

Analisis Faktor Daya Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Metoda Regresi Polinomial

Andre Syaputra¹, Elvira Zondra², Hazra Yuvendius³, Darmansyah⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning Pekanbaru.

Jl. Yos Sudarso Rumbai, Pekanbaru, Tlp. (0761)52324

Email : andresyaputra1410@gmail.com¹, elviraz@unilak.ac.id², hazra_yuvendius@unilak.ac.id³,
darmansyah@unilak.ac.id⁴

Submitted : 21 Maret 2022

Accepted: 15 Juni 2023*

Abstrak

Motor induksi tiga fasa merupakan jenis motor yang paling banyak digunakan pada dunia industri, karena memiliki banyak kelebihan. Salah satu parameter proteksi, yaitu faktor daya, juga digunakan sebagai indikator proteksi motor induksi tiga fasa. Faktor daya digunakan sebagai indikator untuk beban kurang atau *underload* dan juga sebagai pengoreksian faktor daya untuk meningkatkan kualitas daya atau *power quality*. Pada penelitian ini dilakukan Analisis Faktor Daya Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Metoda Regresi Polinomial dengan referensi dari *nameplate* atau *datasheet* motor induksi tiga fasa. Motor yang digunakan adalah motor induksi tiga fasa 1HP 4 kutub dengan torsi rating 5 newton meter dengan kecepatan rating 1425 rpm yang ada pada Laboratorium Teknik Elektro Universitas Lancang Kuning. Dalam penyelesaian penelitian ini dengan membantingankan metoda regresi polinomial dan metoda measured current only dengan software m.file sebagai validasi. Dari hasil penelitian ini diperoleh nilai faktor daya dengan torsi puncak 5,64075 dengan faktor daya 0,76715 dan torsi terendah 1,4715 dengan faktor daya 0,40756 serta *error* pada faktor daya lebih kecil dari 0,6% sampai 1,3%. Faktor daya metode regresi setiap pengujian berbeban lebih mendekati atau hasil yang lebih baik dengan faktor daya yang didapat dari hasil pengukuran pada power analyzer dibandingkan dengan metode measured current only. Dengan rata-rata *error* dari metode regresi polinomial memiliki nilai 0,48674% dan rata-rata *error* metode measured current only 5,35560%.

Kata Kunci : Faktor Daya, Motor Induksi Tiga Fasa, Metode Regresi Polinomial.

Abstract

The three-phase induction motor is the most widely used type of motor in the industrial world, because it has many advantages. One of the protection parameters, namely the power factor, is also used as a protection indicator for a three-phase induction motor. The power factor is used as an indicator for underload or underload and also as a power factor correction to improve power quality. In this research, the Power Factor Analysis of Three Phase Induction Motor Using Polynomial Regression Method was conducted with reference to the nameplate or datasheet of a three-phase induction motor. The motor used is a 1HP 4-pole three-phase induction motor with a rated torque of 5 newton meters with a rated speed of 1425 rpm which is available at the Electrical Engineering Laboratory, Lancang Kuning University. In the completion of this research by contrasting the polynomial regression method and the measured current only method with the M-File software as validation. From the results of this study, the value of the power factor with peak torque is 5.64075 with a power factor of 0.76715 and the lowest torque is 1.4715 with a power factor of 0.40756 and the error in the power factor is smaller than 0.6% to 1.3%. The power factor of the regression method for each load test is closer to or better than the power factor obtained from the measurement results on the power analyzer compared to the measured current only method. The average error of the polynomial regression method has a value of 0.48674% and the average error of the measured current only method is 5.35560%.

Keywords: Power Factor, Three Phase Induction Motor, Polynomial Regression Method.

1. PENDAHULUAN

Motor induksi tiga fasa merupakan jenis motor yang paling banyak digunakan pada dunia

industri maupun kebutuhan rumah tangga [1]. Pengaplikasiannya yang luas ini dikarenakan motor induksi tiga fasa memiliki konstruksi yang

sederhana, pengoperasian dan pemeliharaan yang mudah, biaya yang murah, serta ketahanan yang tinggi. Tentunya dari pemakaian yang luas ini, penelitian mengenai proteksi motor induksi tiga phasa menjadi sangat penting, agar motor induksi tiga phasa mampu beroperasi dengan baik, memiliki umur yang panjang, serta mencegah kerusakan pada motor [2], [3]. Pelindung motor induksi tiga phasa bisanya memonitor arus dan tegangan yang selanjutnya akan diproses untuk melindungi arus lebih, tegangan lebih atau tegangan kurang, dan sebagainya.

Salah satu parameter proteksi, yaitu faktor daya, juga digunakan sebagai indikator proteksi motor induksi tiga phasa. Faktor daya digunakan sebagai indikator untuk beban kurang atau *underload* dan juga sebagai pengoreksian faktor daya untuk meningkatkan kualitas daya atau *power quality*. Biasanya, faktor daya didapat dari pengukuran gelombang arus dan tegangan, serta mengukur pergeseran phasa dari tegangan dan arus atau dengan metode *Zero-Crossing*. Cara yang lain yaitu dengan menghitung daya sesaat pada motor induksi tiga phasa. Kedua cara diatas memerlukan pengukuran tegangan dan arus pada motor.

