

## Energi Mekanik Penggerak Poros Magnet Rotor pada Alternator Pembangkit Listrik AC

Parlindungan P. Marpaung<sup>a)</sup> dan Herbert H. Rajagukguk<sup>b)</sup>

Institut Teknologi Indonesia, Jl. Raya Puspipetek Serpong, Tang.Sel. 15320, Banten, Indonesia

E-mail: <sup>a)</sup>parlindungan.reni@gmail.com, <sup>b)</sup>herbert.rajagukguk@iti.ac.id

Diterima: 12 November 2021

Direvisi: 22 November 2021

Disetujui: 26 November 2021

**Abstrak:** Putaran input poros rotor magnet permanen pada alternator sepeda motor yang menimbulkan perubahan fluks medan magnet melintasi bidang lingkaran penghantar kumparan fasa stator menghasilkan parameter out put energi listrik ac. Pada rancang bangun energi mekanis out put motor listrik ac menggerakkan putaran poros puli rotor magnet permanen alternator pada kecepatan rpm  $V_{rpm1(rotor)} = 2880,6$  rpm dengan lama sudut putar medan magnet  $t_{1(\theta,magnet)} = 3,47$  mS melintasi bidang penghantar kumparan fasa stator menghasilkan parameter listrik ac parameter frekuensi  $f_{0(ac,fasa)} = 140,8$  Hz dan tegangan listrik  $V_{01(ac,fasa)} = 202,6$  volt pada out put alternator. Kemudian dilakukan perubahan energi mekanis pada kecepatan rpm  $V_{rpm2(rotor)} = 2500,2$  rpm untuk lamanya  $t_{2(\theta,magnet)} = 3,99$  mS menghasilkan perubahan frekuensi menjadi  $f_{02(ac,fasa)}$  sebesar 116,7 Hz dan  $V_{02(ac,fasa)}$  sebesar 170,2 volt. Kesimpulannya energi mekanis out put putaran motor listrik ac pada kecepatan rpm tertentu menggerakkan putaran puli rotor magnet permanen untuk melintasi lingkaran bidang inti normal kumparan fasa stator menjadi faktor isyarat yang menentukan sinyal frekuensi  $f_{0(ac,fasa)}$  dan tegangan listrik ac  $V_{0(ac,fasa)}$  pada out put alternator.

**Kata kunci:** Energi mekanik, rotor magnet, lilitan stator, fluks magnet.

**Abstract:** The input rotation of the permanent magnet rotor shaft on the motorcycle alternator which causes changes in the magnetic field flux across the conductor circle of the stator phase coil produces ac electrical energy output parameters. In the design of mechanical energy, the output of the ac electric motor drives the rotation of the permanent magnet alternator pulley shaft at a speed of rpm  $V_{rpm1(rotor)} = 2880.6$  rpm with a long rotating magnetic field angle  $t_{1(\theta,magnet)} = 3.47$  mS across the conductor plane. the stator phase coil produces ac electrical parameters, the frequency parameter is  $f_{0(ac,phase)} = 140.8$  Hz and the mains voltage is  $V_{01(ac,phase)} = 202.6$  volts at the alternator output. Then the mechanical energy changes at a speed of  $V_{rpm2(rotor)} = 2500,2$  rpm for the duration of  $t_{2(\theta,magnet)} = 3.99$  mS resulting in a change in frequency to  $f_{02(ac,phase)}$  of 116.7 Hz and  $V_{02(ac, phase)}$  of 170,2 volts. In conclusion, the mechanical energy output of an ac electric motor at a certain rpm speed drives the rotation of the permanent magnet rotor pulley to cross the normal core plane circle of the stator phase coil to be a signal factor that determines the frequency signal  $f_{0(ac,phase)}$  and the ac voltage  $V_{0(ac,phase)}$  at the alternator output.

**Keywords:** Signal, mechanical energy, rotor magnet, stator winding, magnetic flux

### PENDAHULUAN

Sebagai referensi dari studi pustaka, bahwa sumber energi mekanis penggerak putaran poros rotor magnet permanen berasal dari tenaga angin, maka ketergantungan kecepatan angin menjadi faktor isyarat parameter energi mekanik dapat menggerakkan poros rotor magnet alternator. Hal ini sumber energi mekanik berasal dari sumber tenaga angin dapat berubah-ubah seketika, sehingga menentukan putaran puli poros rotor magnet tertentu satuan rpm (*rotation per minute*) dapat menghasilkan energi listrik ac.[1],[2]. Pada kecepatan rpm rotor magnet permanen terendah sebesar 360 rpm menghasilkan tegangan listrik ac out put alternator sebesar 5,8 Volt. Pada penelitian in dilakukan rancang bangun penggunaan alternator berasal dari sepeda motor berfungsi membangkitkan listrik ac. Latar belakang penelitian ini adalah melakukan pengujian faktor isyarat parameter energi mekanik penggerak poros rotor magnet permanen menggunakan putaran mekanis poros out put dari motor listrik ac yang memiliki besar nilai kecepatan rpm konstan dan dapat di atur atau divariasikan. Pada kecepatan rpm poros medan magnet permanen tertentu dibangkitkan fluks dan kuat medan magnet melintasi



bidang inti lilitan kumparan stator menimbulkan proses konversi energi mekanik menjadi energi listrik ac out put pada kedua ujung lilitan kumparan stator.[3],[4].

