

RANCANG BANGUN *SPEED BUMP*
SEBAGAI PENGHASIL ENERGI LISTRIK



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan diploma tiga
(D-3) Program Studi Teknik Konversi Energi
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

ANDI WAHYU HARIYANTO
NAUDZATUL ULLAH AMALIYA

342 17 010
342 17 018

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2020

HALAMAN PERSETUJUAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Rancang Bangun *Speed Bump* sebagai Penghasil Energi Listrik**” oleh Andi Wahyu Hariyanto NIM 34217010 dan Naudzatul Ullah Amaliya NIM 34217018 telah disetujui dan layak untuk diujikan.

Makassar, 20 September 2020

Menyetujui,

Pembimbing I,



Sonong, S.T., M.T.
NIP. 19621202 199203 1 002

Pembimbing II,



Ir. Andareas Pangkung, M.T.
NIP. 19620828 198903 1 003

Mengetahui,

Ketua Program Studi,



Sri Suwasti, S.ST., M.T.
NIP. 19741123 200112 2 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, hari tanggal Oktober 2020, Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir telah menerima dengan baik Laporan Tugas Akhir oleh mahasiswa: Andi Wahyu Hariyanto NIM 342 17 010 dan Naudzatul Ullah Amaliya NIM 342 17 018 dengan judul “**Rancang Bangun Speed Bump sebagai Penghasil Energi Listrik**”.

Makassar, Oktober 2020

Tim Penguji Ujian Laporan Tugas Akhir:

- | | | |
|------------------------------------|---------------|---------|
| 1. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T. | Ketua | (.....) |
| 2. Gusri Emiyati Ali, S.Pd., M.Pd. | Sekretaris | (.....) |
| 3. Ir. Tasrif AS, M.T. | Anggota I | (.....) |
| 4. Ir. Lewi, M.T. | Anggota II | (.....) |
| 5. Sonong, S.T., M.T. | Pembimbing I | (.....) |
| 6. Ir. Andreas Pangkung, M.T. | Pembimbing II | (.....) |

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Rancang Bangun *Speed Bump* sebagai Penghasil Energi Listrik”** dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT. yang telah memberikan kesehatan, kekuatan serta inspirasi kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua tercinta, juga kepada saudara-saudara penulis yang telah memberikan banyak bantuan berupa dorongan moral, bantuan materi, serta tak henti-hentinya memberikan doa yang tulus kepada kami dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Ibu Sri Suwasti, S.ST., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
6. Bapak Sonong, S.T., M.T. selaku Pembimbing I dan Bapak Ir. Andareas Pangkung, M.T., selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Bapak Musrady Mulyadi, S.ST., M.T., selaku Wali Kelas.
8. Seluruh Dosen dan Staff Program Studi Teknik Konversi Energi yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama melaksanakan perkuliahan, dan

telah membantu dalam menyediakan fasilitas dan sarana dalam mengerjakan tugas akhir.

9. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin angkatan 2017 yang telah menjadi saudara-saudara penulis serta banyak memberikan motivasi, bantuan serta doanya, selama berada di Politeknik Negeri Ujung Pandang.
10. Buat semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu-persatu yang berjasa dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih kurang sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tulisan ini bermanfaat sebagaimana mestinya.

Makassar, November 2020

Penulis



DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN SINGKATAN.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
SURAT PERNYATAAN.....	xiii
RINGKASAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1.....	L
atar Belakang.....	1
1.2.....	R
umusan Masalah.....	3
1.3.....	R
uang Lingkup Kegiatan.....	3

1.4.....	T
ujuan Kegiatan.....	3
1.5.....	M
manfaat Kegiatan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1.....	S
<i>peed Bump</i> (Pembatas Kecepatan Kendaraan)	5
2.2.....	P
egas	8
2.3.....	R
oda Gigi (<i>Gear</i>)	9
2.4.....	P
oros.....	10
2.5.....	B
antalan (<i>Bearing</i>)	12
2.6.....	R
oda Gila (<i>Flywheel</i>)	14
2.7.....	G
enerator AC	16
2.8.....	D
ioda.....	18
2.9.....	A
daptor	19
2.10.....	A
ki (<i>Accumulator</i>)	20
BAB III METODE KEGIATAN.....	23
3.1.....	T
empat dan Waktu Kegiatan	23

3.2.....	A
lat dan Bahan	24
3.2.1	A
lat	24
3.2.2	B
ahan.....	24
3.3.....	P
rosedur/Langkah Kerja.....	25
3.3.1	S
tudi Literatur.....	25
3.3.2	T
ahap Perancangan	25
3.3.3	T
ahap Pembuatan dan Perakitan.....	27
3.4.....	P
rosedur Pengujian	27
3.5.....	T
eknik Pengolahan/Analisis Data.....	29
3.6.....	D
iagram Alir	31
BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN	32
4.1	
Hasil Kegiatan.....	32
4.2	
Hasil Pengujian.....	34

4.3	
Analisis Data.....	37
4.4	
Grafik dan Pembahasan.....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1.....	K
esimpulan	52
5.2.....	S
aran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	57



DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 1. Batas Waktu Kegiatan.....	23
Tabel 2. Alat yang Akan Digunakan dalam Perancangan	24
Tabel 3. Bahan-bahan yang Digunakan dalam Perancangan	24
Tabel 4. Hasil Pengujian <i>Speed Bump</i> dengan Kecepatan Kendaraan Mobil 1,97 Km/jam.....	34
Tabel 5. Hasil Pengujian <i>Speed Bump</i> dengan Kecepatan Kendaraan Mobil 3,0 Km/jam.....	35
Tabel 6. Hasil Pengujian <i>Speed Bump</i> dengan Kecepatan Kendaraan Mobil 4,83 Km/jam.....	36
Tabel 7. Hasil Pengujian <i>Speed Bump</i> dengan Kecepatan Kendaraan Mobil 6,84 Km/jam.....	36
Tabel 8. Hasil Analisis Data.....	47



DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2.1 Beberapa Variasi <i>Speed Bump</i> ; (a) <i>Speed bump</i> karet garis-garis serong putih, (b) <i>Speed bump</i> karet garis-garis serong kuning, (c) <i>Speed bump</i> biasa.....	5
Gambar 2.2 Desain Standar <i>Speed Bump</i>	7
Gambar 2.3 Pegas Tekan (<i>Helix</i>)	9
Gambar 2.4 Roda Gigi	9
Gambar 2.5 <i>Basic Sprocket</i>	10
Gambar 2.6 Poros	11
Gambar 2.7 Arah beban pada <i>bearing</i>	13
Gambar 2.8 Konstruksi <i>Bearing</i> ; (a) <i>slider bearing</i> ; (b) <i>roller bearing</i>	14
Gambar 2.9 Roda Gila (<i>Flywheel</i>).....	14
Gambar 2.10 Konstruksi Generator AC.....	17
Gambar 2.11 Bentuk dari Simbol Dioda	19
Gambar 2.12 Adaptor <i>Power Supply</i>	20
Gambar 2.13 Jenis-jenis Aki; (a) Aki Basah, (b) Aki Kering.....	22
Gambar 3.1 Skema Alat Polisi Tidur Pembangkit Listrik	25
Gambar 3.2 Skema Rangkaian Listrik Pengisian Aki pada <i>Speed Bump</i> Penghasil Energi Listrik.....	26
Gambar 3.3 Diagram Alir Kegiatan.....	31
Gambar 4.1 Hasil Rancang Bangun <i>Speed Bump</i> sebagai Penghasil Energi Listrik; (a) sebelum ditutup plat besi; (b) sesudah ditutup plat besi.....	33
Gambar 4.2 Rangkaian Listrik untuk Pengujian Alat.....	34
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara daya output DC dengan waktu lama <i>speed bump</i> ditekan pada beberapa variasi kecepatan.....	48
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kecepatan kendaraan mobil terhadap tegangan yang dihasilkan generator	49

Gambar 4.5 Grafik hubungan antara tegangan generator dengan momentum pada beberapa variasi. 51

DAFTAR SIMBOL, SATUAN DAN SINGKATAN

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
P_{out}	Watt	Daya output listrik
V	Volt	Tegangan
I	Ampere	Arus
W	Joule	Energi Listrik
Q	Coulumb	Muatan Listrik
P	Kg.m/s	Momentum
N	Rpm	Putaran
R	M	Jari-jari
V	m/s	Kecepatan
M	Kg	Massa

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal.
Lampiran 1. Dokumentasi Perancangan Alat.....	58
Lampiran 2. Dokumentasi Pengujian Alat.....	61



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Wahyu Hariyanto

NIM : 34217010

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul RANCANG BANGUN *SPEED BUMP* SEBAGAI PENGHASIL ENERGI LISTRIK merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, November 2020



(Andi Wahyu Hariyanto)
NIM. 34217010

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Naudzatul Ullah Amaliya

NIM : 34217018

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul RANCANG BANGUN *SPEED BUMP* SEBAGAI PENGHASIL ENERGI LISTRIK merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, November 2020



(Naudzatul Ullah Amaliya)
NIM. 34217018

Rancang Bangun *Speed Bump* sebagai Penghasil Energi Listrik

RINGKASAN

Persoalan penting yang dihadapi pemerintah Indonesia saat ini adalah jumlah pengguna kendaraan semakin meningkat seiring dengan berkembang pesatnya bidang industri. Setiap momentum kendaraan memiliki potensi energi yang dapat dibangkitkan menjadi energi listrik dengan memanfaatkan media jalan raya. Untuk memanfaatkan kondisi tersebut, maka penulis membuat *speed bump* (polisi tidur) sebagai penghasil energi listrik. Tujuan pada kegiatan ini adalah untuk mengetahui besar energi listrik yang dihasilkan serta momentum pada mobil saat melintasi *speed bump*.

Rancang bangun *speed bump* ini menggunakan generator AC sebagai alat penghasil listrik dengan menggunakan tekanan sebuah kendaraan ketika melindasi polisi tidur. Komponen dari alat ini berupa pegas, roda gigi, *bearing*, *gear*, generator, poros, dan *flywheel*. Ketika *speed bump* bekerja, maka tuas akan menggerakkan gear *sprocket* yang berada pada poros yang dihubungkan dengan generator AC. Dengan kondisi ini, maka akan timbul arus listrik berupa arus AC yang dikonverter dan distabilkan menggunakan adaptor sehingga energi listrik dapat disimpan pada aki.

Berdasarkan hasil perancangan *speed bump* sebagai penghasil energi listrik ini, maka alat yang dirancang telah selesai dan tanpa bergantung pada PLN. Besar energi listrik yang dihasilkan pada beberapa variasi kecepatan berbeda, yang mana pada kecepatan 1,97 Km/jam menghasilkan 65,61 Ws, kecepatan 3,0 Km/jam menghasilkan 53,52 Ws, kecepatan 4,83 Km/jam menghasilkan 59,52 Ws, dan kecepatan 6,84 Km/jam menghasilkan 50,33 Ws.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persoalan penting yang sekarang ini dihadapi pemerintah Indonesia adalah jumlah pengguna kendaraan semakin meningkat seiring dengan berkembang pesatnya bidang industri. Kepemilikan kendaraan pribadi baik sepeda motor maupun mobil di Sulawesi Selatan setiap tahun meningkat 5 hingga 6 persen. Jumlah kendaraan dari tiga tahun terakhir di Sulawesi Selatan mencapai 3.761.421 unit (Arbab, 2018). Jumlah kendaraan yang banyak ini dapat dimanfaatkan suatu potensi energi listrik. Seperti yang diungkapkan oleh Priananda dkk (2011), bahwa banyaknya kendaraan kita dapat memanfaatkan massa dari kendaraan tersebut sehingga dapat membangkitkan suatu potensi energi listrik dengan memanfaatkan media jalan raya dan suatu mekanisme tertentu yang dirancang pada jalan raya dapat menghasilkan energi listrik dari sumber yang belum disadari sebelumnya.

