

Analisis Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Putaran dan Daya Masuk Motor Induksi 3 Fasa Rotor Belitan

Abdul Rahim Hakim¹, Linda Sartika², Abdul Muis Prasetya³

Jurusan Teknik Elektro Universitas Borneo Tarakan, Kalimantan Utara
Jl. Amal Lama No.1, Kel. Pantai Amal, Kec. Tarakan Timur, Kota Tarakan, Kalimantan Utara

¹rahimhakim043@gmail.com

²linda_krs@yahoo.com

³prasetya.electric@gmail.com

Intisari — Motor induksi 3 fasa merupakan salah satu jenis motor yang sangat umum digunakan di berbagai industri karena memiliki keunggulan dalam hal biaya, dimensi, dan daya tahan. Meskipun memiliki keunggulan signifikan seperti torsi tinggi dan efisiensi yang baik, motor ini tetap rentan terhadap beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kinerjanya, dengan perubahan beban dan beban lebih menjadi salah satu penyebab utama. Beban lebih dapat terjadi akibat kelebihan beban pada sistem, kurangnya pemeliharaan, atau kondisi area yang kurang ideal. Dampak dari beban lebih ini dapat menyebabkan penurunan efisiensi dan torsi pada motor induksi 3 fasa, berpotensi merugikan kinerja keseluruhan sistem. Penelitian ini fokus pada penggunaan beban pengereman sebagai bentuk uji beban. Metode yang diterapkan melibatkan pengukuran dan perhitungan, yang secara otomatis melakukan perhitungan dan menampilkan *output* seperti slip, daya *input*, torsi induksi, daya *output*, dan efisiensi. Berdasarkan hasil penelitian ini di variasi beban yang diberikan mempengaruhi nilai torsi pada motor yaitu peningkatan torsi motor saat beban dinaikkan secara berkala saat beban pada posisi 75% 0.857 Nm, 100% 0.947 Nm dan 125% sebesar 0.936Nm. Nilai slip motor masing-masing pada beban 75%,100% dan 125% 9,3%,10,8% dan 12%. Sedangkan nilai daya *input* atau daya masuk motor pada 75% 530,6 Watt pada 100% 587,54 Watt, dan pada beban 125% 623,57 Watt. sedangkan nilai efisiensi pada motor posisi 75% nilai efisiensinya 23,23% pada 100% sebesar 22,77 dan pada beban lebih 125% sebesar 20,85%. Dari data yang telah di teliti dapat di lihat bahwa nilai daya masuk kan terus meningkat berdasarkan nilai beban yang dinaikkan,dan nilai slip pada motor semakin besar dan efisiensi terbaik pada motor yang di teliti terdapat pada saat motor bekerja pada beban 75%.

Kata kunci — Beban lebih, Efisiensi , Motor induksi 3 fasa, Rotor belitan, Torsi.

Abstract — The 3-phase induction motor is a commonly used motor type in various industries due to its advantages in cost, size, and durability. Despite its significant benefits, such as high torque and good efficiency, this motor is still susceptible to several factors that can affect its performance, with load changes and overloads being among the primary causes. Overloads can result from system overload, lack of maintenance, or suboptimal environmental conditions. The impact of these overloads can lead to reduced efficiency and torque in the 3-phase induction motor, potentially harming the overall system performance. This study focused on using braking loads as a form of load testing. The method implemented involved automatic measurement and calculation, displaying outputs such as slip, input power, induced torque, output power, and efficiency. Based on the results of this study, variations in the applied load affected the motor's torque values, with torque increasing as the load was periodically increased: at 75% load, the torque was 0.857 Nm; at 100% load, it was 0.947 Nm; and at 125% load, it was 0.936 Nm. The motor slip values at 75%, 100%, and 125% loads were 9.3%, 10.8%, and 12%, respectively. The input power values at 75% load were 530.6 Watts, at 100% load were 587.54 Watts, and at 125% load were 623.57 Watts. The efficiency values at 75% load were 23.23%, at 100% load were 22.77%, and at 125% load were 20.85%. From the data obtained, it could be seen that the input power continuously increased with the load, the motor slip increased, and the best efficiency occurred when the motor operated at a 75% load.

Keywords— overload, efficiency,3-phase induction motor, wound rotor, torque

I. PENDAHULUAN

Torsi dipengaruhi oleh beban maka jika beban semakin berat torsi yang dihasilkan akan semakin besar dan putaran motor menurun karena motor tidak bisa memberikan

torsi yang besar sesuai dengan kondisi beban, dan hal itu dapat memperpendek usia dari motor itu sendiri, studi yang dilakukan ini untuk mengetahui pengaruhnya terhadap terhadap motor induksi, pengaruh torsi terhadap putaran motor pengaruh torsi

terhadap slip dan pengaruh torsi terhadap arus, pengaruh torsi terhadap daya mekanik dan pengaruh torsi mekanik terhadap efisiensi [1],[2].