Perumusan masalah besar nilai parameter daya mekanik dan kecepatan rpm berasal dari energi mekanik menggerakkan poros rotor magnet permanen bersamaan dengan sudut putar kutub medan magnet per satuan waktu yang melintasi bidang inti lilitan kumparan stator menentukan hasil energi listrik ac out put pada kedua ujung lilitan kumparan tersebut. Hal ini terjadi perubahan fluks medan magnet per satuan waktu detik melintasi bidang inti kumparan stator berdasarkan prinsip hukum Faraday membangkitkan gaya gerak listrik (ggl) induksi melalui lilitan kumparan. Pada penelitian ini dilakukan rancang bangun alternator (*alternating generator*) berasal dari kendaraan otomotif sepeda motor berfungsi sebagai pembangkit listrik ac dengan memanfaatkan energi mekanik putaran out put motor listrik ac penggerak putaran puli rotor magnet permanen.

Tujuan penelitian menghasilkan tegangan listrik ac dan sinyal frekuensi out put pada kedua ujung lilitan kumparan stator berdasarkan kecepatan rpm poros rotor magnet permanen melintasi celah/gap bidang inti lilitan penghantar kumparan fasa stator. Besar nilai parameter input energi mekanik penggerak putaran magnet permanen rotor melintasi celah/gap bidang inti lilitan menjadi faktor isyarat untuk menghasilkan parameter listrik ac out put pada lilitan kumparan fasa stator.

Manfaat penelitian memahami isyarat input energi mekanis berasal dari sumber energi alternatif atau terbarukan sebagai penggerak poros rotor magnet alternator pembangkit listrik ac. Pemahaman kecepatan rpm poros putar rotor magnet permanen melintasi bidang inti lilitan kumparan fasa stator suatu generator listrik sebagai pembangkit listrik berdasarkan prinsip hukum Faraday.

Pada poros putar puli magnet rotor membutuhkan sumber energi/tenaga mekanik eksternal terdiri dari parameter daya mekanik, kecepatan rpm dan torsi putaran untuk melintasi setiap bidang inti penghantar kumparan fasa stator diperlihatkan seperti pada Gambar 1. Sumber daya mekanik eksternal penggerak putaran poros magnet permanen dirumuskan seperti persamaan (1). [4],[5].

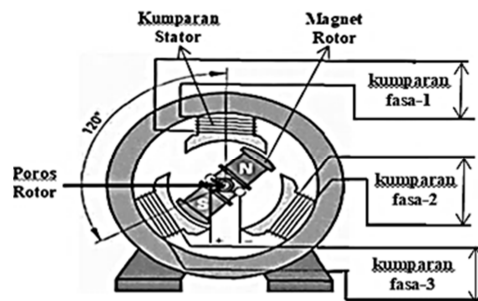
$$P_{mek.} = V_{rpm} \cdot Tr \quad (1)$$

$P_{mek.}$  = daya mekanik penggerak poros, (watt)

$V_{rpm(rotor)}$  = kecepatan putar poros rotor, (rpm)

$Tr$  = torsi putaran, (Nm).

Gerak putaran poros rotor magnet permanen melintasi bidang inti lilitan kumparan fasa stator dengan gap/jarak tertentu satuan centimeter (cm) membangkitkan fluks medan magnet pada kumparan fasa tersebut. Fluks medan magnet membangkitkan kuat medan magnet (B) bergerak melingkar melintasi kumparan stator yang membentuk sudut putar satuan derajat terhadap bidang normal penghantar kumparan stator diperlihatkan seperti Gambar 1.[7]. Lintasan sudut putar kuat medan magnet B terhadap bidang penghantar kumparan fasa stator dinyatakan parameter sudut  $\theta_{(magnet)}$  satuan derajat. Putaran melingkar sudut  $\theta_{(magnet)}$  melintasi setiap busur lingkaran sepanjang bidang inti penghantar lingkaran kumparan/ lilitan fasa stator.



**Gambar 1.** Lintasan rotor magnet permanen pada bidang inti kumparan 3 fasa

Lama waktu sudut putar  $\theta_{(magnet)}$  dinyatakan parameter  $t_{(\theta,magnet)}$  satuan detik terkait kecepatan rpm (*rotation per minute*) poros rotor magnet di rumuskan pada persamaan (2).

