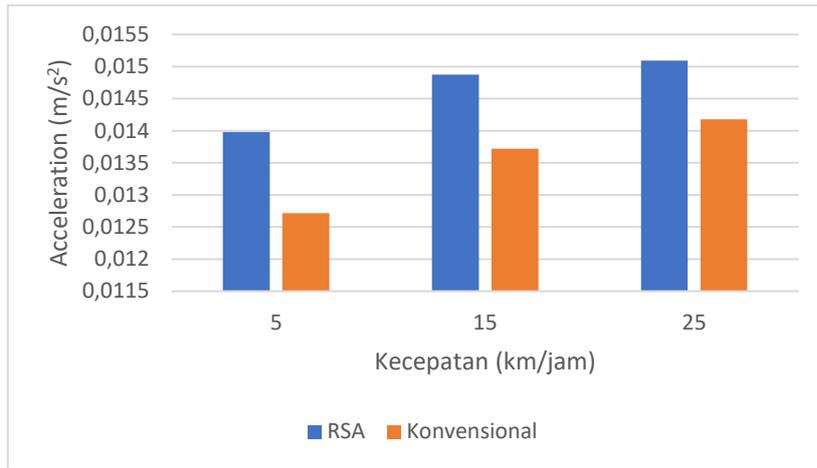
Dari gambar 4.18 (a) diatas dapat dilihat bahwa nilai percepatan maksimal skuter Volta 302 saat melalui jalan paving dengan *regenerative swing arm* pada kecepatan 5 km/jam adalah sebesar $0,009252 m/s^2$ sedangkan dengan sistem suspensi konvensional didapatkan nilai percepatan vertikal maksimal sebesar $0,009047 m/s^2$. Kemudian dari gambar 4.18 (b) diatas dapat dilihat bahwa nilai percepatan maksimal skuter Volta 302 saat melalui jalan paving dengan *regenerative swing arm* pada kecepatan 15 km/jam adalah sebesar $0,011639 m/s^2$ sedangkan dengan sistem suspensi konvensional didapatkan nilai percepatan vertikal maksimal sebesar $0,010675 m/s^2$. Selanjutnya dari gambar 4.18 (c) diatas dapat dilihat bahwa nilai percepatan maksimal skuter Volta 302 saat melalui jalan paving dengan *regenerative swing*

arm pada kecepatan 25 km/jam adalah sebesar 0,01412 m/s² sedangkan dengan sistem suspensi konvensional didapatkan nilai percepatan vertikal maksimal sebesar 0,012982 m/s².

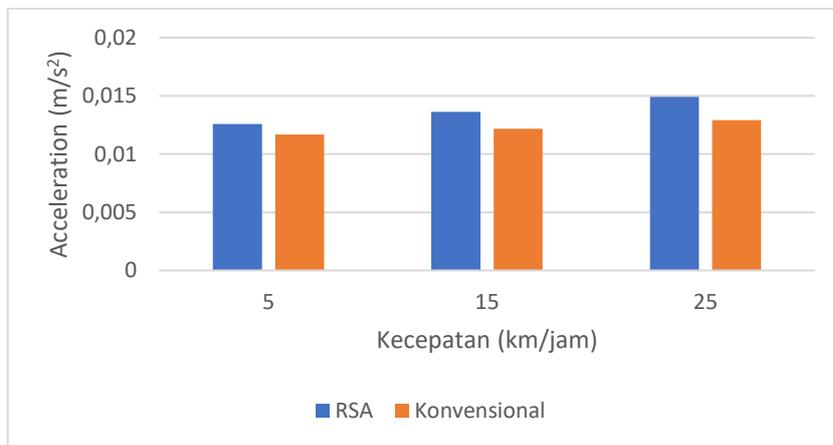
Dari grafik diatas dapat diamati bahwa pola dari grafik percepatan vertikal skuter Volta 302 baik pada *regenerative swing arm* maupun sistem suspensi konvensional saat melewati jalan paving tidak beraturan. Hal ini diakibatkan karena kontur jalan paving yang tidak menentu seperti adanya lubang, pemasangan paving yang tidak rata dan kontur permukaan tanah yang bergelombang. Jika ditinjau dari sistem suspensi yang digunakan *regenerative swing arm* menghasilkan percepatan vertikal yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan sistem suspensi konvensional walaupun tidak sebesar saat melewati polisi tidur. Hal ini menunjukkan bahwa *regenerative swing arm* tidak dapat meredam getaran sebaik sistem suspensi konvensional. Selanjutnya sama dengan saat melewati polisi tidur, speedtrap, dan jalan aspal, semakin tinggi kecepatan maka respon percepatan vertikalnya juga akan semakin tinggi.