Dampak ketidakseimbangan tegangan pada motor induksi tiga fasa. Ketidakseimbangan tegangan, yang dapat disimpulkan dari metode NEMA, memiliki dampak signifikan pada kinerja motor. Simulasi dengan MATLAB menunjukkan bahwa ketidakseimbangan tegangan sebesar 5% mengakibatkan osilasi torsi yang signifikan, meningkatkan getaran pada motor. Selain itu, ketidakseimbangan tegangan ini meningkatkan daya yang digunakan oleh motor. Dalam contoh beban tertentu, peningkatan torsi sejalan dengan peningkatan daya motor. Rekomendasi NEMA menyatakan bahwa motor dapat beroperasi secara normal jika ketidakseimbangan tegangan tidak lebih dari 1%. Ketidakseimbangan tegangan sebesar 5% menyebabkan peningkatan panas dan kerugian pada motor. Solusi yang disarankan adalah "*Dereating*" motor atau menurunkan peringkat motor untuk mengatasi ketidakseimbangan tegangan yang signifikan [3].

Motor listrik, sebagai perangkat elektromagnetis, berperan dalam mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk berbagai keperluan, mulai dari memutar impeller pompa, fan, hingga menggerakkan kompresor atau mengangkat bahan di berbagai industri. Kehadirannya juga meluas ke rumah tangga dengan berbagai perangkat seperti *mixer*, bor listrik, dan kipas angin [4].

Penelitian ini menjadi penting karena kondisi daya dari sumber seperti PLN sering mengalami fluktuasi tegangan. Oleh karena itu, pemahaman tentang bagaimana perhitungan putaran dan daya masukan pada motor induksi dipengaruhi oleh perubahan beban menjadi relevan, terutama untuk memberikan gambaran yang lebih jelas terkait penggunaan motor induksi dalam lingkungan masyarakat. Motor induksi yang digunakan dalam penelitian ini merupakan contoh nyata dari motor industri yang umum digunakan di masyarakat dan industri, dan hal ini dapat memberikan perspektif yang berguna bagi

masyarakat dan industri terkait perubahan beban pada motor induksi [4].

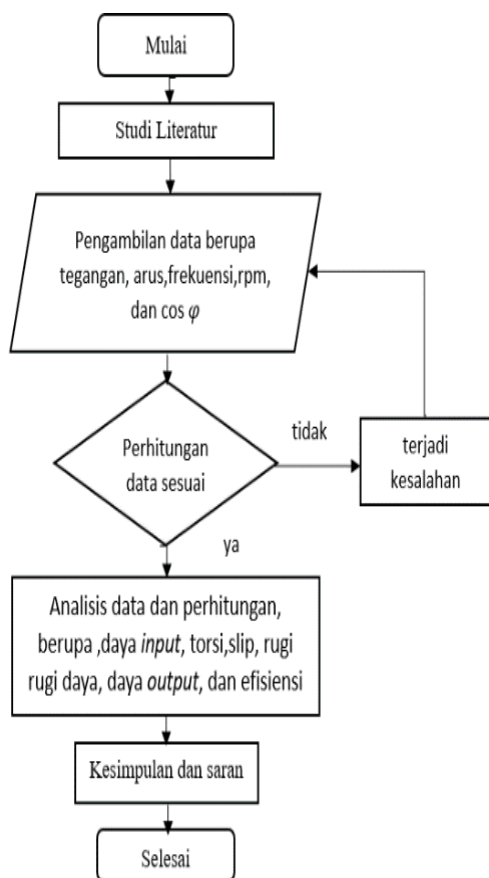
Penelitian ini dilakukan percobaan dan Analisis terhadap beberapa parameter yaitu dilakukan percobaan hubung singkat, percobaan pengukuran faktor daya dengan variasi beban, dengan torka beban yang digunakan ialah 2 kg, 4 kg, 6 kg, dan 8 kg, beban yang bervariasi ini digunakan untuk mengetahui bagaimana torsi bekerja saat bebannya di naikan melebihi kapasitas motor yang di gunakan dan di dapatkan hasil bahwa saat beban di naikan pada tegangan yang sama maka arus akan mengalami kenaikan daya *input* juga mengalami kenaikan dan kecepatan motor akan mengalami penurunan [4].

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa pengujian untuk menentukan parameter motor induksi diantaranya, Pengujian tahanan DC, Pengujian rotor *block*, dan Pengujian beban nol. Penelitian yang akan dilakukan merupakan penelitian eksperimental Dalam kasus ini, pengambilan data melibatkan informasi dari *name plate* motor, data kapasitas beban dan beban yang akan di uji untuk mengetahui efeknya terhadap torsi, daya masuk dan efisiensi. Data yang diperoleh sebagian besar berbentuk angka, yang kemudian diolah untuk menyimpulkan hasil penelitian. Dari deskripsi ini, penelitian ini cenderung bersifat kuantitatif karena fokus utamanya adalah pada data angka dan analisis kuantitatif dari hasil eksperimen yang dilakukan data beban yang akan di uji ialah 25% 50%, 75% 100, dan 125% dari kapasitas motor yang akan digunakan.

Penelitian mengenai pengaruh perubahan beban terhadap putaran dan daya masuk motor induksi 3 fasa dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Listrik Universitas Borneo Tarakan. Laboratorium tersebut dilengkapi dengan berbagai peralatan dan perlengkapan seperti beban uji, perangkat pengukur, serta motor induksi tiga fasa yang digunakan sebagai objek penelitian. Lingkungan di laboratorium ini dikendalikan dengan baik, memungkinkan peneliti untuk melakukan pengujian secara sistematis dan terukur dengan metode yang tepat, serta untuk

memperoleh data yang akurat dari eksperimen yang dilakukan. Alur penelitian ini dapat terlihat pada Gambar 1.