$$t_{(\theta,magnet)} = \frac{\theta_{(magnet)}}{Vrpm_{(rotor)}} \quad (2)$$

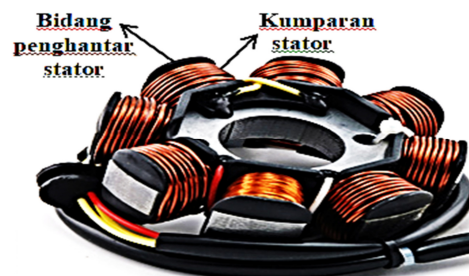
Selanjutnya perubahan fluks medan magnet per satuan waktu detik yang di mulai dari ujung awal s/d ujung akhir bidang penghantar kumparan fasa stator tersebut membangkitkan ggl/tegangan listrik ac dinyatakan parameter  $E$  yang dirumuskan dengan persamaan (3)[8].

$$E = -N \cdot d\phi/dt \quad (3)$$

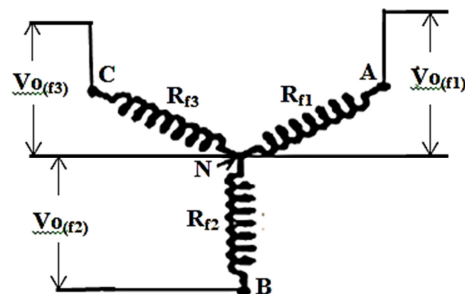
$d\phi/dt$  = perubahan fluks medan magnet per satuan waktu t detik

$N$  = jumlah lilitan kumparan , jumlah.

Bentuk fisik lilitan kumparan tiga (3) fasa stator alternator sepeda motor yang di lilitkan pada masing-masing bidang inti besi penghantar dalam rumah satator seperti pada Gambar 2a. Rangkaian listrik pengganti kumparan tiga fasa stator hubungan bintang seperti pada Gambar 2b. Dimana masing-masing kumparan setiap fasa memiliki nilai resistansi, yaitu resistansi kumparan fasa-1, kumparan fasa-2 dan resistansi kumparan fasa-3 berturut-turut parameter  $R_{f1}$ ,  $R_{f2}$ , dan  $R_{f3}$  satuan ohm.



Gambar 2a. Lilitan kumparan 3 fasa pada bidang inti



Gambar 2b. Rangkaian listrik pengganti

## METODOLOGI

Metodologi penelitian membuat rancang bangun energi mekanik penggerak poros rotor magnet permanen alternator menghasilkan out put energi listrik ac pada kedua ujung lilitan kumparan stator. Peralatan rancang bangun penelitian dilakukan secara bertahap, yaitu tahapan pertama pengadaan alternator sepeda motor terdiri dari elemen kumparan stator dan magnet permanen rotor. Tahapan ke-dua pengadaan motor listrik ac yang menghasilkan daya mekanik penggerak putaran poros rotor magnet permanen alternator. Tahapan ke tiga merancang poros out put motor listrik ac terhubung menuju poros rotor magnet permanen rumah rotor. Selanjutnya tahapan ke-empat dengan menganalisis kecepatan rpm poros out put motor listrik ac menggerakkan magnet permanen rotor melintasi bidang inti lilitan kumparan stator. Pada penelitian ini dilakukan pengaruh energi mekanik penggerak putaran sudut derajat medan magnet rotor melintasi bidang inti lilitan kumparan terhadap hasil parameter kelistrikan out put terdiri dari nilai frekuensi, level tegangan listrik ac dan daya listrik ac out put pada kedua ujung kumparan stator tersebut. Pengoperasian hasil rancang bangun peralatan penelitian menghasilkan tegangan listrik ac out put pada lilitan kumparan spul stator dilakukan dengan cara memutar

susunan magnet permanen berada dalam lingkaran puli rotor melintasi celah/gap ke bidang inti besi lilitan kumparan stator dengan memanfaatkan putaran poros output motor listrik ac. Analisis numerik konversi nilai sudut putar  $\theta_{(magnet)}$  terhadap frekuensi putaran rotor magnet permanen di rumuskan seperti persamaan (4). [4].

$$(F_{(put.)} \cdot t) = \left[ \frac{\theta_{(magnet)}}{2\pi} \right] \quad (4)$$

Dari persamaan (4) nilai frekuensi putaran berbanding lurus dengan jumlah putaran medan magnet dinyatakan parameter  $n_{(magnet)}$  dirumuskan menjadi persamaan (5).

$$F_{(put.)} = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{n_{(magnet)}}{t} \right] \quad (5)$$

Setiap putaran frekuensi induksi medan magnet melintasi bidang penghantar kumparan stator per lama waktu  $t$  detik dirumuskan menjadi seperti persamaan (6).

$$F_{(put.)} = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{(\text{putaran})}{60 \text{ detik}} \right] \quad (6)$$