Tabel 4.2 Tabel RMS Respon Percepatan Vertikal Skuter Volta 302

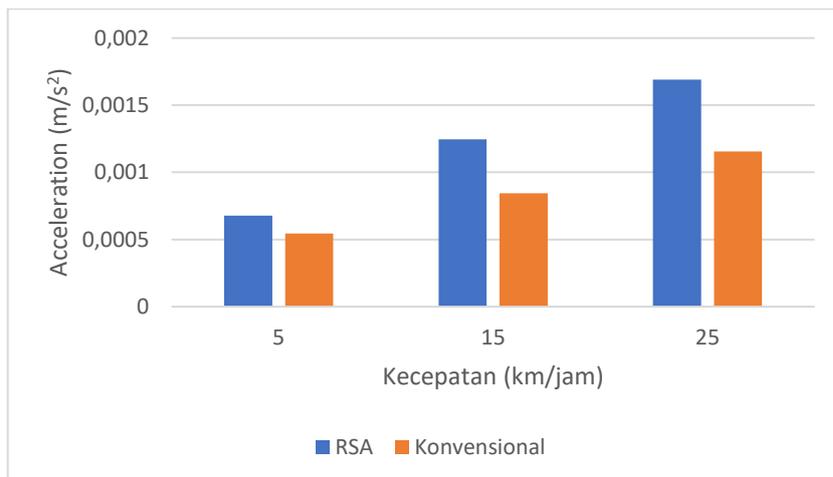
| NO | JALAN | KECEPATAN (km/jam) | Percepatan Vertikal Konvensional (m/s ²) | Percepatan Vertikal RSA (m/s ²) |
|----|------------------|--------------------|--|---|
| 1 | Polisi Tidur | 5 | 0,012717 | 0,013981 |
| | | 15 | 0,013722 | 0,014873 |
| | | 25 | 0,014179 | 0,015094 |
| 2 | <i>Speedtrap</i> | 5 | 0,011673 | 0,012578 |
| | | 15 | 0,012166 | 0,013635 |
| | | 25 | 0,01292 | 0,014929 |
| 3 | Jalan Aspal | 5 | 0,000544 | 0,000678 |
| | | 15 | 0,000845 | 0,001247 |
| | | 25 | 0,001155 | 0,00169 |
| 4 | Jalan Paving | 5 | 0,005736 | 0,0071 |
| | | 15 | 0,00684 | 0,008386 |
| | | 25 | 0,009643 | 0,01057 |