Gbr. 1 flowchart penelitian

Tabel 1. Data *name plat* motor induksi yang digunakan

Keterangan	spesifikasi
Jenis motor	Three-phase rotor winding motor
Teganga	220 Vac
Arus	2.0 A
Daya	0,35 kW
frekuensi	50/60 Hz
Speed	1410/1630 rpm
Type	EM-3330-3B

Kecepatan sinkron (n_s) dari motor listrik AC ditentukan oleh jumlah kutub (P) pada motor dan frekuensi sumber tegangan AC (f) yang diberikan ke motor tersebut. Rumus untuk menghitung kecepatan sinkron (n_s) adalah [5]:

$$n_s = \frac{120 \times f}{P} \dots\dots\dots(1)$$

n_s merupakan kecepatan putar stator, f merupakan frekuensi motor dan p merupakan jumlah kutup motor.

A. Penentuan Parameter Motor

1) Pengujian Tahanan DC

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur nilai parameter resistansi stator R_1 dan resistansi rotor R_2 [6].

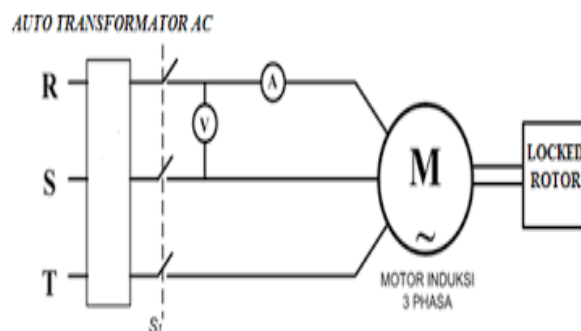
$$R_1(Y) = \frac{V_{DC}}{2.I_{DC}} \times k \dots\dots\dots(2)$$

$$R_2(Y) = \frac{V_{DC}}{2.I_{DC}} \times k \dots\dots\dots(3)$$

Adapun keterangan untuk persamaan diatas masing masing V merupakan tegangan pada pengujian tahanan DC, k adalah faktor pengkali (1,1 s/d 1,5) akibat efek kulit dan i_{dc} merupakan nilai arus pengujian tahanan DC [6].

2) Pengujian Block Rotor

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai parameter Reaktansi Stator (X_1), dan Reaktansi Rotor (X_2). Dilakukan pada arus yang mendekati nilai arus nominal motor. Data pengukuran mencakup arus *input* (A), tegangan *input* (V), dan daya *input* (Watt). Dalam pengujian ini, arus dialirkan hingga mendekati nilai arus nominal, sementara rotor diam untuk mencegah putaran [6].



Gbr. 2 Rangkaian Block Rotor [7]

$$Z_{br} = \frac{V_{br}}{\sqrt{3}I_{br}} \dots\dots\dots(4)$$

$$\theta_{br} = \cos^{-1}\left(\frac{P_{br}}{\sqrt{3} \times V_{br} \times I_{br}}\right) \dots\dots\dots(5)$$

$$X_{br} = Z_{br} \times \sin(\theta_{br}) \dots\dots\dots(6)$$

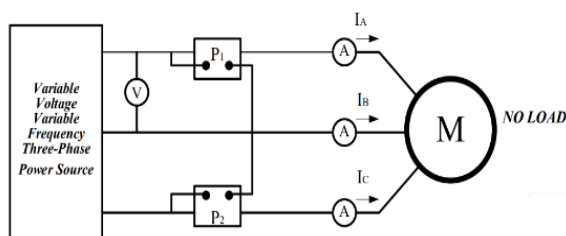
$$X_1 = 0,5 \times X_{br}$$

$$X_2 = 0,5 \times X_{br} \dots\dots\dots(7)$$

Pada pengujian rotor *block* Z_{br} merupakan nilai impedansi *block* rotor, V_{br} tegangan *block* rotor dan I_{br} arus pada *block* rotor, X_{br} reaktansi *block* rotor dan X_1 dan X_2 merupakan nilai reaktansi bagian stator dan rotor.

3) Pengujian Beban Nol

Saat motor induksi berjalan tanpa beban, arus rotor mengalir pada tingkat minimum yang cukup untuk menanggulangi gaya gesekan. Akibatnya, kerugian daya yang disebabkan oleh resistansi listrik (I_2R) pada kondisi tanpa beban sangatlah kecil dan dapat diabaikan. Pengujian ini dimaksudkan untuk menetapkan nilai parameter rugi inti (R_c) dan reaktansi magnetisasi (X_m) [7].



Gbr. 3 Rangkaian pengujian Beban Nol [7]

$$I_C = I_{nl} \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots(8)$$

$$R_c = \frac{v_{phase}}{I_C} \dots\dots\dots(9)$$

$$X_m = \frac{v_{phase}}{I_{nl}} - X_1 \dots\dots\dots(10)$$

I_c merupakan nilai arus yang mengalir pada bagian stator I_{nl} merupakan arus pangujian beban nol dan $\cos \varphi$ merupakan factor daya. R_c merupakan tahanan inti stator X_m merupakan impedansi magnetis.