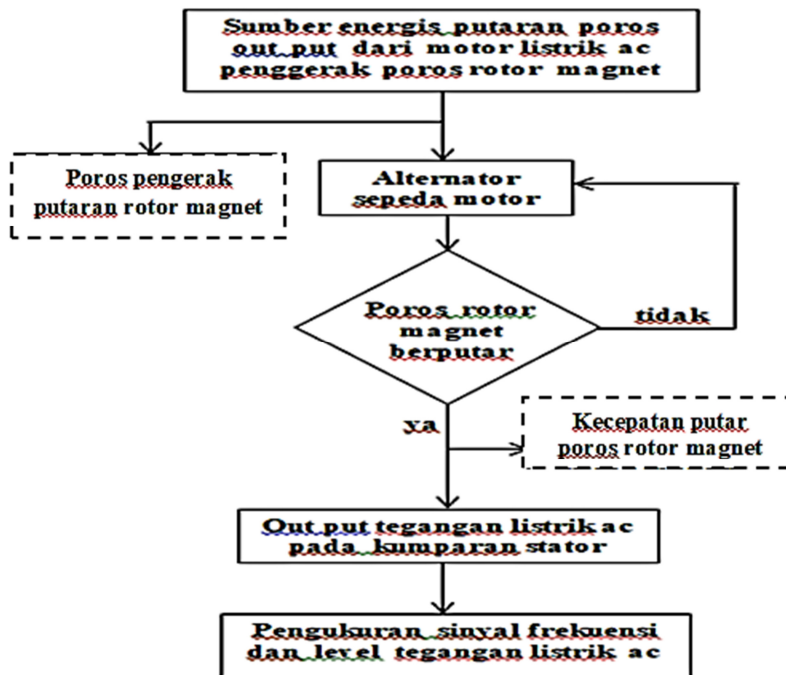
Kecepatan putar magnet rotor terhadap sudut derajat medan magnet  $\theta_{(magnet)}$  seperti persamaan (7).

$$V_{rpm(magnet)} = \frac{\theta_{(magnet)}}{t_{(\theta,magnet)}} \quad (7)$$

Lama lintasan medan magnet dinyatakan parameter  $t_{(\theta,magnet)}$  dirumuskan seperti persamaan (8).

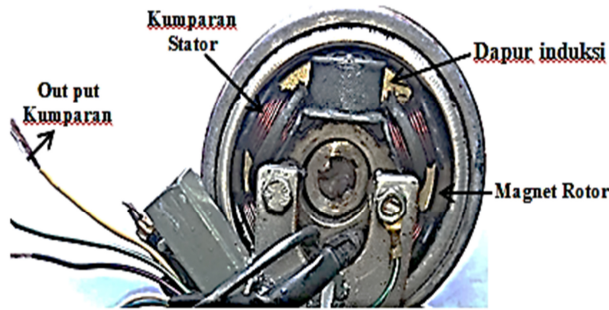
$$t_{(\theta,magnet)} = \frac{\theta_{(magnet)}}{V_{rpm(rotor)}} \quad (8)$$

Skematik diagram metodologi pembuatan rancang bangun peralatan penelitian seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Skematik alur diagram tahapan metodologi penelitian

Peralatan alternator pembangkit listrik ac terdapat dua (2) bagian peralatan utama, yaitu bagian stator dan bagian puli rotor. Pada peralatan stator terdapat lilitan kumparan yang dililitkan pada bidang inti besi. Kemudian pada bagian dalam lingkaran puli rotor terdapat susunan medan magnet permanen. Puli magnet permanen rotor dapat berputar melingkar, sedangkan kumparan spul stator kondisi tidak dapat bergerak secara fisik diperlihatkan seperti Gambar 4. Pada penelitian ini menggunakan alternator sepeda motor sebagai pembangkit listrik ac memiliki spesifikasi kumparan stator 3 (tiga) fasa konfigurasi hubungan bintang. Kumparan ketiga fasa berada di dalam lingkaran rumah stator yang memiliki diameter lingkaran sebesar  $d_{(stator)} = 8,4$  cm. Resistansi masing-masing kedua ujung kumparan stator fasa-1, fasa-2 dan fasa-3 dinyatakan  $R_{f1}$ ,  $R_{f2}$ ,  $R_{f3}$  satuan ohm. Rekapitulasi spesifikasi nilai parameter  $R_{f1}$ ,  $R_{f2}$ ,  $R_{f3}$  dan diameter lingkaran  $d_{(stator)}$  seperti Tabel 1.

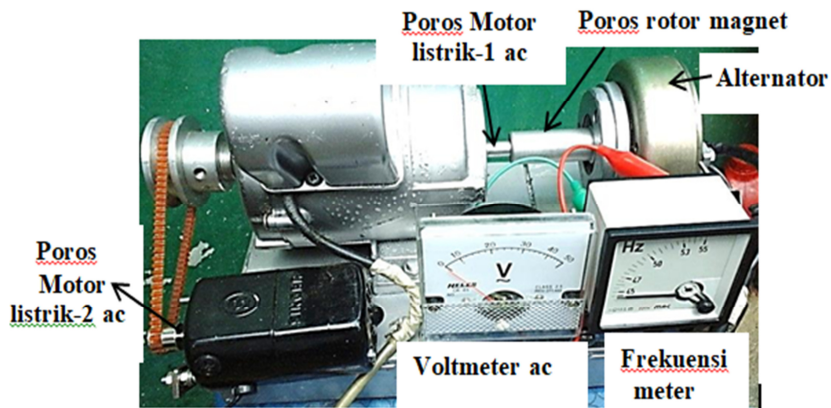


Gambar 4. Fisik kumparan stator berada dalam magnet permanen puli rotor

**Tabel 1.** Spesifikasi resistansi kumparan fasa stator

| Kumparan stator | Resistansi kumparan (ohm) | Diameter stator (cm) |
|-----------------|---------------------------|----------------------|
| Kump. Fasa-1    | 289,4                     | 8,4                  |
| Kump. Fasa-2    | 1,4                       |                      |
| Kump. Fasa-3    | 1,2                       |                      |