Salah satu contoh mekanisme tersebut adalah mekanisme pada *speed bump* atau polisi tidur. *Speed bump* juga sebagai salah satu sumber energi terbarukan dalam menghasilkan energi listrik. Sebagaimana yang telah dijelaskan oleh Munandi (2013), bahwa proses penghasilan energi listrik ini adalah energi kinetik yang dihasilkan oleh tekanan ban kendaraan yang melindasi *speed bump* dan akan menggerakkan kedua poros yang memiliki *gear sprocket* sehingga menghasilkan energi mekanik untuk memutar poros utama generator dan menghasilkan energi listrik. Semakin sering dilewati

kendaraan, maka suplai listrik juga akan terus tersedia dan daya ini bisa dipakai sebagai cadangan energi listrik yang disimpan dalam aki.

Selain itu, Rosafira (2017) melakukan penelitian tentang “Rancang Bangun *Speed Bump* Penghasil Listrik” yang pada beban kendaraan menekan polisi tidur sehingga memutar *gear rack and pinion* yang sudah terpasang. Putaran akan diteruskan untuk memutar generator dan menghasilkan energi listrik. Namun, penulis menyarankan peneliti selanjutnya mampu membuat mekanisme roda gigi yang berputar satu arah. Hal ini yang kemudian membuat penulis ingin membuat alat serupa namun dengan menggunakan *gear one way* sebagai alat pemutar poros generator yaitu satu arah dengan memanfaatkan tekanan polisi tidur karena adanya kendaraan dan juga kembali seperti semula dengan menggunakan gaya pegas.

Penelitian juga dilakukan oleh Tamara, dkk, (2017), tentang “PTPT (Pembangkit Listrik Tenaga Polisi Tidur) sebagai Solusi Penerangan Lorong-Lorong di Makassar Demi Mewujudkan Makassar Smart City” yang pada pembangkit energi listrik dengan memanfaatkan efek piezoelektrik. Hal ini menimbulkan perbedaan kuantitas dari jumlah energi yang dihasilkan karena beberapa faktor yaitu kualitas bahan piezoelektrik dan sumber energi mekanis. Pembangkit ini dapat direalisasikan apabila sistem transmisi mekanis dapat berjalan secara optimal. Hal ini yang membuat penulis ingin membuat alat yang serupa yaitu menggunakan generator sebagai pembangkit listrik dengan mekanisme transmisi gerak dari polisi tidur (*speed bump*) ke poros dengan perbandingan gear untuk meningkatkan putaran pada generator.

Berdasarkan pemaparan di atas penulis bermaksud untuk membuat alat pembangkit listrik tenaga *speed bump*, maka dari itu penulis mengangkat judul tugas akhir yaitu “Rancang Bangun *Speed Bump* sebagai Penghasil Energi Listrik”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka disusun permasalahan sebagai berikut :

- a. Berapa besar energi listrik yang dihasilkan untuk setiap lintasan mobil pada *speed bump*.
- b. Berapa besar momentum mobil saat melintasi *speed bump* sehingga memutar generator dan mampu mengisi energi listrik ke aki..

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Adapun pada penelitian ini, penulis memberikan batasan masalah untuk lebih memfokuskan kegiatan penelitian sebagai berikut :

- a. Kendaraan yang melintas pada *speed bump* hanya kendaraan mobil.
- b. Tegangan hasil *speed bump* dimanfaatkan untuk mengisi aki.

1.4 Tujuan Kegiatan

Tujuan yang akan dicapai berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui nilai energi listrik yang didapat untuk setiap lintasan mobil pada *speed bump*.

- b. Mengetahui nilai momentum tiap mobil saat melintasi *speed bump* sehingga memutar generator dan mampu mengisi energi listrik ke aki.

1.5 Manfaat Kegiatan

Dari hasil kegiatan yang dilakukan ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

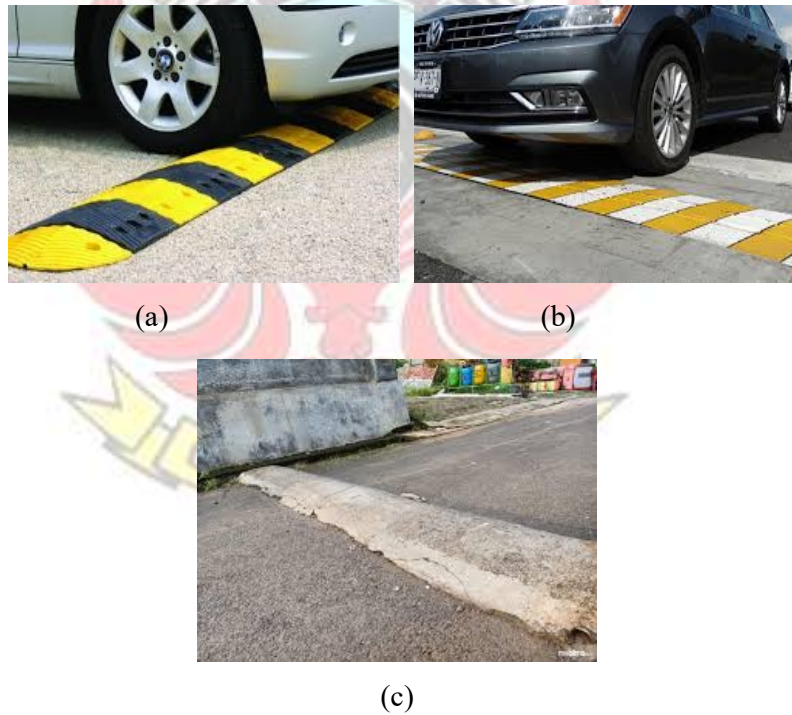
- a. Sebagai alat alternatif dalam penghasil sumber energi listrik dengan memanfaatkan *speed bump* sebelum portal pembayaran tol.
- b. Untuk menambah pengetahuan penulis tentang Polisi Tidur (*Speed Bump*) sebagai penghasil energi listrik.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Speed Bump* (Pembatas Kecepatan Kendaraan)

Speed bump (pembatas kecepatan kendaraan) adalah bagian jalan yang ditinggikan berupa tambahan aspal atau semen yang dipasang melintang di jalan untuk pertanda memperlambat laju kendaraan. Fungsinya untuk meningkatkan keselamatan bagi pengguna jalan. Gambar *speed bump* (pembatas kecepatan kendaraan) ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Beberapa Variasi *Speed Bump*; (a) *Speed bump* karet garis-garis serong putih, (b) *Speed bump* karet garis-garis serong kuning, (c) *Speed bump* biasa.

Sumber : Nugroho, 2017

Speed bump tersebut juga harus dilengkapi dengan marka jalan dengan garis serong berwarna putih atau kuning yang kontras sebagai pertanda agar terlihat jelas oleh para pengendara yang hendak melintas. Untuk meningkatkan keselamatan dan kesehatan bagi pengguna jalan, ketinggiannya diatur dan dilengkapi dengan rambu-rambu pemberitahuan terlebih dahulu mengenai adanya *speed bump*, khususnya pada malam hari.

Speed bump akan bermanfaat jika ditempatkan dan didesain sesuai dengan aturan. Pasal 4 ayat 1 Keputusan Menteri Perhubungan No.3 Tahun 1994 tentang *Alat Pengendali dan Pengaman Pemakai Jalan* menyebut bahwa “polisi tidur hanya boleh dibuat di jalan pemukiman, jalan lokal, dan di jalan yang sedang dilakukan pekerjaan konstruksi”. Dan untuk aturannya, ketinggian maksimumnya tidak boleh lebih dari 12 cm, juga sudut kemiringan 15 persen. Adapun Pasal 2 pada Perintah Menteri Perhubungan No. 82 Tahun 2018 dijelaskan ada tiga jenis polisi tidur yang boleh dibangun di jalanan, yaitu *Speed Bump*, *Speed Hump*, dan *Speed Table*.

Polisi tidur jenis *Speed Bump* dikhususkan untuk area parkir, jalan privat, dan jalan di lingkungan terbatas dengan kecepatan operasional di bawah 10 kilometer per jam. Jenis polisi tidur ini dibuat dengan ketinggian maksimal 12 sentimeter, lebar bagian atas minimal 15 sentimeter, serta kelandaian 15 persen. Sementara polisi tidur jenis *Speed Hump* adalah yang boleh dibangun pada jalanan lokal dengan batas kecepatan maksimal 20 kilometer per jam. Spesifikasi yang harus ditaati dalam membangun polisi tidur *Speed Hump*

adalah ketinggian harus berkisar antara 5-9 sentimeter, lebar maksimal 39 sentimeter dengan kelandaian 50 persen. Untuk polisi tidur jenis *Speed Table*, diperuntukan bagi kawasan penyeberangan dan jalan-jalan lokal yang memiliki batas kecepatan maksimal 40 kilometer per jam. *Speed Table* harus dibuat dengan ketinggian maksimal 9 sentimeter, lebar 660 sentimeter dan kelandaian 15 persen.

Apabila tinggi dan sudut kemiringan *speed bump* tidak sesuai standar akan mengakibatkan beban kejut serta guncangan kendaraan yang terlalu besar, merusak kendaraan, dan membahayakan pengendara. Adapun Gambar 2.2 menunjukkan desain standar *speed bump* (pembatas kecepatan kendaraan) sesuai dengan ketentuan Pemerintah (Nugroho, 2017).



Gambar 2.2 Desain Standar *Speed Bump* (Pembatas Kecepatan Kendaraan)
Sumber : Nugroho, 2017

Material dari alat pembatas kecepatan dari bahan yang sesuai dengan bahan badan jalan, karet, atau bahan lainnya yang mempunyai pengaruh serupa. Pemilihan material untuk polisi tidur harus memperhatikan

keselamatan pemakai jalan (Keputusan Menteri Perhubungan Nomor : KM. 3 Tahun 1994 Tentang Pengendali dan Pengaman Pemakai Jalan 1994:4).