Tabel 2. distribusi empiris dari reaktansi *block* rotor (X_{br})

Disain kelas motor	X_1	X_2
A	$0,5 X_{br}$	$0,5 X_{br}$
B	$0,4 X_{br}$	$0,6 X_{br}$
C	$0,3 X_{br}$	$0,7 X_{br}$
D	$0,5 X_{br}$	$0,5 X_{br}$
Rotor Belitan	$0,5 X_{br}$	$0,5 X_{br}$

B. Daya dan Rugi-Rugi Daya Motor

1) Daya input

Pada motor induksi 3 fasa besarnya daya yang diberikan dari sumber energi listrik pada motor di sebut daya *input*, daya yang di berikan ini akan di olah menjadi energi mekanik untuk menggerakakkan motor [8],[9].

$$P_{in} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots(11)$$

P_{in} merupakan nilai daya *input*, V_L tegangan *input*, I_L ialah arus *input* dan $\cos \varphi$ merupakan factor daya.

2) Rugi-rugi daya

- Rugi-rugi stator

$$P_1 = 3 \cdot I^2 \cdot R_1 \dots\dots\dots(12)$$

- Rugi inti

$$P_{inti} = \frac{3 \cdot E_1^2}{R_c} \dots\dots\dots(13)$$

$$E_1 = V_L - (I \cdot R_1) \dots\dots\dots(14)$$

- Rugi-rugi rotor

$$P_{tr} = (P_{in} - P_{ts} - P_{inti}) \cdot S \dots\dots\dots(15)$$

- Rugi-rugi angin dan gesekan
apabila kutub berjumlah 2 maka *losses* pada angin dan gesekan akan di hitung dengan persamaan [10].

$$P_{a\&g} = 2,5\% \cdot P_{in} \dots\dots\dots(16)$$

apabila kutub berjumlah 4 maka *losses* pada angin dan gesekan akan di hitung dengan persamaan [10].

$$P_{a\&g} = 1,5\% \cdot P_{in} \dots\dots\dots(17)$$

apabila kutub berjumlah 6 maka *losses* pada angin dan gesekan akan di hitung dengan persamaan [10].

$$P_{a\&g} = 1,0\% \cdot P_{in} \dots\dots\dots(18)$$

- Rugi – rugi *stray* motor induksi dihitung dengan persamaan [10].

$$P_{stray} = 0,011 \cdot P_{in} \dots\dots\dots(19)$$

- Rugi rugi total

$$P_{\text{rugi-rugi}} = P_{ts} + P_{inti} + P_{tr} + P_{a\&g} + P_{stray} \dots\dots\dots(20)$$

P_1 merupakan rugi rugi stator, I merupakan nilai arus, R_1 merupakan nilai tahanan pada stator, R_c merupakan tahanan inti, P_{inti} merupakan rugi-rugi inti motor, P_{tr} merupakan rugi rugi rotor, $P_{a\&g}$ rugi-rugi angin dan gesekan dan P_{stray} nilai rugi-rugi *stray*.

3) Torsi Motor Induksi 3 Fasa

Nilai torsi di hitung dengan menggunakan persamaan yaitu perbandingan daya output dengan kecepatan sudut [11].

$$\omega_r = \frac{2\pi n_r}{60} \dots\dots\dots(21)$$

$$T_m = \frac{P_{out}}{\omega_r} \dots\dots\dots(22)$$

ω_r merupakan kecepatan sudut rotor n_r merupakan kecepatan putar rotor P_{out} merupakan daya *output* dan T_m merupakan torsi mekanik motor

4) Efisiensi

Efisiensi mesin dinyatakan sebagai tingkat rasio antara daya keluaran yang dapat di berikan mesin untuk beroperasi dengan daya *input* yang di butuhkan mesin [12].

$$\eta = \frac{p_2}{p_1} \times 100 \dots\dots\dots(23)$$

η merupakan nilai dari efisiensi P_2 merupakan nilai dari daya output motor dan P_1 merupakan nilai dari daya input dari motor

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini untuk memperoleh nilai tahanan stator dan rotor dilakukan pengujian tahanan DC agar dapat di hitung nilai dari tahanan masing-masing, tabel 3. merupakan tabel pengukiran hasil pengujian DC pada motor.

Tabel 3. Data pengujian tahanan DC

Sisi	phase	V(v)	I(A)
Stator Terhubung Y	U-V	119	2,0
	U-W	119	2,0
	V-W	119	2,0
Stator Terhubung Δ	U-V	40	2,0
	U-W	40	2,0
	V-W	40	2,0
Rotor terhubung Y	K-L	9	2,0
	K-M	9	2,0
	L-M	9	2,0

Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai tahanan nya ialah sebagai berikut.

$$R_1 Y = \frac{v_{dc}}{2 \times i_{dc}} \times 1,1$$

$$= \frac{119}{2 \times 2} = 32,72 \Omega$$

$$R_2 Y = \frac{v_{dc}}{2 \times i_{dc}} \times 1,1$$

$$= \frac{9}{2 \times 2} = 2,47 \Omega$$

Dari data hasil percobaan diatas dapat kita tentukan berapa parameter dalam motor induksi yang di gunakan data yang bisa di peroleh iyalah nilai tahanan nya yaitu R_1 ialah 32,72 ohm, dan R_2 ialah 2,47 ohm. Kemudian dilakukan pula pengujian *block* rotor pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai impedansi stator dan impedansi rotor. Tabel 4 merupakan data dari hasil pengujian yangg dilakukan.