Oleh sebab itu dilakukan penelitian mengenai Analisis Faktor Daya Motor Induksi Tiga Phasa Dengan Metoda Regresi Polinomial. Dengan cara ini, faktor daya bisa didapat dengan metode Regresi Polinomial dengan referensi dari *nameplate* atau *datasheet* motor induksi tiga phasa. Cara ini menawarkan solusi pengukuran faktor daya yang tidak memerlukan sensor tegangan, sehingga bisa menghemat biaya.

2. METODE PENELITIAN

Pengujian yang dilakukan dalam Skripsi ini yaitu untuk menentukan keakuratan perhitungan nilai faktor daya suatu motor induksi tiga phasa dengan menggunakan metode Regresi Polinomial.

Tabel 1. Spesifikasi Motor Induksi Tiga Phasa Teco

| Uraian | Data |
|-----------|----------------------------|
| Tipe | AESV1040001YU |
| Tahun | 2016 |
| No.Seri | 2165004112 |
| Frekuensi | 50 Hz |
| Tegangan | 380 V Y / 220 V Δ |
| Arus | 2,05 A Y / 3,55 A Δ |
| Kutub | 4 |
| Daya | 1 hp atau 0,746 kW |
| Berat | 16,5 kg |
| Kecepatan | 1425 rpm |

| | |
|--------------------|------|
| Insulation Class | F |
| Frame Size | D80M |
| Ingress Protection | 55 |

Selain dari pengukuran langsung, penulis juga melakukan perhitungan menggunakan Matlab dan kode .m matlab untuk membandingkan lagi hasil yang didapat dari pengukuran langsung motor induksi tiga phasa.

Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan untuk menguji motor induksi tiga phasa adalah:

- Motor Induksi Tiga Phasa, sesuai pada Tabel 1.
- Beban Motor, yaitu metode pengereman konfigurasi pulley dengan pendingin air seperti gambar.
- Power Analyzer* Tiga Phasa LT-Lutron Model DW-6092, digunakan untuk mengukur tegangan, arus, daya, dan faktor daya input atau sisi stator pada motor induksi tiga phasa.
- Auto-transformator tiga phasa 380 V AC, digunakan untuk penaik dan penurun tegangan sumber tiga phasa.
- Catu Daya DC, digunakan untuk pengujian tahanan stator.
- Tachometer, sebagai pengukur kecepatan putar motor.
- Multimeter Digital, digunakan untuk mengukur arus perngujian tahanan stator dan sebagai pengukur tegangan untuk memastikan keluaran auto-transformator.
- Kabel Penghubung, sebagai penghubung rangkaian motor dan alat ukur.

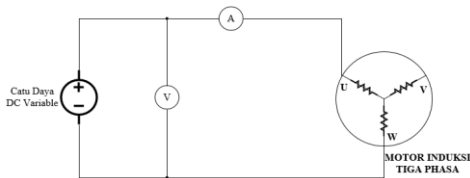


Gambar 1. Beban Motor Induksi Tiga Phasa

Prosedur Pengujian dan Pengambilan Data Motor Induksi Tiga Phasa adalah mengikuti langkah-langkah pengujian dan pengambilan data motor induksi tiga phasa sebagai berikut:

Pengujian Tahanan Stator

1. Merangkai rangkaian pengujian motor induksi tiga phasa seperti pada Gambar 2. dengan rangkaian motor terhubung Y.
2. Pastikan kembali bahwa peralatan dan kondisi sudah aman untuk melakukan pengujian.
3. Hidupkan catu daya DC variable, atur tegangan sesuai pada Tabel 2, catatlah arus yang terukur pada multimeter digital pada Tabel 3. Lakukan untuk tiap-tiap pasangan belitan.
4. Menggunakan rumus 2.39., hitung tahanan stator dan masukkan kedalam Tabel 4.
5. Ulangi langkah 3 dan 4 untuk step tegangan berikutnya.
6. Matikan catu daya DC variable dan rapikan peralatan.