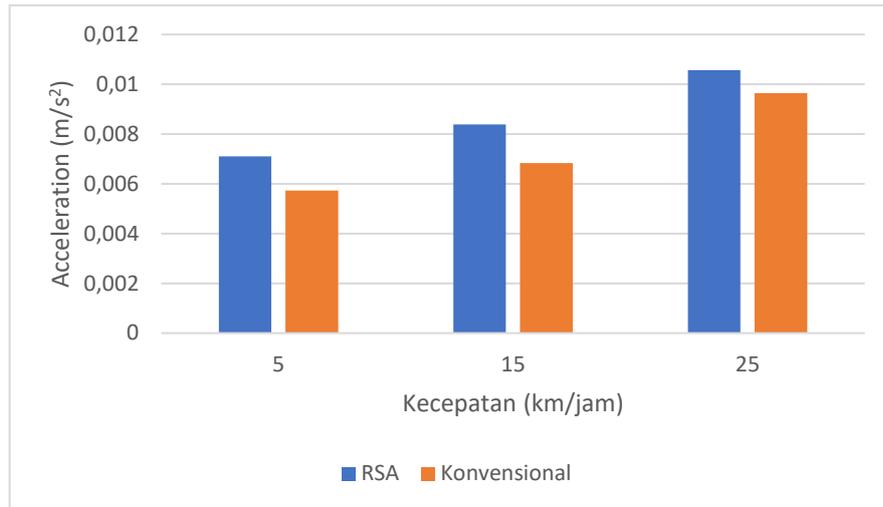
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.19 Grafik Perbandingan RMS Percepatan Vertikal antara *Regenerative swing arm* dan Sistem Suspensi Konvensional (a) Pada Polisi Tidur, (b) Pada *Speedtrap*, (c) Pada Jalan Aspal, (d) Pada Jalan Paving

Dari tabel 4.2 diatas dapat dilihat bahwa RMS respon percepatan terbesar *regenerative swingarm* pada skuter Volta 302 terbesar didapat saat melewati polisi tidur dengan kecepatan 25 km/jam yaitu sebesar 0,015094 m/s². Untuk respon percepatan terbesar pada skuter Volta 302 saat menggunakan sistem suspensi konvensional terjadi saat melewati polisi tidur dengan kecepatan 25 km/jam yaitu sebesar 0,014179 m/s². Hal ini terjadi karena pada polisi tidur yang dilalui terdapat bump yang cukup tinggi dan kecepatan yang digunakan juga yang paling besar. Selain itu pada polisi tidur tingginya bump mengakibatkan hentakan yang cukup besar sehingga menghasilkan percepatan vertikal yang besar juga. Kemudian RMS respon percepatan vertikal terkecil pada RSA terjadi saat skuter Volta 302 melewati jalan aspal dengan kecepatan 5 km/jam yaitu sebesar 0,000678 m/s². Sedangkan untuk RMS respon percepatan terkecil pada sistem suspensi konvensional juga terjadi saat skuter Volta 302 melewati jalan aspal dengan kecepatan 5 km/jam yaitu sebesar 0,000544 m/s². Hal ini terjadi karena kontur jalan aspal yang halus sehingga tidak terjadi banyak getaran.