Tabel 4. Data pengujian *block* rotor

Tegangan	Arus(A)	Daya (Watt)	Cos φ
88,7	2,017	209	0.674

Untuk memperoleh parameter reaktansi masing-masing yaitu rotor dan stator digunakan persamaan berikut.

Impedansi *block* rotor:

$$Z_{br} = \frac{V_{br}}{\sqrt{3} I_{br}}$$

$$Z_{br} = \frac{88,7}{\sqrt{3} \times 2,017}$$

$$= 25,41 \Omega$$

$$\begin{aligned}\theta_{br} &= \cos^{-1}\left(\frac{P_{br}}{\sqrt{3} \times V_{br} \times I_{br}}\right) \\ \theta_{br} &= \cos^{-1}\left(\frac{209}{\sqrt{3} \times 88,7 \times 2,017}\right) \\ \theta_{br} &= \cos^{-1}(0,6744) \\ \theta_{br} &= 0,830^\circ \\ X_{br} &= Z_{br} \times \sin(\theta_{br}) \\ X_{br} &= 25,41 \times \sin(0,830) \\ X_{br} &= 19,25 \Omega\end{aligned}$$

Reaktansi stator:

$$\begin{aligned}X_1 &= 0,5 \times X_{br} \\ X_1 &= 0,5 \times 19,25 \\ &= 9,625 \Omega \\ X_2 &= 0,5 \times X_{br} \\ X_2 &= 0,5 \times 19,25 \\ &= 9,625 \Omega\end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan diperoleh nilai impedansi pada masing-masing ialah 9,625 ohm. Selain itu dilakukan pula pengujian dengan beban nol ini digunakan untuk mencari nilai arus inti, tahanan inti dan impedansi magnetis motor. Tabel 5. merupakan data hasil pengujian beban nol.

Table 5. Pengujian motor dengan beban nol

$V_{bn}(V)$	$I_{bn}(A)$	$P_{bn}(W)$	$\cos \varphi$
236,2	1,56	104	0,162

Parameter parameter yang terukur akan digunakan untuk menghitung nilai rugi rugi inti (R_c) dan reaktansi magnetis (X_m) yang akan data yang di hitung ini akan di gunakan untuk menghitung rugi rugi daya motor induksi.

$$\begin{aligned}I_c &= I_{bn} \times \cos \varphi \\ &= 1,565 \times 0,162\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&= 0,253 A \\ R_c &= \frac{V_{bn}}{\frac{I_c}{\sqrt{3}}} \\ &= \frac{236,2}{\frac{0,253}{\sqrt{3}}} \\ &= 539,01 \Omega \\ X_m &= \frac{V_{bn}}{\frac{I_{bn}}{\sqrt{3}}} - X_1 \\ X_m &= \frac{236,2}{\frac{1,565}{\sqrt{3}}} - 9,62 \\ &= 87 - 9,62 = 77,51 \Omega\end{aligned}$$

Tabel 6. merupakan tabel parameter motor ynng telah di hitung dengan mengolah data yang telah dilakukan uji yaitu pengujian tahanan DC, pengujian *block* rotor, dan pengujian beban nol.

Tabel 6. Parameter motor induksi

Parameter	Ω
Tahanan Stator (R_1)	32,72
Tahanan Rotor (R_2)	2,47
Reaktansi Stator (X_1)	9,38
Reaktansi Rotor (X_2)	9,39
Reaktansi inti (R_c)	539,01
Reaktansi magnetis (X_m)	77,77

Data pada Tabel 7. merupakan data hasil pengukuran motor induksi 3 fasa rotor belitan, ini merupakan data pengujian dengan beban yang bervariasi. Pada penelitian dilakukan pengujian dengan beban sebesar 25%, 50%, 75%, 100% dan 125% data yang di peroleh akan digunakan untuk Analisa daya masuk kecepatan putar rotor torsi motor rugi rugi daya, daya *output* dan juga nilai efisiensi dari motor yang digunakan.

Tabel 7. Data pengukuran dengan variasi beban pada motor induksi

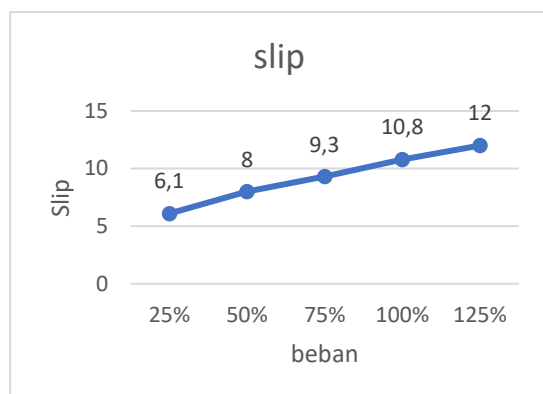
Beban	Arus (A)	Daya input (Watt)	Tegangan (V)	Frekuensi (Hz)	Kecepatan rotor (Rpm)	$\cos \varphi$	Torsi pengereman (Nm)
25%	1,689	414,18	232,1	50,5	1422	0,61	0,2
50%	1,794	478,98	231,8	50,5	1393	0,665	0,22
75%	1,891	530.6	231,1	50,4	1373	0,701	0,24