Gambar 2. Rangkaian Pengujian Tahanan Stator Motor

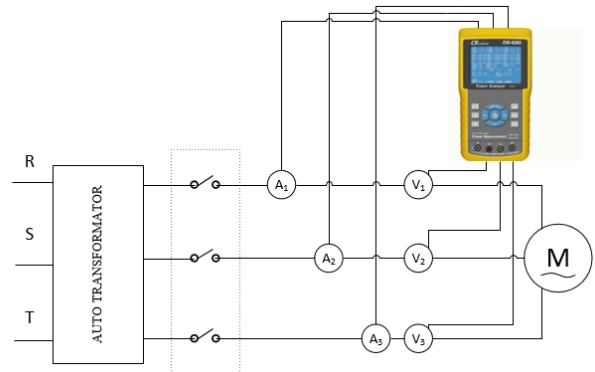
Tabel 2. Hasil Pengujian Tahanan Stator

| Phasa | V_1 (Volt) | I (A) | R_{dc} (Ohm) | R_{ac} (Ohm) |
|-------|-----------------|------------|-------------------|-------------------|
| U – V | 1 | 0,063 | 7,937 | 10,317 |
| | 2 | 0,129 | 7,752 | 10,078 |
| | 3 | 0,187 | 8,021 | 10,428 |
| | 4 | 0,243 | 8,230 | 10,700 |
| V – W | 1 | 0,066 | 7,576 | 9,848 |
| | 2 | 0,125 | 8,000 | 10,400 |
| | 3 | 0,183 | 8,197 | 10,656 |
| | 4 | 0,245 | 8,163 | 10,612 |
| U – W | 1 | 0,061 | 8,197 | 10,656 |
| | 2 | 0,127 | 7,874 | 10,236 |
| | 3 | 0,185 | 8,108 | 10,541 |
| | 4 | 0,249 | 8,032 | 10,442 |

Pengujian Tanpa Beban

1. Merangkai rangkaian percobaan seperti gambar dengan rangkaian motor terhubung Y.
2. Pastikan kembali bahwa peralatan dan kondisi sudah aman untuk melakukan pengujian, dengan motor tidak terpasang beban.
3. Hidupkan autotransformator, lalu hidupkan saklar. Atur tegangan keluaran autotransformer menjadi 380 V, pastikan juga menggunakan multimeter.
4. Catatlah tegangan, arus, daya, dan faktor daya dari pembacaan pengukuran power analyzer dan masukkan kedalam tabel.
5. Ukur kecepatan putar motor menggunakan tachometer, masukkan nilai yang terukur kedalam tabel.

6. Matikan saklar dan matikan autotransformator, lalu rapikan peralatan.



Gambar 3. Rangkaian Pengujian Tanpa Beban dan Rotor Tertahan

Tabel 3. Hasil Pengujian Tanpa Beban

| V_{L-NL} (Volt) | I_{NL} (A) | P_{NL} (Watt) | $\cos \theta_{NL}$ | N_r (rpm) |
|----------------------|-----------------|--------------------|--------------------|----------------|
| 388,867 | 1,497 | 125 | 0,12 | 1496 |

Pengujian Rotor Tertahan

1. Merangkai rangkaian percobaan seperti gambar dengan rangkaian motor terhubung Y.
2. Pastikan kembali bahwa peralatan dan kondisi sudah aman untuk melakukan pengujian.
3. Tahan as rotor agar motor tidak berputar. Hidupkan autotransformator, lalu hidupkan saklar. Atur tegangan keluaran autotransformer sehingga arus yang terbaca pada power analyzer mencapai nilai *rating*.
4. Catatlah tegangan, arus, daya, dan faktor daya dari pembacaan pengukuran power analyzer dan masukkan ke dalam tabel 4. Lakukan dengan segera untuk menghindari kerusakan pada motor.
5. Matikan saklar dan matikan autotransformator, lalu rapikan peralatan.

Tabel 4. Hasil Pengujian Rotor Tertahan

| V_{L-LR} (Volt) | I_{L-LR} (Ampere) | P_{L-LR} (Watt) | $\cos \theta_{LR}$ |
|----------------------|------------------------|----------------------|--------------------|
| 83,267 | 2,0513 | 212 | 0,71 |

Pengujian Berbeban

1. Merangkai rangkaian percobaan. Hasil rangkaian motor seperti pada gambar dan dengan rangkaian motor terhubung Y.
2. Pastikan kembali bahwa peralatan dan kondisi sudah aman untuk melakukan pengujian, dengan motor tidak terpasang beban (sabuk tidak dikencangkan).
3. Hidupkan autotransformator, lalu hidupkan saklar. Atur tegangan keluaran autotransformator menjadi 380 V, pastikan juga menggunakan multimeter.

4. Setelah motor berputar tanpa beban, beri beban dengan cara mengatur *swivel* untuk mengatur ketegangan sabuk. Beri air sebelum pulley tampak panas untuk mendinginasi panas.
5. Catatlah tegangan, arus, dan daya dari pembacaan pengukuran power analyzer dan masukkan ke dalam Tabel 3.
6. Ukur kecepatan putar motor menggunakan tachometer, masukkan nilai yang terukur kedalam Tabel 3.
7. Catat pembacaan dari 2 timbangan pegas dan masukkan ke dalam Tabel 3.
8. Ulangi langkah 4 sampai 7 dengan step beban 0,5 N.m sesuai pada Tabel 3.
9. Matikan saklar dan matikan autotransformator, lalu rapikan peralatan.