Rancang bangun peralatan alternator pembangkit listrik ac secara keseluruhan seperti pada Gambar 5. Sumber energi mekanis berasal dari putaran poros out put motor listrik ac menggerakkan medan magnet permanen yang berada di dalam lingkaran puli rotor. Medan magnet berputar melingkar melintasi lingkaran bidang inti lilitan kumparan stator dengan jarak celah/gap tertentu seiring dengan putaran puli rotor satuan rpm.



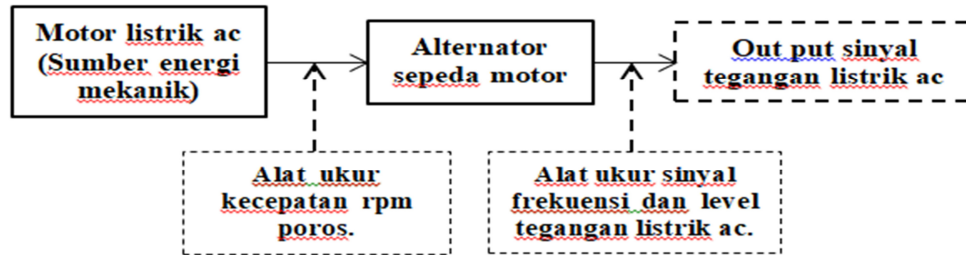
Gambar 5. Sumber energi mekanis penggerak poros magnet rotor alternator ac

Skematik blok diagram rancang bangun pengujian input energi mekanis berasal dari daya mekanik dan kecepatan rpm poros out put motor listrik ac yang menggerakkan poros rotor magnet permanen alternator diperlihatkan seperti pada Gambar 6.

**Energi mekanik penggerak magnet permanen rotor**

Pada penelitian ini rancang bangun peralatan alternator pembangkit listrik mengkonversikan input energi mekanik putaran poros rotor magnet menghasilkan parameter listrik ac. Dimana input energi mekanik menjadi faktor isyarat untuk menghasilkan parameter tenaga/daya listrik ac pada out rancang bangun alternator pembangkit listrik. Adapun parameter parameter mekanik terdiri dari, sbb:

- (a) Kecepatan putar rotor magnet parameter  $V_{rpm(rotor)}$
- (b) Jangkauan sudut derajat  $\theta_{(magnet)}$  busur lingkaran melintasi bidang inti kumparan
- (c) Daya mekanik putaran rotor magnet
- (d) Lama waktu putaran sudut derajat medan magnet rotor parameter  $t_{(\theta,magnet)}$



Gambar 6. Skematik blok diagram pengujian rancang bangun peralatan penelitian

**(1.a) Kecepatan putar medan magnet rotor parameter  $V_{rpm(magnet)}$**

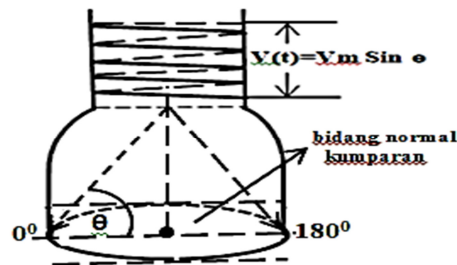
Input daya listrik motor listrik ac dinyatakan parameter  $P_{ac(motor)}$  menghasilkan energi mekanik untuk menggerakkan putaran puli medan magnet permanen rotor. Pengukuran parameter  $P_{ac(motor)}$  menggunakan alat ukur watt-meter digital menghasilkan kecepatan putar medan magnet dinyatakan parameter  $V_{rpm(magnet)}$ . Pengukuran parameter  $V_{rpm(magnet)}$  menggunakan alat ukur *tachometer infra-red* satuan rpm. Rekapitulasi nilai hasil parameter  $P_{ac(motor)}$  dan  $V_{rpm(magnet)}$  seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran  $P_{ac(motor)}$  dan  $V_{rpm(magnet)}$

| Motor listrik beban rotor magnet (watt) | Kecepatan rpm magnet (rpm) |
|---|----------------------------|
| 245,5                                   | 2880,6                     |
| 145,8                                   | 2500,2                     |

**(1.b) Frekuensi lintasan medan magnet rotor parameter  $f_{(put.)}$**

Pada kecepatan putar magnet permanen rotor parameter  $V_{rpm(magnet)}$  terkait dengan frekuensi lintasan sudut derajat medan magnet melalui jangkauan busur lingkaran bidang inti kumparan. Secara fisik frekuensi putaran medan magnet melintasi jangkauan busur lingkaran bidang inti kumparan adalah sebesar 1/6 putaran diperlihatkan seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Jangkauan medan magnet melintasi busur lingkaran bidang inti kumparan