Dari keempat tabel RMS pada masing – masing perbedaan variasi jalan sebagian besar menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan kendaraan maka RMS percepatan vertikal yang dihasilkan semakin besar, hal ini sesuai karena semakin tinggi kecepatan kendaraan maka eksitasi yang dihasilkan dari permukaan jalan yang tidak rata akan semakin besar. Selain itu dari semua variasi kecepatan dan variasi jalan sistem suspensi *regenerative swing arm* cenderung memiliki percepatan vertikal yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan sistem suspensi konvensional Volta 302. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sistem suspensi konvensional Volta 302 lebih baik dalam meredam getaran jika dibandingkan dengan sistem *regenerative swing arm* karena memiliki nilai percepatan vertikal yang lebih kecil dimana nilai percepatan vertikal mengindikasikan getaran yang dialami pada kendaraan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data hasil percobaan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dilakukan *redesign* dan implementasi *regenerative swing arm* pada skuter Volta 302 yang dapat menyerap energi saat siklus kompresi maupun ekspansi sehingga dapat menghasilkan energi bangkitan yang lebih berkelanjutan.
2. Tegangan bangkitan maksimum yang dapat dihasilkan dari sistem *regenerative swing arm* pada skuter volta 302 adalah sebesar 53,797 mV pada saat melalui polisi tidur dengan kecepatan 25 km/jam dan RMS 10,40961 mV . Kemudian untuk nilai RMS paling besar juga dihasilkan pada saat melewati polisi tidur dengan kecepatan 25 km/jam sebesar 10,40961 mV. Untuk RMS paling kecil dihasilkan pada saat melalui jalan aspal dengan kecepatan 5 km/jam sebesar 3,599159 mV.
3. Daya bangkitan maksimum yang dapat dihasilkan dari hasil pengolahan data hasil percobaan *regenerative swing arm* pada skuter volta 302 adalah sebesar 55,558 μ W pada saat melalui polisi tidur dengan kecepatan 25 km/jam dan RMS 6,607792 μ W. Kemudian untuk nilai RMS paling besar dihasilkan pada saat melewati polisi tidur dengan kecepatan 25 km/jam sebesar 6,607792 μ W. Untuk RMS paling kecil dihasilkan pada saat melalui jalan aspal dengan kecepatan 5 km/jam sebesar 1,563861 W.
4. Kuat Arus maksimum yang dapat dihasilkan dari hasil pengolahan data hasil percobaan *regenerative swing arm* pada skuter volta 302 adalah sebesar 1,295 mA pada saat melalui polisi tidur dengan kecepatan 25 km/jam dan RMS 0,693981 mA. Kemudian untuk nilai RMS paling besar dihasilkan pada saat melewati polisi tidur dengan kecepatan 25 km/jam sebesar 0,693981 mA. Untuk RMS paling kecil dihasilkan pada saat melalui jalan aspal dengan kecepatan 5 km/jam sebesar 0,239928 mA.
5. Percepatan vertikal maksimum yang dihasilkan terjadi saat skuter Volta 302 dengan *regenerative swing arm* melalui polisi tidur dengan kecepatan 25 km/jam yaitu sebesar 0,023782 m/s². Sedangkan untuk percepatan vertikal maksimum yang dihasilkan saat skuter Volta 302 menggunakan sistem suspensi konvensional yaitu pada saat melewati polisi tidur dengan kecepatan 25 km/jam yaitu sebesar 0,019612 m/s². RMS percepatan vertikal terbesar terjadi saat melewati polisi tidur dengan kecepatan 25 km/jam yaitu sebesar 0,015498 m/s² untuk RSA dan 0,01458m/s² untuk sistem suspensi konvensional. Untuk RMS percepatan Vertikal terkecil saat skuter Volta 302 dengan RSA terjadi saat melewati jalan aspal dengan kecepatan 5km/jam yaitu sebesar 0,000683677 m/s² Untuk RMS percepatan vertikal terkecil terjadi saat skuter volta 302 melewati jalan aspal dengan sistem suspensi konvensional pada kecepatan 15 km/jam yaitu sebesar 0,000837223 m/s².

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Menghitung secara akurat dimensi dari setiap komponen penyusus *regenerative swing arm* sehingga memudahkan proses perakitan dan meminimalisir adanya komponen yang tidak cocok satu sama lain.
2. Mematangkan perancangan untuk tahap perakitan sehingga dalam menyusun setiap komponen dapat terukur kekuatan dan ketahanan agar tidak terjadi kerusakan.