Gambar 4. Rangkaian Pengujian Berbeban Tampak Depan



Gambar 5. Rangkaian Pengujian Berbeban Tampak Samping

Pengukuran Faktor Daya Dengan Metode Measured Current Only (MCO). arus I yang diserap oleh motor terdiri dari arus aktif (I_{aktif}) dan arus reaktif ($I_{reaktif}$). Komponen aktif arus digunakan untuk membangkitkan torsi, dimana besarnya I_{aktif} berubah menyesuaikan beban motor. Komponen reaktif arus digunakan sebagai arus magnetisasi,

dimana besarnya $I_{reaktif}$ tidak banyak berubah (dapat dikatakan konstan) dari keadaan tidak berbeban hingga beban penuh. Rumus arus, dengan kaitan arus aktif dan arus reaktif adalah:

$$I = \sqrt{I_{aktif}^2 + I_{reaktif}^2}$$

$$I_{aktif} = I \cdot \cos \varphi$$

$$I_{reaktif} = I \cdot \sin \varphi$$

sehingga faktor daya motor induksi tiga fasa menjadi:

$$pf = \sqrt{1 - \left(\frac{I_{reaktif}}{I_1} \right)^2}$$

Pengukuran Faktor Daya Menggunakan Metode Regresi Polinomial

Regresi linear adalah alat statistik yang dipergunakan untuk mengetahui pengaruh antara satu atau beberapa variabel terhadap satu buah variabel. Variabel yang mempengaruhi sering disebut variabel bebas, variabel independen atau variabel penjelas. Variabel yang dipengaruhi sering disebut dengan variabel terikat atau variabel dependen. Regresi linear hanya dapat digunakan pada skala interval dan ratio.

Regresi adalah metode statistik dan berdasarkan hubungan antara variabel independen X dan variabel Y . Fungsi polinomial lebih berlaku dalam metode regresi karena lebih fleksibel. Dalam fungsi polinomial cukup penting untuk mendapatkan faktor daya dalam akurasi tinggi. Dalam metode ini beberapa nilai faktor daya dan beban terhadap satu sama lain diperlukan sebagai input regresi, dengan pemasangan ini sangat cocok karena poin yang tidak di ketahui menjadi lebih akurat.

$$y_i = \sum_{i=1}^n f(X_i, \beta) + \varepsilon_i$$

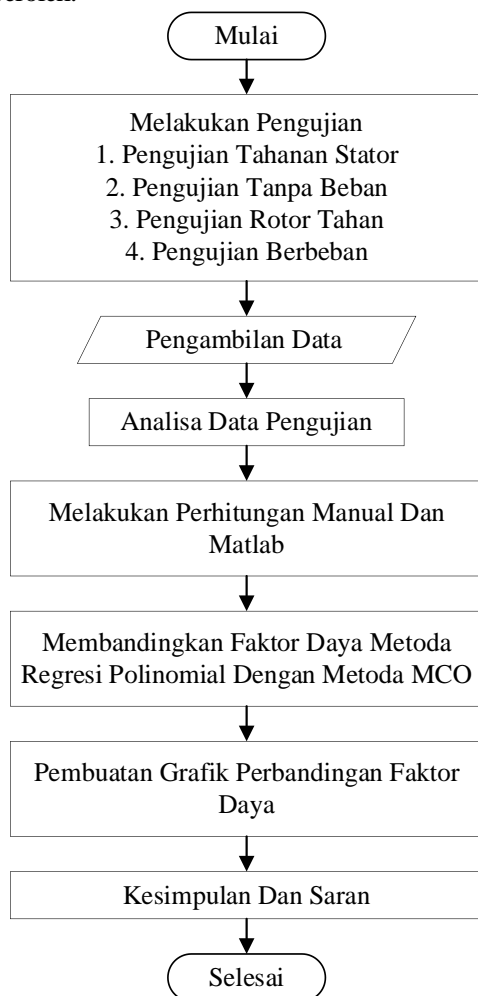
$$\hat{y}_i = f(X_i, \beta)$$

$$= \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2^2 + \dots + \beta_m X_n^m$$

Dimana :

- \hat{y}_i = Kurva
- y = Faktor Daya
- X = Nilai sumbu X , dimana X adalah beban
- β_m = Regresi orde ke m

Dimana y_i adalah variabel yang diamati $f(X_i, \beta)$ adalah fungsi utama dari polinomial yang dapat diindikasikan sebagai nilai yang berpredikat \hat{y}_i . ε_i adalah kesalahan antara nilai-nilai yang diamati dan diperkirakan. Dimana $(\beta_0, \beta_1, \beta_2 \dots \beta_m)$ adalah koefisien polinomial dimana m menunjukkan jumlah koefisien. Koefisien $(X_1 + X_2^2 + \dots X_n^m)$ adalah variabel bebas diman m dan n masing-masing menunjukkan jumlah derajat polinomial dan jumlah variabel. Ketika β dikalikan dengan X_i hasilnya menjadi \hat{y}_i yang tidak sama dengan y_i . Selisih antara y_i dan \hat{y}_i adalah ε_i (MSE). Dengan memiliki nilai β dan ε_i dengan himpunan baru X_i maka nilai y_i akan di peroleh.