Beban	Arus (A)	Daya input (Watt)	Tegangan (V)	Frekuensi (Hz)	Kecepatan rotor (Rpm)	Cos ϕ	Torsi pengereman (Nm)
100%	2,006	587,54	230,7	50,5	1350	0,733	0,28
125%	2,104	623,57	230,3	50,2	1303	0,743	0,3

1. Pengaruh perubahan beban terhadap slip

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100 \%$$

$$S = \frac{1515 - 1422}{1515} \times 100\% = 6,1\%$$



Gbr. 4 grafik beban terhadap slip

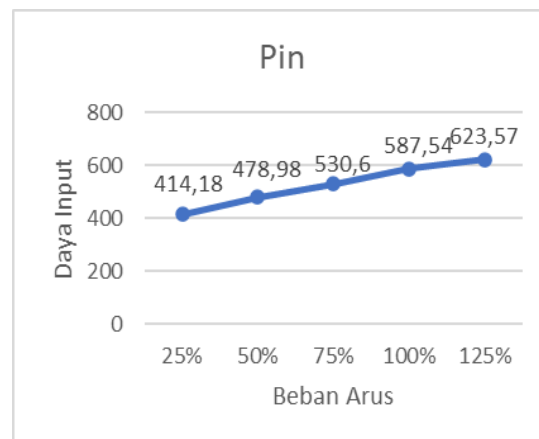
Gambar 4 merupakan hasil perhitungan dari data yang telah di peroleh dari pengukuran dan di peroleh nilai slip masing-masing yaitu pada variasi beban 25%, 50%, 75% 100% hingga 125% yaitu 6,1%, 8%, 9,3% 10,8%, dan 12%. Data menunjukkan bahwa peningkatan beban mempengaruhi nilai slip yang terjadi pada motor.

2. Pengaruh pembebanan terhadap daya input motor induksi

$$P_{in} = \sqrt{3} \cdot V_{in} \cdot I_{in} \cdot \cos\phi$$

$$P_{in} = \sqrt{3} \times 232,1 \times 1,689 \times 0,61 = 414,18 \text{ Watt}$$

Gambar 5 merupakan hasil perhitungan dari data yang telah di peroleh dari pengukuran dan di peroleh nilai daya input masing-masing yaitu pada variasi beban 25%, 50%, 75% 100% hingga 125%, dan dapat dilihat bahwa peningkatan beban akan menyebabkan konsumsi atau penggunaan daya akan mengalami peningkatan seiring bertambahnya beban yang di berikan.



Gbr. 5 grafik beban terhadap daya masuk

3. Pengaruh pembebanan terhadap rugi-rugi daya motor induksi

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan rugi rugi daya untuk menentukan nilai daya output dan juga efisiensi pada motor induksi yang digunakan. Adapun persamaan yang di gunakan untuk menghitung rugi-rugi daya motor induksi di gunakan persamaan sebagai berikut.

A. Perhitungan daya input menggunakan persamaan 11.

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{in} \times I_{in} \times \cos\phi$$

$$P_{in} = \sqrt{3} \times 232,1 \times 1,689 \times 0,6 = 414,18 \text{ Watt}$$

B. Perhitungan rugi-rugi stator digunakan persamaan 12.

$$P_{ts} = 3 \times (I_{in})^2 \times R_1$$

$$P_{ts} = 3 \times 1,689 \times 32,72 = 280 \text{ Watt}$$

C. Perhitungan rugi-rugi inti menggunakan persamaan 13 dan 14.

$$E_1 = \left(\frac{V}{\sqrt{3}} \right) - (I \times R_1)$$

$$= \left(\frac{232,1}{\sqrt{3}} \right) - (1,689 \times 32,72) = 78,73 \text{ Volt}$$