Energi kinetik muncul dari banyaknya kendaraan yang melewati *speed bump* sehingga dapat menggerakkan rantai pada tuas dan juga menggerakkan gear *sprocket* yang berada pada poros dan putarannya ditransmisikan sampai di poros utama. Adapun momentum kendaraan dapat dicari melalui persamaan sebagai berikut:

$$p = m \cdot v \dots \dots \dots (2-1)$$

Keterangan:

p = Momentum (Kg.m/s)

m = Massa kendaraan yang ditumpu roda ketika melewati polisi tidur (kg)

v = Kecepatan kendaraan mobil (m/s)

2.2 Pegas

Pegas adalah sebuah elemen mesin elastis yang berfungsi untuk mencegah distorsi pada saat pembebanan dan menahan pada posisi semula pada saat posisinya dirubah. Energi disimpan pada benda padat dalam bentuk *twist*, *stretch*, atau kompresi. Beban yang bekerja pada pegas dapat berbentuk gaya tarik, gaya tekan, atau torsi (*twist force*). Pegas umumnya beroperasi dengan “*high working stresses*” dan beban yang bervariasi secara terus menerus. Pegas dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis beban yang bekerja yaitu pegas tarik, pegas tekan (*helix*), pegas torsi, dan pegas penyimpan energi.

Menurut Taher, dkk, (2016) klasifikasi pegas berdasarkan bentuk fisik adalah :

1. *Wire form spring (helical compression, helical tension, helical torsion, custom form).*
2. *Spring washers (curved, wave, finger, belleville).*
3. *Flat spring (cantilever, simply supported beam).*
4. *Flat wound spring (motor spring, volute, constant force spring).*

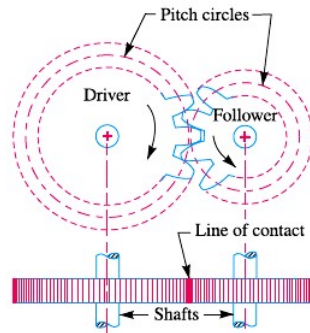
Pada penggunaan pegas yang akan digunakan yaitu pegas tekan (*helix*). Pegas tekan dapat dilihat pada Gambar 2.3 menunjukkan pegas tekan (*helix*) yang akan digunakan.



Gambar 2.3 Pegas Tekan (*Helix*)
Sumber : Hayyunuski, 2013

2.3 Roda Gigi (*Gear*)

Roda gigi (*gear*) digunakan untuk mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat. Roda gigi memiliki gigi disekelilingnya, sehingga penerusan daya dilakukan oleh gigi-gigi kedua roda yang saling berkaitan. Roda gigi sering digunakan karena dapat meneruskan putaran dan daya yang lebih bervariasi dan lebih kompak dari pada menggunakan alat transmisi yang lainnya.



Gambar 2.4 Roda Gigi
 Sumber : Zainuri, 2011

Untuk mengetahui perbandingan ratio antar kedua gear dapat menggunakan persamaan berikut:

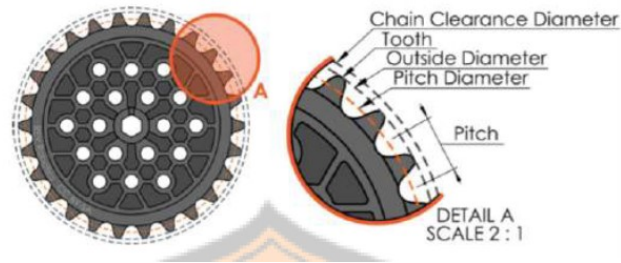
$$\text{Rasio Gear} = \frac{T_1}{T_2} \dots\dots\dots(2-2)$$

Keterangan:

T_1 = jumlah gigi pada roda gigi pertama

T_2 = jumlah gigi pada roda gigi kedua

Transmisi rantai sprocket (*chain and sprocket*) digunakan untuk transmisi tenaga pada jarak sedang. Menurut Prapto (2018), *sprocket* merupakan komponen yang sangat vital pada sebagian jenis sepeda motor untuk mentransmisikan tenaga dan putaran. *Sprocket* digunakan pada setiap sistem transmisi sepeda motor yang menggunakan rantai. Kelebihan dari transmisi ini dibanding dengan transmisi sabuk-puli adalah dapat digunakan untuk menyalurkan daya yang lebih besar. Pada sistem transmisi sepeda motor, umumnya terdapat sepasang *sprocket*, yakni *sprocket* depan dan *sprocket* belakang. Putaran *sprocket* depan berhubungan langsung dengan *gearbox* belakang yang dihubungkan menggunakan rantai.



Gambar 2.5 *Basic Sprocket*
Sumber : Prapto, 2018

2.4 Poros

Poros adalah elemen mesin yang berputar atau yang meneruskan putaran, peranan utamanya adalah untuk meneruskan daya. Pada poros tersebut ditempatkan penerus daya antara lain roda gigi, puli, rantai, *flywheel*, engkol, bantalan dan sebagainya. Poros bisa menerima beban-beban lenturan, tarikan, tekan, atau puntiran, yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya. Poros dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Poros
Sumber : Taher, dkk. 2016

Menurut Taher, dkk. (2016), tipe-tipe pada poros yaitu:

- Poros transmisi; poros jenis ini mendapat beban puntir murni atau puntir dan lentur. Daya ditransmisikan kepada poros melalui kopling, roda gigi, puli sabuk atau sprocket rantai, dan sebagainya.

- Poros spindel; merupakan poros transmisi yang relatif pendek, seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran.
- Gandar; poros seperti ini dipasang diantara roda kereta barang, di mana tidak mendapat beban puntir. Poros seperti ini hanya mendapat beban lentur, kecuali jika digerakan oleh penggerak mula dimana akan mengalami beban puntir juga.

Torsi merupakan ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi adalah suatu energi. Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya.

Menurut Septianto (2015), rumus dari torsi itu sendiri adalah:

$$T = F \times r \dots\dots\dots(2-3)$$

Keterangan:

T = Torsi (N.m)

F = Gaya (N)

r = jari-jari poros (m)

2.5 Bantalan (*Bearing*)

Bantalan (*bearing*) adalah elemen mesin yang dapat menumpu poros yang mempunyai beban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan mempunyai umur yang panjang. *Bearing*

harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika *bearing* tidak berfungsi dengan baik, maka prestasi seluruh sistem tidak dapat bekerja secara semestinya.

Berdasarkan arah beban yang bekerja pada bantalan, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7, *bearing* dapat diklasifikasikan menjadi :

- Bantalan radial / *radial bearing*: menahan beban dalam arah radial,
- Bantalan aksial / *thrust bearing*: menahan beban dalam arah aksial,
- Bantalan yang mampu menahan kombinasi beban dalam arah radial dan arah aksial.



Gambar 2.7 Arah beban pada *bearing*.

Sumber : Hermawan, 2012

Berdasarkan konstruksi dan mekanisme mengatasi gesekan, *bearing* dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu *slider bearing* (bantalan luncur) dan *roller bearing* (bantalan gelinding).

- Bantalan luncur yang sering disebut *slider bearing* ataupun *bearing* menggunakan mekanisme sliding, dimana dua permukaan komponen mesin saling bergerak relatif. Diantara kedua permukaan terdapat pelumas sebagai agen utama untuk mengurangi gesekan antara kedua

permukaan. Slider bearing untuk beban arah radial disebut journal bearing dan untuk beban arah aksial disebut *thrust bearing*. Contoh konstruksi bantalan luncur ditunjukkan pada Gambar 2.8(a).

- Bantalan gelinding menggunakan elemen rolling untuk mengatasi gesekan antara dua komponen yang bergerak. Diantara kedua permukaan ditempatkan elemen gelinding seperti misalnya bola, rol, taper dan lain-lain. Kontak gelinding terjadi antara elemen ini dengan komponen lain yang berarti pada permukaan kontak tidak ada gerakan relatif (Hermawan, 2012). Contoh konstruksi *roller bearing* ditunjukkan pada Gambar 2.8(b).



Gambar 2.8 Konstruksi bearing; (a) slider bearing; (b) roller bearing.
Sumber : Hermawan, 2012

2.6 Roda Gila (*Flywheel*)

Roda Gila (*Flywheel*) adalah sebuah piringan yang karena beratnya dapat menahan perubahan kecepatan yang drastis sehingga gerak putar poros menjadi lebih halus. *Flywheel* merupakan perangkat mekanik yang berputar dan digunakan untuk menyimpan energi rotasi dan memiliki momen inersia, sehingga dengan demikian mampu menahan perubahan kecepatan rotasi. Energi yang ditransfer ke *flywheel* dengan menggunakan torsi akan

meningkatkan kecepatan rotasi, dan karenanya energi dapat tersimpan dalam rotor (Prasetyo, 2010).



Gambar 2.9 Roda Gila (*Flywheel*)

Sumber : Prasetyo, 2016

Mekanisme penyimpanan energi pada *flywheel* menggunakan prinsip gerak rotasi poros, yang dimana energi disimpan dalam bentuk energi kinetik rotasi. Besarnya energi yang tersimpan pada *flywheel* tergantung pada momen inersia dan kecepatannya saat berputar. *Flywheel* akan menyimpan energi saat berputar karena mengenai gaya dalam bentuk energi kinetik rotasi dan akan melepaskan energi tersebut saat gaya yang mengenainya berkurang atau dihilangkan.

Sebuah *flywheel* bisa berputar sampai puluhan ribu rpm tergantung dari material yang menyusunnya. Semakin padat dan keras material suatu *flywheel* semakin bagus karena dengan volume yang kecil massanya semakin besar. Selain itu, juga akan semakin tahan jika diputar dengan kecepatan tinggi. Dari fungsi tersebut, dapat dikatakan *flywheel* dapat digunakan untuk menghasilkan energi yang baru dari energi yang sudah terpakai (Prasetyo, 2016).

Untuk dapat mengetahui besar momen inersia, dapat menggunakan persamaan berikut sesuai dengan bentuk bendanya yaitu benda pejal:

$$I = \left(\frac{1}{2}\right) mr^2 \dots \dots \dots (2-4)$$

Keterangan:

I = Momen inersia (Kg m²)

m = Massa *flywheel* (Kg)

r = Jari-jari *flywheel* (m)

2.7 Generator AC

Generator adalah mesin pembangkit tenaga listrik dengan masukan tenaga mekanik, yang berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Generator arus bolak-balik atau generator AC termasuk mesin serempak (mesin sinkron) dan sering juga disebut sebagai alternator, generator *alternating current* (AC), atau generator sinkron. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Prinsip yang digunakan adalah percobaan Faraday, yang mengatakan bahwa suatu penghantar yang berada pada sejumlah garis gaya magnet yang berubah-ubah, penghantar tersebut akan menghasilkan gaya gerak listrik (GGL) induksi (Joni, 2013).

Menurut Margunadi (1986), banyaknya daya yang dihasilkan oleh generator menggunakan persamaan sebagai berikut:

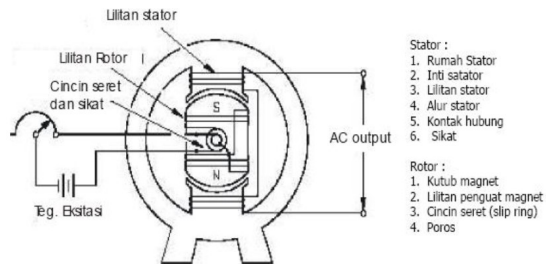
$$P = V \times I \dots \dots \dots (2-5)$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)



Gambar 2.10 Konstruksi Generator AC
Sumber : Saptadi, 2010

Energi listrik merupakan suatu energi yang berasal dari muatan listrik yang menimbulkan medan listrik statis atau Bergeraknya elektron pada elektron pada konduktor (pengantar listrik) atau ion (positif atau negatif) pada zat cair atau gas.