Gambar 6. Flowchart Penelitian Metode Regresi Polinomial

$$[Y] = [X][\beta] + [\varepsilon]$$

Dimana $[Y]$ adalah vektor variabel dependen N-BY-1, $[X]$ adalah matriks n-by-m estimator (vandermonde matrix), dengan satu kolom untuk estimator dan satu baris untuk setiap pengamatan. $[\beta]$ adalah vektor M-1-1 dari parameter yang tidak

diketahui untuk diprediksi. f adalah fungsi $[X]$ dan $[\beta]$ yang mengevaluasi setiap baris $[X]$ di antara dengan vektor $[\beta]$ untuk memprediksi deretan Y yang sesuai $[\varepsilon]$ adalah vektor N-oleh-1 independen dan menunjukkan kesalahan antar nilai yang diamati dan diperkirakan.

$$\beta = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

Dalam metode regresi polinomial, derajat polinomial memiliki peran signifikan dalam hal pemasangan model linier dan nonlinier. Derajat polinomial didefinisikan jika derajat polinomial adalah $(n = 1)$, itu merupakan model linier. Jika derajat polinomial adalah $(n = 2, 3)$, ini menunjukkan model nonlinier masing-masing sebagai model kuadrat dan kubik. Sehingga pemilihan derajat polinomial dapat menjadi solusi yang efektif untuk model nonlinier.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Pengujian Tahanan Stator dilakukan dengan cara sebagai berikut

Fasa U-V:

$$R_{ac\ U-V} = (10,317 + 10,078 + 10,428 + 10,7)/4 = 10,381 \Omega$$

Fasa V-W:

$$R_{ac\ V-W} = (9,848 + 10,4 + 10,656 + 10,612)/4 = 10,379 \Omega$$

Fasa U-W:

$$R_{ac\ U-W} = (10,656 + 10,236 + 10,541 + 10,442)/4 = 10,469 \Omega$$

Sehingga R_1 :

$$R_1 = (10,381 + 10,379 + 10,469)/3 = 10,409 \Omega$$

Untuk menganalisis pengujian tanpa beban, digunakan rumus

$$V_{\phi NL} = \frac{388,867}{\sqrt{3}} = 224,512 \text{ V}$$

Arus fasa-netral tanpa beban :

$$I_{NL} = 1,497 \text{ A}$$

Mencari nilai sudut dari faktor daya:

$$\theta_{NL} = \cos^{-1} \theta_{NL} = \cos^{-1} 0,12 = 83,10789^\circ$$

Arus magnetisasi didapat menggunakan rumus :

$$I_m = 1,497 \sin 83,10789^\circ = 1,486 \text{ A}$$

Untuk mendapatkan arus rugi inti, digunakan rumus:

$$I_c = 1,497 \times 0,12 = 0,1796 \text{ A}$$

Untuk pencarian reaktansi magnetisasi dan tahanan rugi inti:

$$X_m = \frac{224,512}{1,486} = 151,085 \Omega$$

$$R_c = \frac{224,512}{0,1796} = 1250,067 \Omega$$

Analisis Pengujian Rotor Tertahan

$$V_{\phi LR} = \frac{83,267}{\sqrt{3}} = 48,074 \text{ V}$$

Mencari impedansi rotor tahanan menggunakan rumus :

$$|Z_{LR}| = \frac{48,074}{2,0513} = 23,436 \Omega$$

Tahanan rotor tertahan menggunakan rumus:

$$R_{LR} = 23,436 \times 0,71 = 16,639 \Omega$$

Lalu, didapatlah nilai tahanan rotor R_2 dengan menggunakan rumus:

$$R_2 = 16,639 - 10,409 = 6,23 \Omega$$

Mencari nilai sudut untuk mencari nilai $\sin \theta_{LR}$:

$$\theta_{LR} = \cos^{-1} \theta_{LR} = \cos^{-1} 0,71 = 44,76508^\circ$$

Maka. Menggunakan rumus :

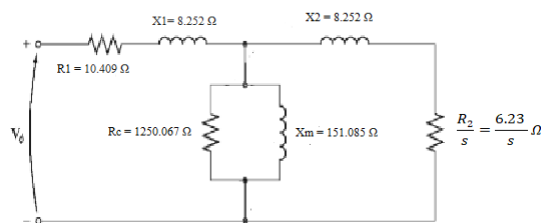
$$X_{LR} = 23,436 \sin 44,76508^\circ = 16,504 \Omega$$

Seperti keterangan tabel 3.1., maka:

$$X_1 = 0,5 X_{LR} = 0,5 \times 16,504 = 8,252 \Omega$$

$$X_2 = 0,5 X_{LR} = 0,5 \times 16,504 = 8,252 \Omega$$

Sehingga rangkaian ekivalen motor induksi tiga fasa dari hasil analisis seperti Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian ekivalen motor induksi tiga fasa