Frekuensi putaran parameter  $F_{(put.)}$  terhadap kecepatan rpm medan magnet menggunakan persamaan (5) untuk besarnya nilai  $V_{rpm(rotor)} = 2880,6$  rpm adalah:

$$F_{l(put.)} = \frac{1}{2\pi} V_{rpm(rotor)} = \left(\frac{1}{2\pi}\right) (2880,6)(putaran/60 \text{ detik}) = 48,01/\text{detik.}$$

Selanjutnya hasil frekuensi putaran terhadap besarnya nilai  $V_{rpm(magnet)} = 2500,2$  rpm dinyatakan parameter  $F_{2(put.)}$  sebesar 41,67/detik. Rekapitulasi hasil frekuensi putaran/detik parameter  $F_{(put.)}$  terhadap perubahan  $V_{rpm(magnet)}$  seperti pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil  $F_{(put.)}$  terhadap perubahan  $V_{rpm(magnet)}$

| Putaran rotor magnet (rpm) | Frekuensi putaran/detik | Jangkauan putaran |
|----------------------------|-------------------------|-------------------|
| 2880,6                     | 48,01                   | 1/6               |
| 2500,2                     | 41,67                   |                   |

### (1.c) Daya mekanik putaran magnet rotor

Berhubung putaran poros out put motor listrik satu poros dengan putaran poros rotor magnet permanen alternator, maka nilai torsi putaran poros motor listrik parameter  $Tr_{(motor)}$  sama dengan hasil torsi putaran poros rotor magnet, yaitu parameter  $Tr_{(rotor)}$  satuan newton meter (Nm). Hal ini nilai torsi  $Tr_{(motor)} = Tr_{(rotor)}$ , tetapi diameter lingkaran poros motor listrik tidak sama dengan diameter lingkaran puli rotor magnet permanen. Kecepatan rpm poros putar motor listrik tidak sama dengan kecepatan rpm puli rotor magnet, karena diameter lingkaran poros out put motor listrik tidak sama dengan diameter lingkaran puli rotor magnet permanen. Dengan demikian perumusan matematis perbandingan antara daya listrik motor ac terhadap daya mekanik putaran poros rotor magnet dari persamaan (1) yang menghasilkan persamaan matematik  $\frac{P_{mek.(rotor)}}{P_{ac(motor)}} = \frac{V_{rpm(rotor)}}{V_{rpm(magnet)}}$ . Hal ini parameter  $V_{rpm(rotor)} = V_{rpm(magnet)}$  satuan rpm, karena susunan magnet berada pada permukaan dalam lingkaran puli rotor. Dengan demikian persamaan matematis menghitung parameter daya mekanik putaran magnet rotor dinyatakan parameter  $P_{mek.(rotor)}$  adalah  $P_{mek.(rotor)} = \frac{V_{rpm(magnet)}}{V_{rpm(motor)}} \times P_{ac(motor)}$ . Besarnya nilai hasil perhitungan parameter  $P_{mek.(rotor)}$  diperlihatkan seperti pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Daya mekanik penggerak putaran poros rotor magnet

| No | Motor listrik ac       |                        | Rotor magnet             |                         |
|----|------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
|    | $P_{ac(motor)}$ (watt) | $V_{rpm(motor)}$ (rpm) | $P_{mek.(rotor)}$ (watt) | $V_{rpm(magnet)}$ (rpm) |
| 1  | 245,5                  | 3000                   | 235,7                    | 2880,6                  |
| 2  | 145,8                  | 7500                   | 48,6                     | 2500,2                  |

### (1.d) Lama putaran sudut derajat magnet rotor

Susunan magnet permanen berada pada lingkaran dalam puli rotor membentuk sudut derajat  $\theta_{(magnet)}$  dinyatakan sebesar 1/6 putaran melingkar melintasi jangkauan permukaan bidang inti lilitan kumparan stator. Analisa numerik lama waktu satuan detik parameter  $t_{(\theta,magnet)}$  terjadi ketika sudut derajat  $\theta_{(magnet)}$  berputar melintasi permukaan bidang inti lilitan kumparan stator menggunakan persamaan (8). Perumusan matematis menghitung lama waktu putaran sudut derajat magnet rotor adalah  $t_{(\theta,magnet)} = \frac{\theta_{(magnet)}}{V_{rpm(magnet)}}$ . Perubahan kecepatan putar puli rotor magnet permanen parameter  $V_{rpm(rotor)}$  menyebabkan perubahan parameter  $t_{(\theta,magnet)}$ , dimana  $V_{rpm(rotor)} = V_{rpm(magnet)}$ . Ketika kondisi kecepatan  $V_{rpm1(rotor)} = 2880,6$  rpm (data Tabel 4), maka hasil perhitungan besarnya nilai  $t_{1(\theta,magnet)} = \frac{\theta_{(magnet)}}{V_{rpm(magnet)}}$ , maka hasil besarnya nilai parameter  $t_{1(\theta,magnet)} = \frac{1/6 (putaran)}{2880,6 rpm} = 3,47$  mS. Selanjutnya perubahan putaran poros rotor magnet permanen menjadi  $V_{rpm2(magnet)} = 2500,2$  rpm menghasilkan perubahan lama waktu sudut putar menjadi parameter  $t_{2(\theta,magnet)} = 3,99$  mS. Rekapitulasi hasil parameter  $t_{(\theta,magnet)}$  seperti pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Perubahan parameter  $t_{\theta,magnet(1/6put.)}$  terhadap  $V_{rpm(magnet)}$