Seperti pada hukum kekekalan energi menyebutkan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan juga tidak dapat dimusnahkan. Energi hanya dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk energi lainnya. Demikian juga halnya dengan energi listrik yang merupakan hasil perubahan energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik (Rahman, 2015).

Menurut Bitar (2020), untuk menghitung energi listrik yang diperlukan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$W = P \times t \dots \dots \dots (2-6)$$

Keterangan :

W = Energi Listrik (Joule)

P = Daya (Watt)

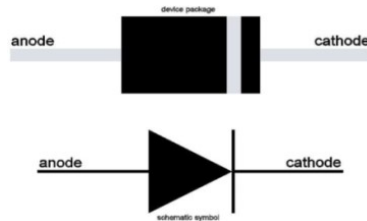
t = Waktu (s)

Rancang bangun *speed bump* ini akan menggunakan generator AC, yang didalamnya terdapat lilitan kumparan dan magnet. Ketika *gear sprocket* berputar, poros utama akan berputar pula. Selama proses ini, poros utama yang terhubung ke rotor di dalam generator pun juga berputar. Dengan kondisi ini, generator akan mengubah dari energi mekanik ke energi listrik dan timbul arus listrik berupa arus AC yang kemudian disimpan dalam aki agar dapat menyimpan energi.

2.8 Dioda

Dioda merupakan komponen elektronik yang terbuat dari bahan semikonduktor yang saling bertemu, yaitu semikonduktor P dan semikonduktor N. Semikonduktor P (*P Type*) merupakan semikonduktor yang terbuat dari campuran bahan silikon, germanium, dan aluminium. Mempunyai sifat kekurangan elektron sehingga disebut semikonduktor pasif. Sedangkan semikonduktor N merupakan semikonduktor yang terbuat dari campuran antara silikon, germanium, dan fosfor yang memiliki kelebihan elektron sehingga disebut semikonduktor negatif (Saptadi, 2010).

Dioda memiliki karakteristik yaitu hanya dapat mengalirkan arus dalam satu arah, yaitu arah anoda (positif) ke arah katoda (negatif). Dioda sebagai *rectifier*) digunakan untuk mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC.



Gambar 2.10 Bentuk Dari Simbol Dioda
Sumber : Saptadi, 2010

2.9 Adaptor

Catu daya atau sering disebut dengan adaptor adalah sebuah perangkat berupa rangkaian elektronika yang digunakan untuk mengubah tegangan listrik yang besar menjadi tegangan listrik lebih kecil, atau rangkaian untuk mengubah arus bolak-balik (*Alternating Current*) menjadi arus searah (*Direct Current*). Adaptor digunakan untuk menurunkan tegangan AC 22 Volt menjadi kecil antara 3 volt sampai 12 volt sesuai kebutuhan alat elektronika (Yuniyarsih, 2017).

Adaptor dapat dibagi menjadi empat macam, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Adaptor *DC Converter*

Adaptor *DC Converter* adalah sebuah adaptor yang dapat mengubah tegangan DC yang besar menjadi tegangan DC yang kecil.

2. Adaptor *Step Up* dan *Step Down*.

Adaptor *Step Up* adalah sebuah adaptor yang dapat mengubah tegangan AC yang kecil menjadi tegangan AC yang besar. Sedangkan Adaptor *Step*

Down adalah adaptor yang dapat mengubah tegangan AC yang besar menjadi tegangan AC yang kecil.

3. Adaptor Inverter

Adaptor Inverter adalah adaptor yang dapat mengubah tegangan DC yang kecil menjadi tegangan AC yang besar.

4. Adaptor *Power Supply*

Adaptor Power Supply adalah adaptor yang dapat mengubah tegangan listrik AC yang besar menjadi tegangan DC yang kecil.



Gambar 2.11 Adaptor Power Supply
Sumber : Yuniyarsih, 2017

2.10 Aki (*Accumulator*)

Aki (*Accumulator*) adalah sebuah alat yang dapat menerima, menyimpan dan mengeluarkan energi listrik, melalui proses kimia. Di dalam kehidupan sehari-hari banyak manfaat yang dapat diperoleh dengan menggunakan aki, terutama untuk alat-alat yang digerakkan oleh aki, terutama yang bersifat *flexible*.

Menurut Setiono (2015), aki digolongkan menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Aki Basah

Aki basah ini paling banyak digunakan pada kendaraan bermotor, berisi cairan asam belerang yang dapat ditambahkan pada lubang-lubang kotak aki, sehingga apabila cairan asam belerang akan ditambahkan. Cairan ini dapat berkurang, sebab selama aki digunakan terjadi reaksi kimia didalamnya dengan sel aki yang menyebabkan cairan menjadi berkurang. Contoh aki basah ditunjukkan pada Gambar 2.11(a).

Keuntungan :

- Dapat ditambahkan cairan asam sulfat, bila cairan berkurang.
- Mudah perawatannya.
- Harga relatif lebih murah.

Kekurangan :

- Memiliki tingkat pengosongan paling besar antara 0,8 s/d 1,0 per hari.
- Harus sering menghidupkan mesin, agar aki terisi kembali.

2. Aki Kering

Aki kering menggunakan kalsium pada anode dan katode, dengan penyekat berupa jaring (*net*) yang dapat menyerap cairan elektrolit. Cairan elektrolit berupa gel, dengan kemasan yang tertutup rapat. Ketika terjadi penguapan, gas alam diserap oleh net tersebut, sehingga tidak terjadi pengurangan jumlah elektrolit. Contoh aki kering ditunjukkan pada Gambar 2.11(b).

Keuntungan:

- Bebas perawatan.
- Kinerja lebih baik.

Kekurangan:

- Harga mahal
- Tidak tahan pada suhu panas.



(a) (b)
Gambar 2.12 Jenis-jenis Aki; (a) Aki Basah; (b) Aki Kering.
Sumber : Setiono, dkk 2015

Kapasitas aki dapat diketahui menggunakan persamaan muatan listrik sebagai berikut:

$$Q = I \times t \dots \dots \dots (2-7)$$

Keterangan :

Q = Muatan Listrik (Ah)

I = Arus (A)

t = Waktu (s)

BAB III METODE KEGIATAN

3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan

Proses pengerjaan alat pembangkit listrik tenaga *speed bump* atau polisi tidur ini dilaksanakan di Bengkel Listrik Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Waktu pengerjaan alat dimulai pada bulan Januari 2020 sampai dengan bulan Agustus 2020. Sedangkan pengujian dan pengambilan data dilaksanakan di luar Lab Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang pada bulan September 2020.

Tabel 1. Batas Waktu Kegiatan

No.	Waktu Kegiatan	Kegiatan
1.	Januari 2020	Persiapan Alat dan Bahan
2.	Februari 2020	Perancangan Mekanik
3.	Februari 2020 – Juli 2020	Pembuatan dan Perakitan
4.	Juli 2020 – Agustus 2020	Pengujian Alat
5.	Agustus 2020	Pengambilan Data
6.	Agustus 2020 – September 2020	Pembuatan Laporan

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan dan komponen yang digunakan dalam perancangan ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Alat

Tabel 2. Alat yang Akan Digunakan dalam Perancangan

No.	Nama Alat	Jumlah	Satuan
1.	Generator AC	1	Buah
2.	Gerinda	1	Buah
2.	Mesin las listrik	1	Buah
3.	Mesin bor	1	Buah
4.	Mesin bubut	1	Buah
5.	Meteran	1	Buah
6.	Voltmeter	1	Buah
7.	Amperemeter	1	Buah
8.	Kunci pas	1	Buah

3.2.2 Bahan

Tabel 3. Bahan-bahan yang Digunakan dalam Perancangan

No	Material	Jumlah	Satuan
1.	Besi siku	5	Buah
2.	Besi poros (\emptyset 1 inch)	3	Meter
3.	Besi plat (1.2 mm)	1	Buah
4.	<i>Bearing Pillow block</i> (\emptyset 1 inch)	12	Buah
5.	Baut dan Mur (10 x 35)	20	Buah
6.	<i>Gear one way (T16)</i>	7	Buah
7.	<i>Gear one way (T44)</i>	4	Buah
8.	Plat bermotif	1	Buah
9.	Rantai sepeda	6	Buah
10.	<i>Flywheel</i> (5,2 kg)	1	Buah

11.	Aki kering	1	Buah
12.	Pegas	2	Buah

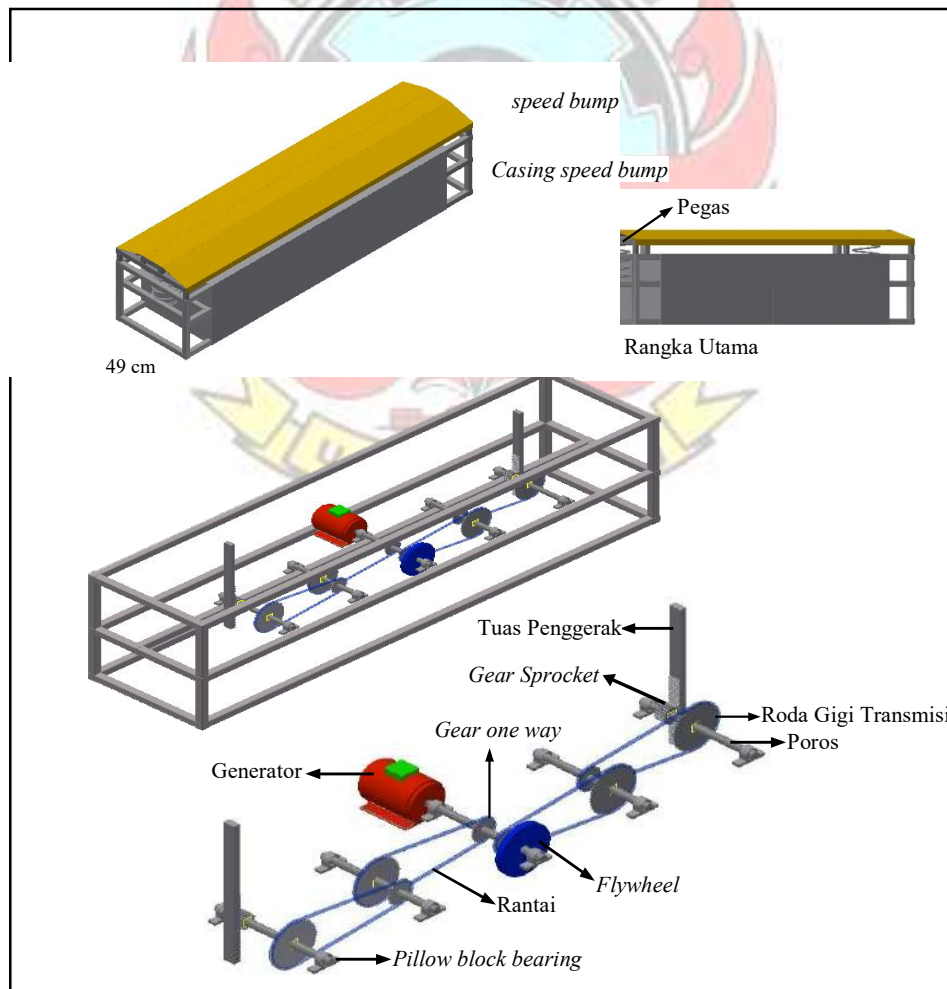
3.3 Prosedur/Langkah Kerja

3.3.1 Studi Literatur

Pada tahap perencanaan dilakukan studi literatur mengenai judul yang akan diangkat dengan tujuan mengumpulkan informasi agar memudahkan dalam pengerjaan rancang bangun.