Tabel 5. Hasil Pengujian Berbeban

| τ_{load} (N.m) | V_{L-L} (V) | I_{L-N} (A) | N_m (rpm) | Pf Manual | P_{input} (W) | P_{output} (W) | Efisiensi (%) |
|------------------------|------------------|------------------|----------------|--------------|--------------------|---------------------|------------------|
| 5,64075 | 380 | 2,1634 | 1418 | 0,77111 | 1097,98747 | 837,6097 | 76,2859 |
| 5,3955 | 380 | 2,0888 | 1423 | 0,75658 | 1040,16485 | 804,01696 | 77,29707 |
| 5,0031 | 380 | 2,0593 | 1425 | 0,75023 | 1016,8747 | 746,59085 | 73,42014 |
| 4,4145 | 380 | 1,9005 | 1436 | 0,70835 | 886,09556 | 663,84177 | 74,91762 |
| 3,924 | 380 | 1,8588 | 1439 | 0,69462 | 849,83285 | 591,31433 | 69,58007 |
| 3,4335 | 380 | 1,7262 | 1449 | 0,64003 | 727,17373 | 520,99559 | 71,64664 |
| 2,943 | 380 | 1,6525 | 1455 | 0,59956 | 652,12989 | 445,33489 | 68,28929 |
| 2,40345 | 380 | 1,5570 | 1463 | 0,53492 | 550,4964 | 368,22056 | 66,88882 |
| 1,8639 | 380 | 1,4964 | 1470 | 0,46717 | 460,1327 | 286,92511 | 62,35703 |
| 1,4715 | 380 | 1,4382 | 1475 | 0,412 | 394,796 | 227,2903 | 57,57158 |

Analisis Faktor Daya Motor Induksi Tiga Fasa Metode MCO

Hal pertama yang perlu dilakukan adalah mencari konstanta $I_{reaktif}$ dengan menggunakan data yang ada pada *nameplate* dan *datasheet* motor induksi tiga fasa dan menggunakan rumus :

$$I_{reaktif} = 2,05 \times \sin(\cos^{-1} 0,77))$$

$$I_{reaktif} = 1,30799 \text{ A}$$

Tabel 6. Hasil Analisis Faktor Daya Metode MCO

| τ_{load} (N.m) | pf Metode MCO | |
|---------------------|-------------------|------------------|
| | Hasil Perhitungan | Hasil Pengukuran |
| 5,64075 | 0,79652 | 0,7958 |
| 5,3955 | 0,77967 | 0,77875 |
| 5,0031 | 0,77237 | 0,76581 |
| 4,4145 | 0,72551 | 0,72838 |
| 3,924 | 0,71053 | 0,70332 |
| 3,4335 | 0,65257 | 0,70332 |
| 2,943 | 0,61117 | 0,65195 |
| 2,40345 | 0,54791 | 0,57204 |
| 1,8639 | 0,48581 | 0,50878 |
| 1,4715 | 0,43916 | 0,47459 |

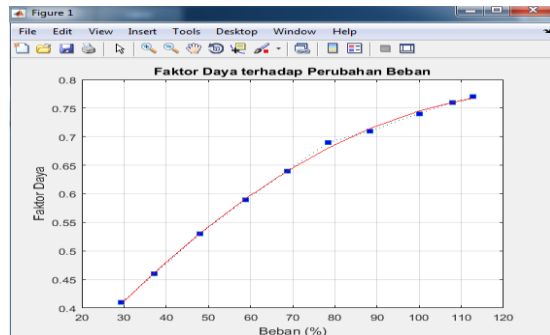
Analisis Faktor Daya Motor Induksi Tiga Fasa Metode Regresi Polinomial

Tabel 7. Hasil Perhitungan Persen Beban

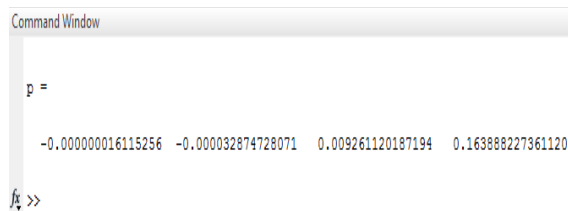
| No | τ Beban (N.m) | % Beban | Faktor Daya Power Analyzer |
|----|-----------------------|-----------|-------------------------------|
| 1 | 5,64075 | 112,815 % | 0,77 |
| 2 | 5,3955 | 107,91 % | 0,76 |
| 3 | 5,0031 | 100 % | 0,74 |
| 4 | 4,4145 | 88,29 % | 0,71 |
| 5 | 3,924 | 78,48 % | 0,69 |
| 6 | 3,4335 | 68,67 % | 0,64 |
| 7 | 2,993 | 58,86 % | 0,59 |

| | | | |
|----|---------|----------|------|
| 8 | 2,40345 | 48,069 % | 0,53 |
| 9 | 1,8639 | 37,278 % | 0,46 |
| 10 | 1,4715 | 29,43 % | 0,41 |

Dengan menggunakan bantuan aplikasi MATLAB didapatkan grafik faktor daya terhadap perubahan beban yang dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Faktor Daya Terhadap Perubahan beban



Gambar 9. Hasil Perhitungan koefisien Program .m File

Dari perhitungan MATLAB didapatkan koefisien :

$$a_0 = 0,163888227361120$$

$$a_1 = 0,009261120187194$$

$$a_2 = -3,28747 \times 10^{-5}$$

$$a_3 = -1,61153 \times 10^{-8}$$

Kemudian dari hasil perhitungan manual dan MATLAB nilai koefisien dapat masukkan ke dalam Tabel 8.