3. Memastikan pemasangan dan instalasi *spur gear* agar mekanisme *regenerative swing arm* berjalan dengan baik.
4. Memperbesar input putaran yang masuk ke generator dengan mengubah rasio *gear* yang lebih besar untuk mendapatkan daya yang lebih besar dengan pergerakan swingarm yang terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Priyanto, Sakti. (2020). Rancang Bangun Sistem Suspensi Model Ball Screw dengan *Spur gear* Pada *Regenerative swing arm* (RSA) Kendaraan Pick Up. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Firnanda, Marga Sriminangga. (2020). Pengembangan *Regenerative Shock absorber* (RESA) dengan Mekanisme *Ball Screw* dan Implementasinya pada Mobil Toyota Calya. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Nugraha, Dhion Khairul. (2020). Pengembangan Prototip *Ball Screw Rgenerative Shock absorber* (BSRSA)-*Bevel Gear* Untuk Kendaraan *Pickup*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sekretariat Jendral Dewan Energi Nasional. (2019). Outlook Energi Indonesia 2019. Jakarta : Dewan Energi Nasional.
- Ruichen Wang, F. G. (2016). *Modelling, Testing and Analysis of a Regenerative Hydraulik Shock absorber System*. Huddersfield: University of Huddersfield. L. Zuo and P.-S. Zhang, "Energy harvesting, ride comfort, and road handling of regenerative vehicle suspensions," *Journal of Vibration and Acoustics*, vol. 135, no. 1, 2013.
- Anuar, Kaspul. (2015). *Design and Study Characteristic of Response Vibration of System Suspension with Hydraulic Motor Regenerative Shock absorber*. Master Theses, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Rao, s. singiresu. (2010). Mechanical Vibration. In *Indian Heart Journal* (fifth, Vol. 33, Issue 6). orentice hall.
- Russel Hibbeler. (2017). *Mechanics of Materials Tenth Edition in SI Units* (10th ed.).
- Richard G. Budynas, J. K. N. (2008). *Shigley's Mechanical Engineering Design* (ninth). Mcgrew-Hill.
- Farisah, Sawungsari Nur. (2015). Pemodelan dan Analisis Pengaruh Variasi Tekanan Awal Akumulator Terhadap Gaya Redam, Daya Listrik Bangkitan, dan Respon Dinamis Pada Hydraulic Motor Regenerative *Shock absorber*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Zhang, Z., & Mohammed, W. S. (2016). *A High Efficiency Energy Regenerative Shock absorber Using Supercapacitors for Renewable Energy Applications in Range Extended Electric Vehicle*.
- Kadaryono, M. U. (2018). *Pengembangan Dan Studi Karakteristik Prototipe Regenerative Shock absorber Sistim Hidrolik*. Jombang: Universitas Darul Ulum.
- Hendrowati, W., Laksana Guntur, H., & Lubis, R. (2013). *Development and Analysis of a Regenerative Shock absorber for Vehicle Suspension*.
- Budiarto, T. (2012). *Pemodelan dan Analisa Regenerative Shock absorber (RSA) pada Sistem Suspensi Kendaraan Militer Roda Ban*. Surabaya: Teknik Mesin ITS.

Kurniawan, Rian & Laksana Guntur, H. (2012). Rancang Bangun Model *Regenerative Shock absorber* (RSA) untuk Kendaraan Roda Empat. Surabaya: Teknik Mesin ITS

Kadaryono, M. U. (2018). *Pengembangan Dan Studi Karakteristik Prototipe Regenerative Shock absorber Sistim Hidrolik*. Jombang: Universitas Darul Ulum.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Kibar Rohmanianto dengan nama panggilan Kibar. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Kusman dan Sri Wahyuni, terlahir di Kabupaten Banyuwangi 23 Agustus 1999. Penulis menempuh pendidikan di SD 4 Kebaman lulus pada tahun 2012, SMP Negeri 1 Cluring lulus tahun 2015, dan SMA Negeri 1 Genteng lulus tahun 2018. Pendidikan sarjana ditempuh di Jurusan Teknik Mesin FTIRS Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama aktif menjadi mahasiswa, penulis bergabung dalam organisasi kemahasiswaan Ash- Shaff selama periode 2019 – 2020 sebagai staf dalam divisi Syiar Kreatif. Kemudian pada periode 2020 – 2021 menjabat sebagai difisi hubungan luar. Meskipun penulis mengikuti berbagai kegiatan non-akademik, penulis tidak meninggalkan kewajibanya sebagai mahasiswa yaitu menimba ilmu sebanyak – banyaknya. Penulis aktif dalam kegiatan akademik di Laboratorium Rekayasa Vibrasi dan Sistem Otomotif. Bidang minat penulis dalam mengerjakan tugas akhir adalah Desain dan Manufaktur. Untuk informasi, saran, dan kepentingan terkait dengan penelitian ini, penulis dapat dihubungi melalui surat elektronik antokibar7730@gmail.com.