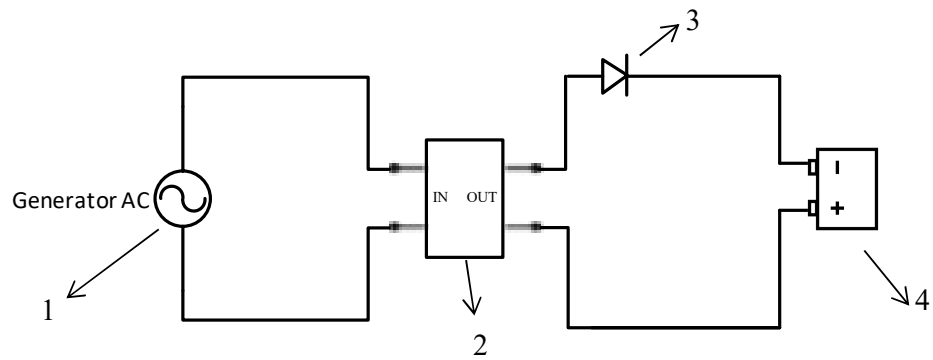
3.3.2 Tahap Perancangan

1. Tahap Perancangan Mekanik



Gambar 3.1 Skema alat polisi tidur pembangkit listrik

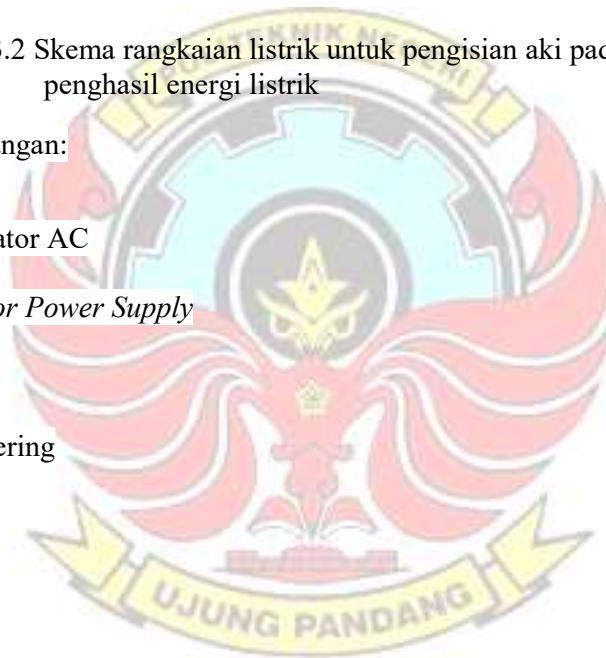
1. Perancangan Sistem Kelistrikan



Gambar 3.2 Skema rangkaian listrik untuk pengisian aki pada alat polisi tidur penghasil energi listrik

Keterangan:

1. Generator AC
2. *Adaptor Power Supply*
3. Dioda
4. Aki Kering



5.

3.3.3 Tahap Pembuatan dan Perakitan

Setelah proses perancangan selesai, maka akan dilanjutkan dengan proses pembuatan alat pembangkit listrik tenaga *speed bump*. Langkah-langkah yang dikerjakan pada masing-masing rangkaian rancang bangun adalah sebagai berikut:

1. Persiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Pembuatan rangka utama atau besi siku peyangga komponen rancang bangun *speed bump* dengan menggunakan besi siku.
3. Pemasangan gear-gear pada poros.
4. Pemasangan bantalan pada setiap ujung poros.
5. Pemasangan besi-besi poros yang digunakan sebagai poros couple generator dan poros transmisi gear pada rangka utama.
6. Pemasangan generator dengan menghubungkan poros rotor ke poros utama *speed bump*.
7. Pemasangan rantai pada gear yang mentransmisikan daya poros.
8. Pembuatan rangka polisi tidur yang dihubungkan dengan tuas penggerak poros
9. Pemasangan plat pada dinding rangka utama.
10. Pembuatan lubang di jalan untuk penempatan alat pembangkit listrik *speed bump*.

3.4 Prosedur Pengujian

Setelah rancang bangun selesai, maka akan dilanjutkan dengan pengujian alat dan pengambilan data. Pengujian dilakukan di luar kampus Politeknik Negeri Ujung Pandang, yaitu di jalan sekitar BTN Makkio Baji. Langkah-langkah yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Membuat lubang pada jalan yang ingin dipasangkan polisi tidur, sesuai dengan dimensi alat pembangkit listrik tenaga *speed bump*.
2. Memasukkan alat ke dalam lubang.
3. Mengambil data tegangan, arus, putaran generator dan kecepatan mobil saat melewati *speed bump*.



3.5 Teknik Pengolahan/Analisis Data

1. Ratio Gear

Untuk mengetahui perbandingan ratio antar kedua gear maka dapat menggunakan persamaan (2-2) yaitu:

$$\text{Rasio Gear} = \frac{T_1}{T_2}$$

Keterangan :

T_1 = jumlah gigi pada roda gigi pertama

T_2 = jumlah gigi pada roda gigi kedua

2. Energi Listrik, W (Wh)

Untuk menghitung energi listrik yang dihasilkan untuk setiap lintasan mobil pada *speed bump* maka dapat digunakan persamaan (2-6) yaitu:

$$W = P \times t$$

Keterangan :

W = Energi Listrik (Wh)

P = Daya Output (W)

V = Tegangan (V)

3. Momentum, p (Kg.m/s)

Untuk menghitung nilai momentum mobil yang melintas pada *speed bump* maka dapat digunakan persamaan (2-1), yaitu:

$$p = m \cdot v$$

Keterangan :

p = Momentum (Kg.m/s)

m = Massa kendaraan yang ditumpu roda ketika melewati polisi tidur
(kg)

v = Kecepatan kendaraan mobil (m/s)

4. Jumlah Kendaraan Untuk Pengisian Penuh Aki

Kapasitas aki dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2-7), yaitu muatan listrik sebagai berikut:

$$Q = I \times t$$

Keterangan :

Q = Muatan Listrik (Ah)

I = Arus (A)

t = Waktu (s)

5. Momen inersia *flywheel* (Kg m²)

Untuk dapat mengetahui besar momen inersia, dapat menggunakan persamaan (2-4) berikut sesuai dengan bentuk bendanya yaitu benda pejal:

$$I = \left(\frac{1}{2}\right) m r^2$$

Keterangan :

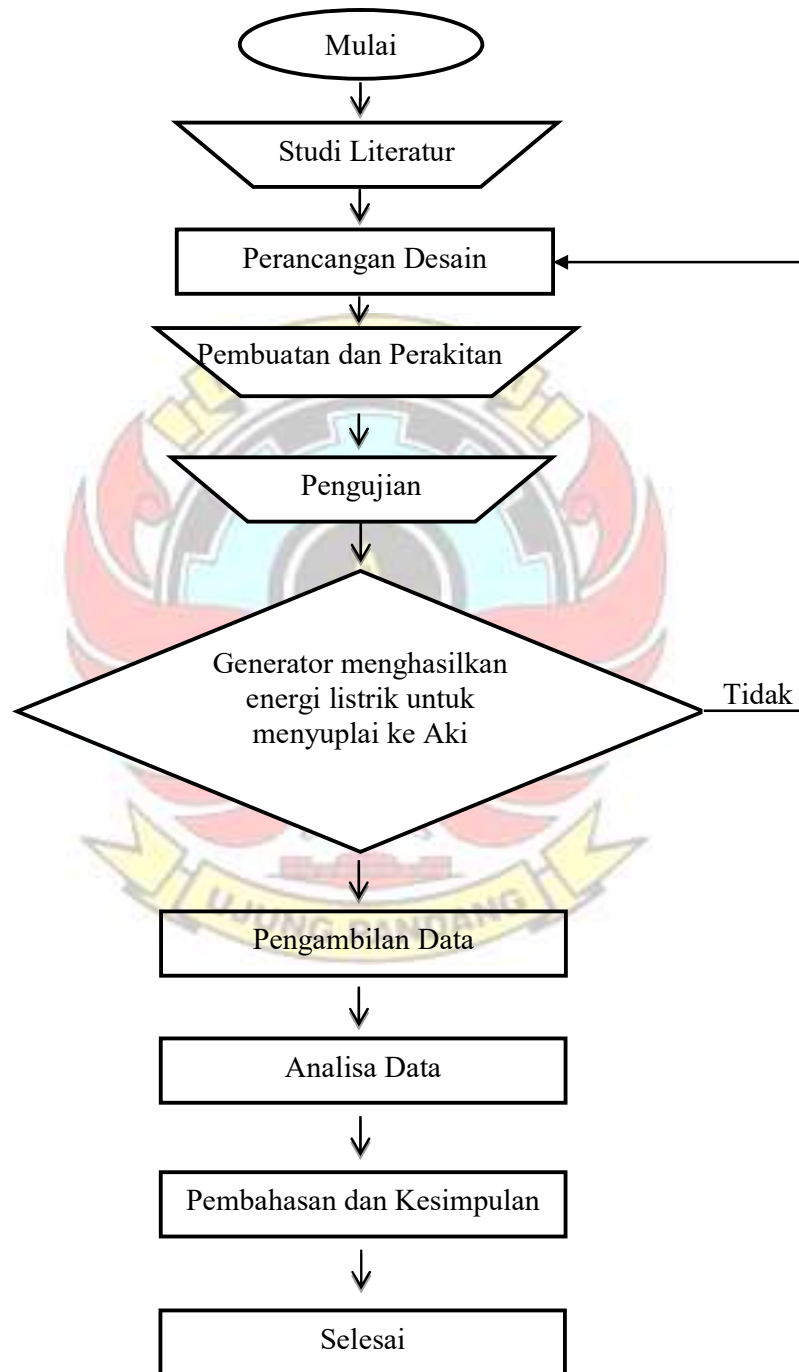
I = Momen inersia (Kg m²)

m = Massa *flywheel* (Kg)

r = Jari-jari *flywheel* (m)



3.6 Diagram Alir



Gambar 3.3 Diagram alir kegiatan

BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1 Hasil Kegiatan

4.1.1 Hasil Perancangan Rangka

Dalam mendesain dan membuat alat *speed bump* penghasil energi listrik ini, maka telah selesai dibuat dengan merujuk pada metode perancangan. Dasar pembuatan alat ini terdiri dari tiga bagian, yaitu *speed bump*, rangka utama, dan sistem kelistrikan untuk mengisi ke aki. Pada bagian *speed bump*, penulis menggunakan plat besi bermotif dan kemudian membentuknya sesuai standar ukuran Keputusan Menteri Perhubungan No.3 Tahun 1994.