Tabel 8. Nilai koefisien hasil perhitungan manual dan MATLAB

| Perhitungan | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 |
|-------------|----------|------------|---------------------------|---------------------------|
| Manual | 0,163888 | 0,00926118 | $-3,28747 \times 10^{-5}$ | $-1,61154 \times 10^{-8}$ |
| Matlab | 0,163888 | 0,00926112 | $-3,28747 \times 10^{-5}$ | $-1,61153 \times 10^{-8}$ |

Analisis Perbandingan Faktor Daya Motor Induksi Tiga Fasa

Langkah selanjutnya adalah membandingkan analisis faktor daya dari hasil power analyzer, perhitungan manual, metode MCO dan metode regresi polinomial. Perbandingan faktor daya dapat dilihat pada tabel 9.

Dari hasil perbandingan faktor daya yang terdapat pada Tabel 10. kemudian dilakukan perhitungan *error* (%) pada faktor daya dari hasil perhitungan manual, metode MCO dan metode regresi. Setelah *error* telah didapatkan dengan menggunakan perhitungan manual, metode MCO dan metode regresi maka dapat dilihat seperti pada Tabel 10.

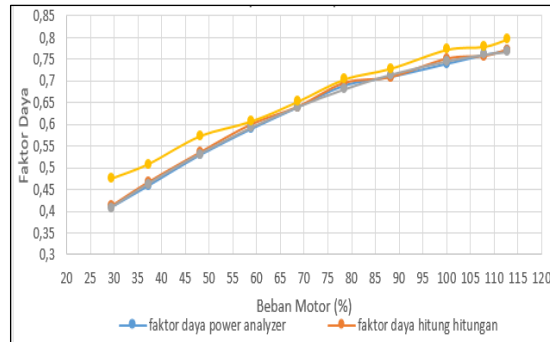
Tabel 9. Hasil Analisis Perbandingan Faktor Daya

| Beban (N.m) | Pf hasil Power Analyzer | Pf hasil Perhitungan Manual | Pf hasil Perhitungan Metode MCO | Pf hasil Perhitungan Metode Regresi |
|-------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| 5,64075 | 0,77 | 0,77111 | 0,79581 | 0,76715 |
| 5,3955 | 0,76 | 0,75658 | 0,77875 | 0,76020 |
| 5,0031 | 0,74 | 0,75023 | 0,77179 | 0,74528 |
| 4,4145 | 0,71 | 0,70835 | 0,72838 | 0,71420 |
| 3,924 | 0,69 | 0,69462 | 0,70333 | 0,68044 |
| 3,4335 | 0,64 | 0,64003 | 0,65196 | 0,63961 |
| 2,943 | 0,59 | 0,59956 | 0,60644 | 0,59182 |
| 2,40345 | 0,53 | 0,53492 | 0,57228 | 0,53131 |
| 1,8639 | 0,46 | 0,46717 | 0,50846 | 0,46261 |
| 1,4715 | 0,41 | 0,412 | 0,47459 | 0,40756 |

Tabel 10. Perbandingan *Error* Faktor Daya

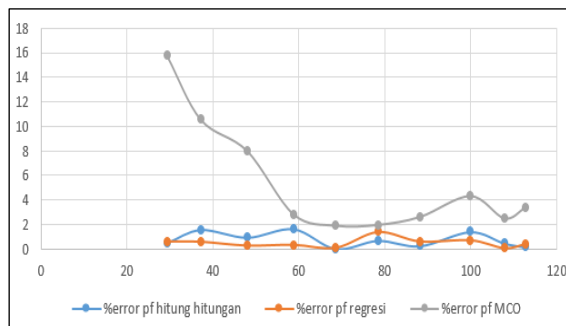
| Beban (N.m) | Pf Perhitungan Manual | Pf Metode MCO | Pf Metode Regresi | Error Perhitungan Manual (%) | Error Metode MCO (%) | Error Metode Regresi (%) |
|----------------------------|-----------------------|---------------|-------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------|
| 5,64075 | 0,77111 | 0,79581 | 0,76715 | 0,14415 | 3,35150 | 0,37067 |
| 5,3955 | 0,75658 | 0,77875 | 0,76020 | 0,45 | 2,46721 | 0,02637 |
| 5,0031 | 0,75023 | 0,77179 | 0,74528 | 1,38243 | 4,29649 | 0,71355 |
| 4,4145 | 0,70835 | 0,72838 | 0,71420 | 0,23239 | 2,58915 | 0,59216 |
| 3,924 | 0,69462 | 0,70333 | 0,68044 | 0,66956 | 1,93179 | 1,38592 |
| 3,4335 | 0,64003 | 0,65196 | 0,63961 | 0,00468 | 1,86844 | 0,06060 |
| 2,943 | 0,59956 | 0,60644 | 0,59182 | 1,62033 | 2,78123 | 0,30858 |
| 2,40345 | 0,53492 | 0,57228 | 0,53131 | 0,92830 | 7,97786 | 0,24769 |
| 1,8639 | 0,46717 | 0,50846 | 0,46261 | 1,55869 | 10,53455 | 0,56682 |
| 1,4715 | 0,412 | 0,47459 | 0,40756 | 0,48780 | 15,75293 | 0,59501 |
| Rata-Rata Persen Error (%) | | | | 0,74783 | 5,35560 | 0,48674 |

Dari Tabel 10 terlihat bahwa apabila beban motor semakin besar maka faktor daya juga semakin besar. Hasil faktor daya dengan metode regresi lebih mendekati faktor daya perhitungan manual dibandingkan faktor daya dengan hasil metode MCO. *Error* yang didapatkan dengan metode regresi lebih kecil dibandingkan dengan metode MCO. Faktor daya pada motor induksi tiga fasa yang terdapat pada laboratorium teknik elektro rendah dikarenakan umur motor yang sudah tua.