| $V_{rpm(magnet)}$ (rpm) | $\theta_{(magnet)}$ (1/6 putaran) | $t_{(\theta,magnet)}$ (mS) |
|-------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 2880,6                  | 57,13                             | 3,47                       |

|        |       |      |
|--------|-------|------|
| 2500,2 | 48,61 | 3,99 |
|--------|-------|------|

Nilai parameter lama  $t_{0,magnet(1/6put.)}$  menjadi salah satu faktor isyarat lama sudut putar  $\theta_{(magnet)}$  melintasi busur lingkaran bidang inti lilitan kumparan fasa-1 stator.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Input isyarat parameter energi mekanis dikonversikan menjadi parameter listrik ac pada out put lilitan kumparan fasa-1 hasil rancang bangun peralatan alternator pembangkit listrik ac, yaitu:

- (1) Tegangan listrik ac out put pada lilitan kumparan stator parameter  $V_{0(fasa-1)}$  satuan volt.
- (2) Frekuensi sinyal tegangan listrik ac out put parameter  $f$  satuan hertz (Hz).
- (3) Daya listrik ac out put parameter  $P_{0(ac,no-load)}$ .

Kecepatan rpm magnet permanen rotor, yaitu parameter  $V_{rpm(magnet)}$  menjadi faktor isyarat input energi mekanik untuk dikonversikan menghasilkan parameter tegangan listrik ac out put pada lilitan kumparan fasa-1 dinyatakan parameter  $V_{0(ac.fasa-1)}$  satuan volt. Hasil pengukuran menggunakan alat ukur voltmeter ac digital besarnya nilai  $V_{0(ac.fasa-1)}$  seperti Tabel 6. Besarnya nilai perubahan tegangan listrik out put parameter  $V_{01(ac.fasa1)} = 202,6$  volt menjadi  $V_{02(ac.fasa1)} = 170,2$  volt disebabkan oleh terjadinya perubahan fluks medan magnet ketika melintasi lilitan kumparan stator per satuan waktu yang dirumuskan pada persamaan (3), yaitu  $E = N \cdot d\phi/dt$ . Hal ini parameter jumlah lilitan kumparan fasa-1 stator, yaitu parameter  $N$  konstan.

**Tabel 6.** Hasil pengukuran  $V_{0(ac.fasa-1)}$

| Kecepatan<br>magnet (rpm) | Tegangan<br>listrik ac (volt) |
|---------------------------|-------------------------------|
| 2880,6                    | 202,6                         |
| 2500,2                    | 170,2                         |

Frekuensi sinyal hasil tegangan listrik ac out put (data table 6) dinyatakan parameter  $f_{0(fasa-1)}$  satuan hertz (Hz) terkait dengan kecepatan rpm magnet permanen rotor melintasi jangkauan permukaan busur lingkaran bidang inti kumparan stator, yaitu  $1/6$  putaran busur lingkaran. Hasil pengukuran parameter  $f_{0(fasa-1)}$  dilakukan menggunakan frekuensi meter digital seperti Tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil pengukuran parameter  $f_{0(fasa-1)}$

| Kecepatan<br>magnet (rpm) | Tegangan<br>listrik ac (volt) | Sinyal<br>frekuensi (Hz) |
|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 2880,6                    | 202,6                         | 140,8                    |
| 2500,2                    | 170,2                         | 116,7                    |

Nilai sinyal frekuensi out put  $f_{0(fasa-1)} = 140,8$  Hz dinyatakan terlalu besar, jika dibandingkan spesifikasi parameter frekuensi 50 Hz s/d 60 Hz pada pembangkit listrik ac PLN. Dimana pada penelitian ini besarnya frekuensi out put  $f_{0(fasa-1)}$  yang mencapai 140,8 Hz. Hal ini disebabkan oleh pengaruh putaran magnet permanen ketika melintasi celah/gap bidang inti lilitan kumparan stator, dimana semakin besar nilai kecepatan  $V_{rpm(magnet)}$ , maka semakin besar pula hasil sinyal frekuensi out putnya satuan hertz (Hz). Pada penelitian ini nilai parameter kuat medan magnet tidak dilakukan penelitian, karena digunakan tipe magnet permanen.