Di dalam rangka utama, terdapat rantai yang menyatu pada tuas dan terhubung pada *speed bump* yang panjangnya 200 milimeter. Tuas tersebut akan menggerakkan rantai yang terhubung dengan *gear sprocket* yang diletakkan pada poros. Putaran poros tersebut akan ditransmisikan ke poros lainnya guna menambah jumlah putaran pada *gear sprocket* sehingga ketika dihubungkan ke poros utama generator mampu menghasilkan putaran yang lebih banyak. Putaran generator ini akan menghasilkan energi listrik yang dapat disimpan pada aki. Setiap poros yang ditransmisikan terdapat *gear sprocket* yang bekerja dengan satu arah sehingga generator dapat berputar dalam satu arah.



(a)

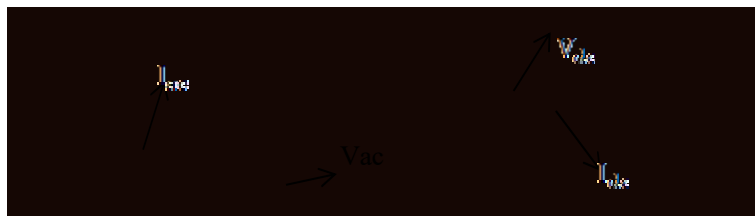


(b)

Gambar 4.1 Hasil Rancang Bangun *Speed Bump* sebagai Penghasil Energi Listrik; (a) sebelum ditutup plat besi; (b) sesudah ditutup plat besi.

4.1.2 Hasil Perancangan Rangkaian Listrik

Tegangan generator yang dihasilkan pada rancang bangun *speed bump* ini dapat mencapai 200 volt AC sehingga tidak mampu digunakan untuk menyimpan energi ke aki, maka dari itu penulis menggunakan adaptor sebagai pengubah tegangan AC menjadi tegangan DC dan juga sebagai pembatas tegangan. Tegangan yang dibatasi hanya sampai 12,4 volt sehingga dapat mengisi ke aki.



Gambar 4.2 Rangkaian Listrik untuk Pengujian Alat

4.2 Hasil Pengujian

Berdasarkan proses pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil data ketika kendaraan melewati *speed bump* pada tingkat kecepatan yang bervariasi. Pada penelitian ini, variasi kecepatan kendaraan (mobil) yang melintasi *speed bump* adalah: 1,97 Km/jam, 3,0 Km/jam, 4,83 Km/jam, dan 6,84 Km/jam.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian *Speed Bump* dengan Kecepatan Kendaraan Mobil 1,97 Km/jam.

No.	t (s)	I_{ac} (A)	V_{ac} (V)	I_{dc} (A)	V_{dc} (V)	n (rpm)
1.	1	0.05	53	0.67	12.4	161.7
2.	2	0.05	134	0.65	12.4	641.3
3.	3	0.05	103	0.62	12.4	403.9
4.	4	0.06	70	0.62	12.4	213.6
5.	5	0.05	34	0.44	12.2	103.7
6.	6	0.04	142	0.58	12.4	689.8
7.	7	0.05	113	0.58	12.4	456.4
8.	8	0.05	82	0.57	12.4	250.2
9.	9	0.07	45	0.57	12.4	137.3
10.	10	0	30	0	11.6	0
11.	11	0	22	0	11.6	0

No.	t (s)	I_{ac} (A)	V_{ac} (V)	I_{dc} (A)	V_{dc} (V)	n (rpm)
12.	12	0	5	0	11.6	0
13.	13	0	0	0	11.6	0

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Speed Bump* dengan Kecepatan Kendaraan Mobil 3,0 Km/jam.

No.	t (s)	I_{ac} (A)	V_{ac} (V)	I_{dc} (A)	V_{dc} (V)	n (rpm)
1.	1	0.05	144	0.68	12.4	701.9
2.	2	0.05	130	0.64	12.4	589.5
3.	3	0.05	99	0.62	12.4	388.2
4.	4	0.04	158	0.59	12.4	786.7
5.	5	0.04	133	0.59	12.4	635.3
6.	6	0.05	103	0.57	12.4	403.9
7.	7	0.07	55	0.33	12.4	167.8
8.	8	0.06	35	0.33	12.4	106.8
9.	9	0	28	0	11.6	0
10.	10	0	9	0	0	0
11.	11	0	1	0	0	0
12.	12	0	0	0	0	0

**Tabel 4.3 Hasil Pengujian *Speed Bump* dengan Kecepatan Kendaraan
Mobil 4,83 Km/jam.**

No.	t (s)	I_{ac} (A)	V_{ac} (V)	I_{dc} (A)	V_{dc} (V)	n (rpm)
1.	1	0.05	145	0.66	12.4	707.9
2.	2	0.05	118	0.66	12.4	482.7
3.	3	0.05	156	0.63	12.4	774.6
4.	4	0.06	167	0.6	12.4	814,7
5.	5	0.04	142	0.58	12.4	689.8
6.	6	0.04	113	0.57	12.4	456.4
7.	7	0.05	83	0.57	12.4	253.3
8.	8	0.06	43	0.56	12.4	131.2
9.	9	0	18	0	11.6	0
10.	10	0	12	0	0	0
11.	11	0	9	0	0	0
12.	12	0	0	0	0	0

**Tabel 4.4 Hasil Pengujian *Speed Bump* dengan Kecepatan Kendaraan
Mobil 6,84 Km/jam.**

No.	t (s)	I_{ac} (A)	V_{ac} (V)	I_{dc} (A)	V_{dc} (V)	n (rpm)
1.	1	0.05	134	0.67	12.4	641.3
2.	2	0.03	171	0.64	12.4	824.9

3.	3	0.03	159	0.61	12.4	792.7
No.	t (s)	I_{ac} (A)	V_{ac} (V)	I_{dc} (A)	V_{dc} (V)	n (rpm)
4.	4	0.04	146	0.61	12.4	714.0
5.	5	0.05	108	0.59	12.4	430.9
6.	6	0.06	86	0.57	12.4	337.2
7.	7	0.05	50	0.42	12.4	152.6
8.	8	0	23	0	11.1	0
9.	9	0	19	0	0	0
10.	10	0	12	0	0	0
11.	11	0	0	0	0	0

Keterangan: Data yang digunakan dalam analisis data adalah data yang dapat mengisi ke aki sebesar 12,4 volt.

4.3 Analisis Data

Berdasarkan pembahasan sebelumnya mengenai teknik analisis data, adapun parameter yang perlu dihitung meliputi Ratio Gear yang bekerja, Energi Listrik (W), Momentum dari mobil (p), Jumlah kendaraan mobil yang melintasi *speed bump* sampai mampu mengisi aki hingga penuh, serta Momen Inersia pada *flywheel* (I).

4.3.1 Ratio Gear

Pada mekanisme *speed bump* penghasil energi listrik, putaran pada poros generator sebelumnya mengalami transmisi putaran dari dua poros yang memiliki ukuran gear yang berbeda, sehingga perbandingan ratio antar *gear*

pada poros dapat menggunakan persamaan berikut: $\text{Rasio Gear} = \frac{T_{44}}{T_{16}}$

$$\text{Rasio Gear} = 2,75$$

Karena perbandingan putaran pada poros pertama terhadap poros kedua sebesar 2,75 putaran, maka perbandingan putaran pada poros kedua terhadap poros generator sebesar 7,56 putaran.

4.3.2 Energi Listrik

Dalam perhitungan nilai energi listrik, dibutuhkan nilai tegangan, serta waktu ketika generator bekerja. Akan tetapi, nilai data tegangan dan arus yang dihasilkan generator ketika *speed bump* bekerja tidak konstan (dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.4). Sehingga, data tegangan dan arus yang digunakan dalam perhitungan merupakan nilai rata-rata dalam setiap percobaan.

a. Perhitungan pada Kecepatan Kendaraan Mobil 1,97 Km/jam.

Untuk perhitungan *speed bump* dengan kecepatan mobil 1,97 Km/jam menggunakan data pada Tabel 4.1:

Diketahui : Tegangan DC ($\overline{V_{dc}}$) = 12,37 V

$$\text{Arus DC } (\overline{I_{dc}}) = 0,59 \text{ A}$$

$$\text{Waktu (t)} = 9 \text{ s}$$

Penyelesaian:

$$\overline{P_{out}} = \overline{V_{dc}} \times \overline{I_{dc}}$$

$$\overline{P}_{out} = 12,37 \text{ V} \times 0,59$$

$$\overline{P}_{out} = 7,29 \text{ W}$$

Sehingga,

$$W = \overline{P}_{out} \times t$$

$$W = 7,29 \text{ W} \times 9 \text{ s}$$

$$W = 65,61 \text{ Ws} = 0,018 \text{ Wh}$$

b. Perhitungan pada Kecepatan Kendaraan Mobil 3,0 Km/jam.

Untuk perhitungan *speed bump* dengan kecepatan mobil 3,0 Km/jam menggunakan data pada Tabel 4.2:

Diketahui : Tegangan DC (\overline{V}_{dc}) = 12,4 V

Arus DC (\overline{I}_{dc}) = 0,54 A

Waktu (t) = 8 s

Penyelesaian:

$$\overline{P}_{out} = \overline{V}_{dc} \times \overline{I}_{dc}$$

$$P_{out} = 12,4 \text{ V} \times 0,54 \text{ A}$$

$$\overline{P}_{out} = 6,69 \text{ W}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 W &= \overline{P_{out}} \times t \\
 &= 6,69 \text{ W} \times 8 \text{ s} \\
 &= 53,52 \text{ Ws} = 0,015 \text{ Wh}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan pada Kecepatan Kendaraan Mobil 4,83 Km/jam.

Untuk perhitungan *speed bump* dengan kecepatan mobil 4,83 Km/jam menggunakan data pada Tabel 4.3:

Diketahui : Tegangan DC ($\overline{V_{dc}}$) = 12.4 V

Arus DC ($\overline{I_{dc}}$) = 0.6 A

Waktu (t) = 8 s

Penyelesaian:

$$\overline{P_{out}} = \overline{V_{dc}} \times \overline{I_{dc}}$$

$$\overline{P_{out}} = 12.4 \text{ V} \times 0.6 \text{ A}$$

$$\overline{P_{out}} = 7.44 \text{ W}$$

Sehingga,

$$W = P_{out} \times t$$

$$= 7,44 \text{ W} \times 8 \text{ s}$$

$$= 59,52 \text{ Ws} = 0,016 \text{ Wh}$$

d. Perhitungan pada Kecepatan Kendaraan Mobil 6,84 Km/jam.

Untuk perhitungan *speed bump* dengan kecepatan mobil 6,84 Km/jam menggunakan data pada Tabel 4.4:

Diketahui : Tegangan DC ($\overline{V_{dc}}$) = 12.4 V

Arus DC ($\overline{I_{dc}}$) = 0.58 A

Waktu (t) = 7 s

Penyelesaian:

$$\overline{P_{out}} = \overline{V_{dc}} \times \overline{I_{dc}}$$

$$\overline{P_{out}} = 12.4 \text{ V} \times 0.58 \text{ A}$$

$$\overline{P_{out}} = 7.19 \text{ W}$$

Sehingga,

$$W = \overline{P_{out}} \times t$$

$$= 7,19 \text{ W} \times 7 \text{ s}$$

$$= 50,33 \text{ Ws} = 0,014 \text{ Wh}$$

4.3.3 Momentum Kendaraan Mobil

Perhitungan terhadap momentum kendaraan mobil dibutuhkan nilai massa dan kecepatan mobil, yang dimana pada massa minimum 35 kg sudah mampu untuk memutar poros generator pada *speed bump*. Pada pengujian ini massa mobil yang digunakan yaitu 540 kg untuk ban depan dan juga 540 kg untuk ban belakang mobil pada tingkat kecepatan mobil yang bervariasi dalam setiap percobaan.

b. Perhitungan pada Kecepatan Kendaraan Mobil 1,97 Km/jam.