$$P_{inti} = \frac{3 \times (E_1)^2}{R_c}$$

$$P_{inti} = \frac{3 \times (78,73)^2}{539,01} = 34,49 \text{ Watt}$$

D. Perhitungan rugi-rugi rotor digunakan persamaan 15.

$$P_{tr} = (p_{in} - P_{TS} - P_{inti})(s)$$

$$P_{tr} = (414,18 - 280 - 34,49)(0,061)$$

$$= 6,08 \text{ Watt}$$

E. Perhitungan rugi-rugi angin dan gesekan menggunakan persamaan 16.

$$P_{ag} = 1,5\% \times P_{in}$$

$$= 6,21 \text{ Watt}$$

F. Perhitungan rugi-rugi *stray* digunakan persamaan 17.

$$P_{stray} = 0,011 \times P_{in}$$

$$P_{stray} = 0,011 \times 414,18$$

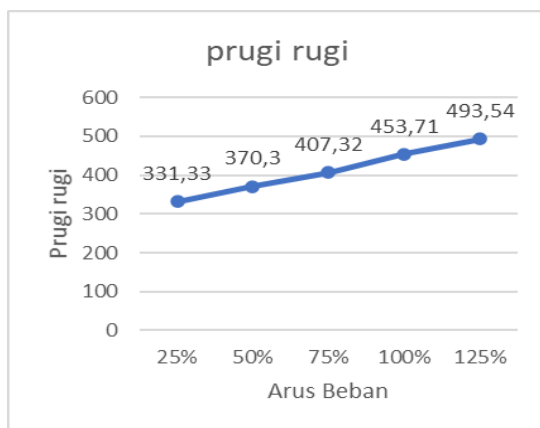
$$= 4,55 \text{ Watt}$$

G. Perhitungsn rugi-rugi total digunakan persamaan 18.

$$P_{rugi-rugi} = P_{ts} + P_{inti} + P_{tr} + P_{ag} + P_{stray}$$

$$= 280 + 34,49 + 6,08 + 6,21 + 4,55$$

$$= 331,33 \text{ Watt}$$



Gbr. 6 Grafik Beban terhadap Rugi-Rugi daya

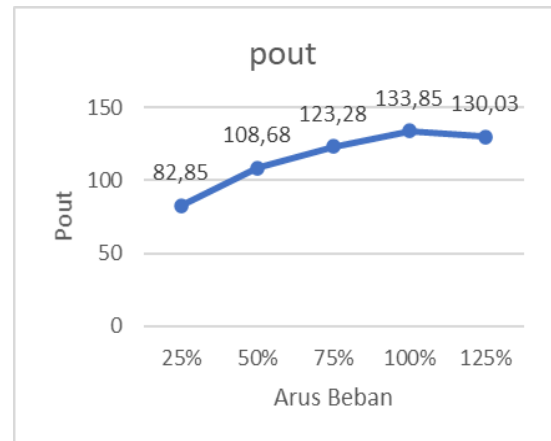
Pada Gambar 6 diperoleh data rugi-rugi masing-masing yaitu 331,33 Watt, 370,3 Watt, 407,32 Watt, 453,71 Watt, dan 493,54 Watt pada masing masing beban 25%, 50%, 75%, 100% hingga 125%.

4. Pengaruh pembebanan terhadap daya output

$$P_{out} = P_{in} - P_{rugi-rugi}$$

$$= 414,18 - 331,33$$

$$= 82,85 \text{ Watt}$$



Gbr. 7 Grafik beban terhadap daya output

Daya *output* motor dapat dilihat pada Gambar 7 menjelaskan bahwa semakin besar nilai dari beban yang di gunakan semakin besar pula daya *output* yang di dihasilkan pada beban 25 % motor nilai daya *output* iyalah sebesar 82,85 Watt dan nilai daya tertinggi yang di peroleh ialah pada saat beban maksimal 100% yaitu sebesar 133,85 Watt namun saat beban dinaikan menjadi 125% dari motor daya yang di dihasilkan ialah sebesar 130,03 Watt. Perlu dicatat bahwa motor biasanya memiliki batas daya maksimum yang dapat di dihasilkan motor maka menyebabkan beban lebih yang di berikan pada motor memperoleh daya *output* yang cenderung lebih kecil di bandingkan daya saat beban 100%.

5. Pengaruh pembebanan terhadap torsi motor

Kekuatan torsi saat bekerja pada varisasi beban dapat di hitung dengan sebuah persamaan yaitu pada 21 dan 22.

- Kecepatan sudut

$$\omega_r = \frac{2 \times \pi \times n_r}{60}$$

$$\omega_r = \frac{2 \times 3,14 \times 1422}{60}$$

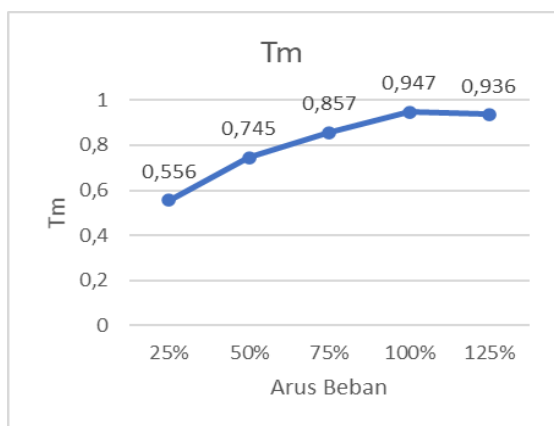
$$\omega_r = 148,83 \text{ rad/s}$$

- Torsi motor

$$T_m = \frac{P_{out}}{\omega_r}$$

$$T_m = \frac{82,85}{148,82}$$

$$T_m = 0,556 \text{ Nm}$$



Gbr. 8 Grafik beban terhadap torsi motor

Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai torsi pada Motor ini menunjukkan kemampuan yang baik untuk menghasilkan torsi yang memadai pada tingkat pembebanan yang ringan. Saat beban bertambah dari 25% menjadi 50%, 75%, dan akhirnya 100%, torsi motor meningkat secara berurutan menjadi 0,556 Nm, 0,745 Nm, 0,857 Nm, dan 0,947 Nm. Hal ini mengindikasikan bahwa motor mampu merespons kenaikan pembebanan dengan baik, memberikan *output* torsi yang sejalan dengan tingkat beban yang diberikan. Ketika beban melebihi 100% yaitu pada 125% beban, torsi motor mengalami sedikit penurunan menjadi 0,936 Nm. Adapun penyebab torsi motor mengalami penurunan saat beban lebih itu disebabkan oleh kapasitas motor terbatas