Arus listrik ac out put dinyatakan parameter  $I_{0(ac.fasa-1)}$  mengalir melalui rangkaian loop tegangan listrik ac out put  $V_{0(fasa-1)}$  tanpa beban dengan frekuensi  $f_{0(fasa-1)}$  yang terhubung seri dengan resistansi dalamnya, yaitu parameter resistansi  $R_{fl} = 289,4$  ohm (data Tabel 1). Hasil pengukuran parameter  $I_{0(ac.fasa-1)}$  terkait parameter  $V_{0(fasa-1)}$  dan  $f_{0(fasa-1)}$  seperti Tabel 8.

**Tabel 8.** Hasil pengukuran  $f_{0(fasa-1)}$  dan  $V_{0(ac.fasa1)}$  fungsi  $V_{rpm(rotor)}$

| $V_{0(ac.fasa1)}$<br>(volt) | $f_{0(fasa-1)}$<br>(Hz) | Resistansi<br>dalam $R_{fl}$<br>(ohm) | $I_{0(ac.no-load)}$<br>(ampere) |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 202,6                       | 140,8                   | 289,4                                 | 0,282                           |
| 170,2                       | 116,7                   |                                       | 0,236                           |



Kemudian hasil daya listrik ac out put tanpa beban (*no-load*) dari out put alternator dinyatakan parameter  $P_{0(ac.no-load)}$  satuan watt dihitung menggunakan persamaan  $P_{0(ac.no-load)} = V_{0(ac.fasa1)} \times I_{0(ac.no-load)}$ . Rekapitulasi data parameter listrik ac out put secara keseluruhan dari hasil peralatan rancang bangun alternator pembangkit listrik ac terdiri dari parameter tegangan listrik  $V_{0(fasa-1)}$ , ferkuensi  $f_{0(ac.fasa-1)}$ , arus listrik ac  $I_{0(ac.fasa-1)}$  dan parameter daya listrik  $P_{0(ac.no-load)}$  diperlihatkan seperti Tabel 9.

**Tabel 9.** Hasil parameter listrik  $f_{0(fasa-1)}$ ,  $V_{0(fasa-1)}$ ,  $I_{0(ac.fasa-1)}$  dan  $P_{0(ac.no-load)}$

| No | $V_{rpm(rotor)}$<br>(rpm) | $f_{0(fasa-1)}$<br>(hz) | $V_{0(ac.fasa1)}$<br>(volt) | $I_{0(ac.no-load)}$<br>(ampere ) | $P_{0(ac.no-load)}$<br>(watt) |
|----|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 1  | 2880,6                    | 140,8                   | 202,6                       | 0,282                            | 57,13                         |
| 2  | 2500,2                    | 116,7                   | 170,2                       | 0,236                            | 40,18                         |

## KESIMPULAN

Pemahaman rancang bangun penggunaan suatu alat alternator sepeda motor yang berfungsi sebagai pembangkit listrik ac berdasarkan prinsip hukum Faraday. Alternator sepeda motor digunakan sebagai pembangkit listrik ac mengkonversikan input energi mekanik menghasilkan output parameter energi listrik ac. Faktor isyarat energi mekanis alternator untuk menghasilkan spesifikasi energi listrik ac output terdiri dari sinyal frekuensi, tegangan listrik dan daya listrik ac. Adapun faktor isyarat energi terdiri dari parameter input daya mekanik, kecepatan rpm magnet permanen rotor, jangkauan dan lama waktu medan magnet permanen melintasi jangkauan lingkaran bidang inti lilitan kumparan fasa stator. Hasil parameter listrik ac pada out put pada rancang bangun peralatan alternator pembangkit listrik ac terdiri dari tegangan listrik ac, sinyal ferkuensi, dan daya listrik ac.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Subekti, dkk (2012), Design and Analysis of the Prototype of Pico Hydro Scale Submersible Type Turbine-Generator for Flat Flow River Application, *Teknologi Indonesia*, vol. 35, pp. 1-8.
- [2] Sucipto, dkk, Analisa daya generator pada pembangkit listrik tenaga angin". Universitas Mercubuana <http://www.repository.mercubuana.ac.id/25256/> di akses Januari 2019.
- [3] Prinsip-kerja-alternator, <https://www.teknik-otomotif.com/2017/12/prinsip-kerja-alternator.html>
- [4] <http://www.total-otomotif.com/alternator-sepeda-motor,alternator-sepeda-motor>.
- [5] C.Amelia Sitorus (2017), Pembuatan Alternator Axial Fluks Coreless menggunakan Magnet Permanen. [online] *Jurnal Teknik ITS* Vol.6, No.2 ISSN2337-3520.
- [6] Togar Timotheus (2019), Pemanfaatan Alternator Mobil Pembangkit Listrik, *Jurnal Research Sains*, vol.5 No.1. ISSN 2443-0269.
- [7] Sinusoidal-waveform, [www.electronics-tutorials/ac-circuits/html](http://www.electronics-tutorials/ac-circuits/html).
- [8] [https://www.teknik-otomotif.com\(2017\)/prinsip-kerja-alternator.html](https://www.teknik-otomotif.com(2017)/prinsip-kerja-alternator.html), prinsip-kerja-alternator.
- [9] Alternator-sepeda-motor, <http://www.total-otomotif.com/alternator-sepeda-motor>.