Diketahui : Massa (m) = 540 Kg

Kecepatan (v) = 1,97 Km/Jam = 0,547 m/s

Penyelesaian:

$$p = m \times v$$

$$= 540 \text{ Kg} \times 0,547 \text{ m/s}$$

$$= 295,38 \text{ Kg.m/s}$$

c. Perhitungan pada Kecepatan Kendaraan Mobil 3,0 Km/jam.

Diketahui : Massa (m) = 540 Kg

Kecepatan (v) = 3,0 Km/Jam = 0,833 m/s

Penyelesaian:

$$p = m \times v$$

$$= 540 \text{ Kg} \times 0,833 \text{ m/s}$$

$$= 449,82 \text{ Kg.m/s}$$

d. Perhitungan pada Kecepatan Kendaraan Mobil 4,83 Km/jam.

Diketahui : Massa (m) = 540 Kg

Kecepatan (v) = 4,83 Km/Jam = 1,346 m/s

Penyelesaian:

$$p = m \times v$$

$$= 540 \text{ Kg} \times 1,346 \text{ m/s}$$

$$= 726,84 \text{ Kg.m/s}$$

e. Perhitungan pada Kecepatan Kendaraan Mobil 6,84 Km/jam.

Diketahui : Massa (m) = 540 Kg

Kecepatan (v) = 6,84 Km/Jam = 1,901 m/s

Penyelesaian:

$$p = m \times v$$

$$= 540 \text{ Kg} \times 1,901 \text{ m/s}$$

$$= 1026,54 \text{ Kg.m/s}$$

4.3.4 Jumlah Kendaraan Untuk Pengisian Penuh ke Aki

Aki yang digunakan hingga terisi penuh pada pengisian 3A 30 menit, sehingga untuk dapat menghitung muatan aki yang digunakan

yaitu: $Q_{aki} = I \times t$

$$= 3A \times 1800 \text{ s}$$
$$= 5400 \text{ As}$$

Sehingga dalam memperhitungkan jumlah kendaraan yang melintasi *speed bump* pada kecepatan yang bervariasi, dibutuhkan nilai arus rata-rata (I_{dc}) dan waktu (s) dalam setiap percobaan. Berikut perhitungan jumlah kendaraan untuk pengisian penuh ke aki:

a. Perhitungan pada Kecepatan Kendaraan Mobil 1,97 Km/jam.

Diketahui : Arus DC (I_{dc}) = 0,59 A

Waktu (t) = 9 s

Penyelesaian:

$$t \text{ penuh} = \frac{Q_{aki}}{I_{dc}}$$

$$= \frac{5400 \text{ As}}{0,59 \text{ A}}$$

$$= 9152,54 \text{ s}$$

Sehingga jumlah kendaraan mobil yang diperlukan untuk pengisian penuh :

$$x = \frac{9152,54}{9}$$

= 1016 Kendaraan mobil.

b. Perhitungan pada Kecepatan Kendaraan Mobil 3,0 Km/jam.

Diketahui : Arus DC ($\overline{I_{dc}}$) = 0,54 A

Waktu (t) = 8 s

Penyelesaian:

$$t \text{ penuh} = \frac{Q_{aki}}{I_{dc}}$$

$$= \frac{5400 \text{ As}}{0,54 \text{ A}}$$

$$= 10000 \text{ s}$$

Sehingga jumlah kendaraan mobil yang diperlukan untuk pengisian penuh :

$$x = \frac{10000}{8}$$

= 1250 Kendaraan mobil.

c. Perhitungan pada Kecepatan Kendaraan Mobil 4,83 Km/jam.

Diketahui : Arus DC ($\overline{I_{dc}}$) = 0,6 A

Waktu (t) = 8 s

Penyelesaian:



$$t \text{ penuh} = \frac{Q_{aki}}{I_{dc}}$$

$$= \frac{5400 \text{ As}}{0,6 \text{ A}}$$

$$= 9000 \text{ s}$$

Sehingga jumlah kendaraan mobil yang diperlukan untuk pengisian penuh :

$$x = \frac{9000}{8}$$

$$= 1125 \text{ Kendaraan mobil.}$$

d. Perhitungan pada Kecepatan Kendaraan Mobil 6,84 Km/jam.

Diketahui : Arus DC (I_{dc}) = 0,58 A

Waktu (t) = 7 s

Penyelesaian:

$$t \text{ penuh} = \frac{Q_{aki}}{I_{dc}}$$

$$= \frac{5400 \text{ As}}{0,58 \text{ A}}$$

$$= 9310,3 \text{ s}$$

Sehingga jumlah kendaraan mobil yang diperlukan untuk pengisian penuh :

$$x = \frac{9310,3}{7}$$

= 1330 Kendaraan mobil.

4.3.5 Momen Inersia *Flywheel*

Pada perhitungan momen inersia *flywheel* dibutuhkan nilai massa dan jari-jari *flywheel*, yang dimana pada penggunaan rumus tersebut tergantung dari benda tersebut. Karena penulis menggunakan *flywheel* yang bentuknya benda pejal, maka menggunakan rumus yaitu:

Diketahui : Massa *flywheel* (kg) = 5.2 kg

Jari-jari *flywheel* (r) = 0,102 m

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 I &= \left(\frac{1}{2}\right) mr^2 \\
 &= \left(\frac{1}{2}\right) (5.2 \text{ kg}) (0,102\text{m})^2 \\
 &= 0,5304 \text{ Kg m}^2
 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Hasil Analisis Data

Kecepatan kendaraan mengisi waktu penuh (*fullcharger*) dengan estimasi jumlah kendaraan yang melintasi *speed bump*.

Kecepatan Kendaraan (Km/jam)	Energi Lisrik, W (Ws)	Momentum, p (Kg.m/s)	Waktu t penuh (<i>fullcharger</i>) (s)	Jumlah kendaraan untuk <i>fullcharger</i>

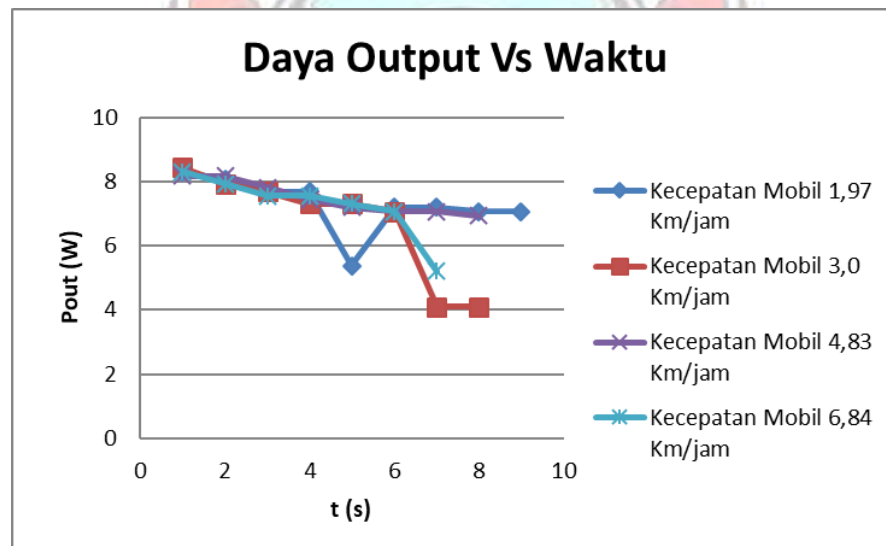
1,97	65,61	295,38	9152,54	1016
3,0	53,52	449,82	10000	1250
4,83	59,52	726,84	9000	1125
6,84	50,33	1026,54	9310	1330



4.4 Grafik dan Pembahasan

4.4.1 Perbandingan Daya Output terhadap Waktu

Keluaran tegangan dan arus generator AC ketika beroperasi disalurkan ke *adaptor power supply* AC 220 to DC 12V, sehingga daya output generator diubah ke bentuk AC dan dibatasi hingga 12,4 V serta dapat digunakan untuk pengisian ke aki. Pada pengujian ini, generator yang bekerja ketika *speed bump* dilewati kendaraan mobil dapat menghasilkan energi listrik sehingga dapat dibuatkan grafik yang menggambarkan daya output terhadap waktu generator selama beroperasi.



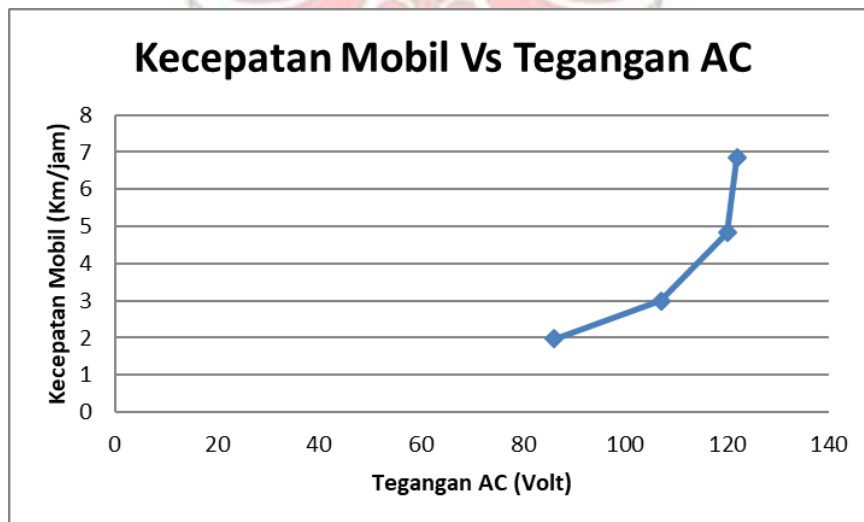
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara daya output terhadap waktu beroperasi generator pada beberapa variasi kecepatan mobil.

Berdasarkan Gambar 4.3 maka dapat dilihat bahwa hubungan antara daya output berbanding terbalik terhadap waktu generator saat beroperasi, dalam artian semakin lama waktu *generator* beroperasi maka daya output semakin menurun.

Pada kecepatan mobil 1,97 Km/jam, daya output maksimal yaitu 8,3 Watt pada detik ke 1 generator beroperasi. Hal ini dikarenakan pada detik ke 1, *speed bump* mengalami tekanan awal dari ban mobil yang dapat memutar poros generator. Sedangkan daya output minimum yaitu 5,36 Watt pada detik ke 5 saat generator beroperasi. Daya output tersebut mengalami penurunan karena saat itu tegangan generator 34 volt yang dimana putaran generator akan berhenti. Pada tiga data lainnya dapat dilihat bahwa daya output tertinggi terdapat pada detik pertama. Hal ini disebabkan generator yang mula-mula belum bekerja mengalami putaran yang besar secara drastis ketika ban depan mobil melintasi *speed bump*.