6. Pengaruh pembebanan terhadap efisiensi motor induksi

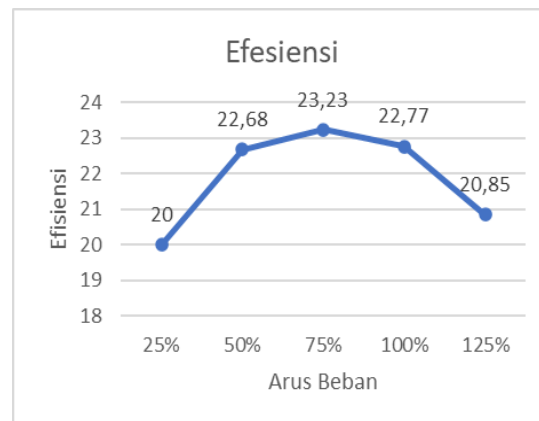
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$\eta = \frac{82,85}{414,18} \times 100$$

$$\eta = 20\%$$

Pada Gambar 9 bahwa pembebanan berdampak terhadap efisiensi motor induksi 3 fasa, kita dapat lihat bahwa pada saat beban 25%, 50%, 75%, dan 100% yaitu masing masing berurut yaitu sebesar 20%, 22,68, 23,23 dan 22,77. Dan saat beban lebih yaitu beban 125% sebesar 20,85. Penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi motor cenderung berkurang pada tingkat beban yang

ekstrem. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa beban 75% memiliki efisiensi tertinggi, sesuai dengan teori bahwa kondisi beban optimal untuk motor berada pada kisaran 75%.



Gbr. 9 Grafik beban terhadap efisiensi motor

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dianalisis bahwa parameter rangkaian dari uji resistansi DC menunjukkan stator R1 sebesar 32,72 Ω dan R2 sebesar 2,47 Ω . Nilai X1 dan X2 dari uji blok rotor masing-masing adalah 19,38 Ω . Selain itu, dari uji beban nol diperoleh parameter Xm sebesar 77,77 Ω , Ic sebesar 0,235A, dan nilai Rc sebesar 539,01 Ω .

Pada penelitian ini, slip motor induksi rotor belitan meningkat seiring bertambahnya beban yang diberikan, karena hal ini disebabkan oleh perbedaan kecepatan putar rotor dan stator. Daya *input* motor meningkat dari 414,18 watt pada beban 25% menjadi 623,57 watt pada beban 125%. Rugi-rugi daya, yang meliputi rugi-rugi stator, inti, rotor, angin, gesekan, dan rugi-rugi *stray*, cenderung meningkat dengan bertambahnya beban.

Total kerugian ini menunjukkan kenaikan yang meningkat dengan penambahan beban secara berkala. Daya *output* motor meningkat hingga beban 100%, tetapi sedikit menurun pada beban 125% karena keterbatasan daya maksimum motor.

Nilai torsi motor cenderung meningkat seiring bertambahnya beban, tetapi menurun pada beban 125% karena daya *output*

menurun. Efisiensi motor mencapai puncaknya pada beban 75%, tetapi menurun pada beban 100% dan 125%, masing-masing sebesar 22,77% dan 20,85%.

REFERENSI

- [1] Oktariani, Y. Studi Pengaruh Torsi Beban Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fase. *Jurnal Teknik Elektro*, 5(1), 9-15, 2016.
- [2] Sartika, L., Prasetya, A. M., & Nicholas, I. E. N. Analisa pengaruh perubahan beban terhadap kinerja motor induksi 3 fasa scraper conveyordi PT. Citra siwit lestari. *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi Terapan (e-Journal)*, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 7-16, 2023.
- [3] Kusbiantoro, E. “Analisa Tegangan Tidak Seimbang Terhadap Torsi Dan Daya Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Simulasi Matlab” universitas Sultan Agung, 2021.
- [4] Silaen, R., & Hutabarat, J. L. “Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Putaran dan Daya Masuk Motor Induksi Tiga Fasa (Aplikasi Pada Laboratorium Konversi Energi Listrik FT-UHN)”. *Jurnal ELPOTECs*, 4(1), 1-15, 2021.
- [5] Novianto, D., Zondra, E., & Yuvendius, H. “Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Penggerak Vacuum Di PT. Pindo Deli Perawang”. *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, 4(2), 73–80, 2022.
- [6] Abidin, Z. “Pengaruh Penambahan Tahanan Luar (Rluar) Terhadap Torsi Motor Induksi 3 Phasa Jenis Rotor Belitan” *DI 10120rhd3. jurnal Media Elektro | Vol. VI | No.1*, 2017.
- [7] Ghazali, R. A. “Metode Perhitungan Efisiensi Motor Induksi Yang Sedang Beroperasi”. Universitas Indonesia 2011.
- [8] Pratama .A. K., Zondra, E., & Yuvendius, H. “Analisis efisiensi motor induksi tiga phasa akibat perubahan tegangan. *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*”, Vol. 5 No.1, 2020.
- [9] Sartika, L., Prasetya, A. M., & Hironimus. Power Analysis of 3 Phase Induction Motor Drive Conveyor 06 at PT. Mitrabara Adiperdana. *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 18(2), 153-160, 2024.
- [10] Al-Badri, M., Pillay, P., & Angers, P. A novel in situ efficiency estimation algorithm for three-phase induction motors operating with distorted unbalanced voltages. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 53(6), 5338-5347, 2017.
- [11] Ramadhan, Rizky. “Analisa Daya Motor Induksi 3 Fasa Sebagai Penggerak Conveyor Di PT. Pesona Khatulistiwa Nusantara”. Perpustakaan UBT: Universitas Borneo Tarakan, 2022.
- [12] Chapman, Stephen J. “Electric Machines Fundamentals”. New York: McGrawHill, 2012.