4.4.2 Hasil Pengujian Kecepatan Mobil terhadap Tegangan Generator

Pada pengujian ini, dilakukan empat variasi kecepatan mobil, yang dimana pada tiap kecepatan mobil menghasilkan tegangan generator yang berbeda-beda. Pengujian ini akan digambarkan grafik pada Gambar 4.4.

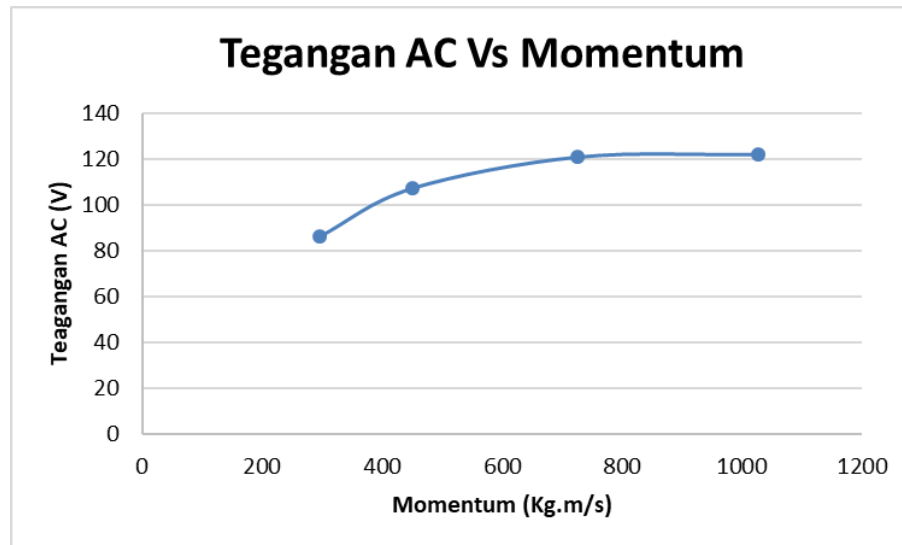


Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kecepatan mobil terhadap tegangan yang dihasilkan generator.

Berdasarkan Gambar 4.4 maka dapat dilihat bahwa hubungan antara kecepatan mobil terhadap tegangan generator berbanding lurus, dalam artian bahwa semakin besar kecepatan mobil kendaraan mobil maka tegangan yang dihasilkan generator pula akan semakin besar. Untuk nilai tegangan generator tertinggi yaitu 122 volt pada kecepatan kendaraan mobil 6,84 Km/jam, sedangkan nilai tegangan generator terendah yaitu 86,22 volt pada kecepatan kendaraan mobil 1,79 Km/jam. Hal ini disebabkan laju kendaraan mobil yang semakin tinggi saat melindasi *speed bump* membuat tuas penggerak poros bergerak lebih cepat dan poros pada generator menghasilkan putaran lebih banyak sehingga menghasilkan tegangan generator yang tinggi.

4.4.3 Hasil Pengujian Data Tegangan terhadap Momentum

Pada pengujian ini, perubahan tegangan generator terhadap momentum gerak mobil akan digambarkan pada grafik dalam empat kali percobaan variasi kecepatan mobil. Dapat diketahui bahwa momentum merupakan perkalian antara massa mobil yang bernilai konstan dan kecepatan mobil yang bervariasi, sehingga nilai momentum ditentukan oleh nilai kecepatan mobil dari berbagai percobaan.



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara tegangan generator dengan momentum pada beberapa variasi kecepatan mobil.

Berdasarkan Gambar 4.5 maka dapat dilihat bahwa hubungan antara tegangan generator terhadap momentum mobil berbanding lurus, dalam artian bahwa semakin besar momentum kendaraan mobil maka tegangan generator juga akan semakin tinggi. Untuk nilai momentum tertinggi yaitu 1026,54 Kg.m/s pada tegangan generator 122 volt adalah kecepatan mobil 6,84 Km/jam, sedangkan nilai momentum terendah yaitu 295,38 Kg.m/s pada tegangan generator 86,2 volt adalah kecepatan mobil 1,79 Km/jam. Hal ini disebabkan kecepatan mobil yang melindasi *speed bump* yang semakin cepat membuat tuas yang menggerakkan poros lebih cepat, sehingga poros generator juga berputar dengan cepat dan menghasilkan tegangan generator yang tinggi.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Besar energi listrik yang dihasilkan bervariasi dari berbagai kecepatan mobil yang melindasi *speed bump*, pada kecepatan 1,97 Km/jam energi yang dihasilkan 65,61 Ws, kecepatan 3,0 Km/jam energi yang dihasilkan 53,52 Ws, kecepatan 4,83 Km/jam energi yang dihasilkan 59,52 Ws, dan kecepatan 6,84 Km/jam energi yang dihasilkan 50,33 Ws.
2. Besar momentum kendaraan mobil berpengaruh pada tegangan generator yang dihasilkan. Pada kecepatan mobil 1,97 Km/jam momentum yang dihasilkan 295,38 Kg.m/s, kecepatan 3,0 Km/jam momentum yang dihasilkan 449,82 Kg.m/s, kecepatan 4,83 Km/jam momentum yang dihasilkan 726,84 Kg.m/s, dan kecepatan 6,84 Km/jam momentum yang dihasilkan 1026,54 Kg.m/s.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya diperlukan perbaikan pada *speed bump* dengan menggunakan *rubber* agar jika terus dilewati oleh kendaraan mobil maka *speed bump* tidak akan cepat rusak.
2. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan alat ukur yang lebih sensitif terhadap perubahan waktu.

3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan adaptor dengan output mencapai 14 V, sehingga lebih optimal lagi dalam pengisian aki.
4. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan casing penutup rangka alat yang benar-benar anti air.
5. Pemasangan *flywheel* disarankan terletak seporos dengan poros generator.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1994. Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KM 3 Tahun 1994 Tentang Alat Pengendali dan Pengaman Pemakai Jalan. Menteri Perhubungan Republik Indonesia.
- Asy'ari, Hasyim, dkk. 2013. *Speed Bump* sebagai Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan dan Terbarukan. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi Terapan-2013*, 16 November 2013.
- Bitar. 2020. Pengertian, Rumus, Dan Satuan Energi Listrik (*Online*), (<https://www.gurupendidikan.co.id/rumus-dan-satuan-energi-listrik/>), Diakses 24 Juni 2020.
- G. Neimen. 1999. *Elemen Mesin Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Hamzah, dkk. 2010. Studi Awal Pengembangan *Speed Bump* Pembangkit Daya. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin IX*. Palembang.
- Joni, Alpensus. 2013. Pemanfaatan Motor Induksi Satu Fasa Sebagai Generator. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- Komalawardana, Aditia, Tatang Hermawan. 2017. Perancangan Pembangkit Listrik dari Polisi Tidur. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Pancasila.
- Margunadi, A.R. 1986. *Pengantar Umum Elektroteknik*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Munandi, Agus. 2013. Pembangkit Listrik Tenaga *Speed Bump* sebagai Sumber Energi Alternatif. Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Muttaqin, Syaoyi. 2017. Analisa Karakteristik Generator dan Motor DC. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Nugroho, Setyo Adi. 2017. Polisi Tidur Tidak Boleh Asal, Ada Ukuran Resminya (*Online*), (<https://sains.kompas.com/read/2017/05/08/113705030/bikin.polisi.tidur.tidak.boleh.asal.ada.ukuran.resminya>), Diakses 8 Mei 2017.
- Osakue, Edward E., Lucky Anetor. 2016. *Spur Gear: Some New Perspectives*. International Journal of Research in Engineering and Technology, V(IX): 1-3.

- Prapto, Richard Michael. 2018. Peningkatan Kekerasan Sprocket Imitasi Melalui Proses Karburasi Cair dengan Suhu 850°C. Yogyakarta: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma.
- Prasetyo, Imam Dwi. 2016. Analisis Performa *Flywheel*. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
- Prasetyo, Andy. 2010. Uji Karakteristik Mekanisme Pembangkit Energi Listrik pada *Speed Bump* dengan Mekanisme *Flywheel*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Priananda, dkk. 2011. Rancang Bangun Electrical System Pada Speed Bump Pembangkit Daya. Surabaya: Fakultas Teknik Elektronika Politeknik Negeri Surabaya.
- Rahman, Rifqi Aulia. 2015. Hukum Kekekalan Energi (*Online*), (<https://saintif.com/hukum-kekekalan-energi/>), Diakses 29 Mei 2015.
- Rosafira, Jihan Zeinyuta. 2017. Rancang Bangun Polisi Tidur Penghasil Listrik Bagian Statis. Jawa Timur: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- R. S. Khurmi. 2005. *Flywheel*. S. Chand. New Delhi.
- Saptadi, Arief Hendra, dkk. 2010. Perancangan dan Pembuatan *Charger Handphone Portable* Menggunakan Sistem Penggerak Generator AC dengan Penyearah. *Jurnal Infotel*, II(II): 1
- Septianto, Fajar, dkk. 2015. Analisa Penurunan Efisiensi Motor Induksi Akibat Cacat pada Cage Ball Bantalan. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, IV(IV): 5
- Sitorus, Jhowan Wahyu. 2015. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga *Speed Bump* untuk Penerangan. Medan: Program Studi Teknik Konversi Energi Mekanik Politeknik Negeri Medan.
- Setiono, Imam. 2015. Akumulator, Pemakaian, dan Perawatannya. Yogyakarta: Fakultas Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- Taher, Tarmizi. 2016. Rancang Bangun dengan Sistem Mekanik *Speed Bump* untuk Menghasilkan Daya Listrik sebagai Tenaga Pembuka Gerbang Pintu Tol Kota Medan. Medan: Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Tamera, Ade Ilham, dkk. 2017. PTPT (Pembangkit Listrik Tenaga Polisi Tidur) sebagai Solusi Penerangan Lorong-Lorong di Makassar Demi Mewujudkan *Makassar Smart City*. Makassar: Universitas Hasanuddin.

Taufigur Rokhman. 2012. Menghitung Torsi dan Daya Mesin pada Motor Bakar (*Online*), (<https://taufiqurrokhman.wordpress.com/2012/01/27/menghitung-torsi-dan-daya-mesin-pada-motor-bakar/>), Diakses 27 Januari 2012.

Yuniyarsih, Senja. 2017. “Rancang Bangun Adaptor”. Jambi: Universitas Jambi.

Zainuri, Achmad. 2011. Elemen Mesin III. Nusa Tenggara Barat: Fakultas Teknik Mesin Universitas Mataram.



L

A

M

P

I

R

A

N





Lampiran 1. Dokumentasi Perancangan Alat



Gambar 1. Pembuatan Besi pada Rangka Utama

Gambar 2. Pengelasan Rantai pada Tuas Penggerak



Gambar 3. Pengelasan Besi pada Rangka Utama



Gambar 4. Tampak Atas pada Rangka Utama



Gambar 5. Tampak Samping pada Rangka Utama



Gambar 6. Pengecatan Plat Besi pada *Speed Bump*



Lampiran 2. Dokumentasi Pengujian Alat



Gambar 7. Proses Pengujian Alat Setelah Melewati Mobil



Gambar 8. Proses Pembacaan Alat Ukur