Gambar 10. Perbandingan Faktor Daya terhadap Beban Motor

Dari grafik perbandingan faktor daya motor induksi tiga fasa, metode regresi polinomial dengan urutan ketiga atau orde ke tiga dilakukan dengan sangat baik dari pada metode lain. Regresi polinomial dapat diandalkan karena keakuratan yang lebih baik dalam menganalisis faktor daya motor induksi tiga fasa ataupun motor induksi yang lebih besar.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Error

Dari grafik perbandingan error terlihat bahwa error yang lebih kecil atau kesalahan yang lebih rendah yaitu error pada regresi polinomial dibandingkan dengan metode perhitungan manual dan metode MCO.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian berbeban motor induksi tiga fasa dan analisis faktor daya metode regresi polinomial didapatkan beberapa kesimpulan :

- Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. O. (2009). Fundamentals of Electric Circuits (4th ed.). McGraw-Hill.
- Chapman, S. J. (2012). Electric Machinery Fundamentals (5th ed.). McGraw-Hill.
- Fitzgerald, A. E., Kingsley Jr., C., & Umans, S. D. (2003). Electric Machinery (6th ed.). McGraw-Hill.

1. Hasil nilai faktor daya dari metode regresi dari sepuluh pengujian berbeban pada motor induksi tiga fasa lebih mendekati faktor daya hasil dari power analyzer dan faktor daya hasil perhitungan manual, dengan torsi puncak 5,64075 dengan faktor daya 0,76715 dan torsi terendah 1,4715 dengan faktor daya 0,40756 serta error pada faktor daya lebih kecil dari 0,6% sampai 1,3%.
2. Dalam analisa faktor daya metode regresi, yang mempengaruhi nilai faktor daya adalah turunnya performa motor induksi, pengaruh dari autotransformator dan pengaruh toleransi alat ukur yang digunakan.
3. Hasil analisis faktor daya menggunakan metode regresi polinomial dibandingkan dengan analisis faktor daya hasil perhitungan manual dan metode MCO untuk faktor daya motor induksi tiga fasa. Faktor daya metode regresi setiap pengujian berbeban lebih mendekati atau hasil yang lebih baik dengan faktor daya yang didapat dari hasil pengukuran pada power analyzer dibandingkan dengan metode MCO. Dengan rata-rata error dari metode regresi polinomial memiliki nilai 0,48674% dan rata-rata error metode MCO 5,35560%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. A. Sinaga, H. Eteruddin, and A. Tanjung, "Pengaruh Kapasitor Terhadap Faktor Daya Motor Induksi Tiga Fasa di PT. Malindo Karya Lestari," *J. Tek.*, vol. 15, no. 2, pp. 85–93, 2021.
- [2] Erisman, H. Eteruddin, and A. Atmam, "Evaluasi Kinerja Motor Ship Moving 3 Fasa Menggunakan Variable Speed Drive (VSD) Pada PLTU Tenayan Raya Pekanbaru," in *Seminar Nasional Cendekiawan ke 4*, 2018, pp. 237–242.
- [3] C. R. Aritonang, A. Atmam, and E. Zondra, "Analisis Putaran Motor Pada Electrical Submersible Pump (ESP) Menggunakan Fuzzy Logic Controller Berbasis Python," *SainETIn*, vol. 4, no. 1, pp. 32–39, 2019.

- IEEE. (2017). IEEE Standard 112 Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators. In America.
- Khodapanah, M., Zobaa, A. F., & Abbod, M. (2016). Estimating power factor of induction motors using regression technique. *Proceedings of International Conference on Harmonics and Quality of Power, ICHQP*, 2016-Decem, 502–507.

- Krishnan, R. (2001). Electric Motor Drives: Modeling, Analysis, and Control. In Electric and Hybrid Vehicles.
- Nahvi, M., & Edminister, J. A. (2002). Schaum's Outlines of Theory and Problems of Electric Circuit (4th ed., Vol. 4, Issue 1). McGraw-Hill.
- Radi, H. A., & Rasmussen, J. O. (2013). Principles of Physics For Scientists and Engineers. Springer.
- Richardson, D. V. (1977). Rotating Electric Machinery and Transformer Technology. Prentice Hall.
- Sen, P. C. (2013). Principles of Electric Machines and Power Electronics. John Wiley and Sons, Inc.
- Theraja, B. L., & Theraja, A. K. (2007). A Textbook of Electrical Technology Volume II AC and DC Machines (Multicolor). S. Chand & Company Ltd.
- Ukil, A., Bloch, R., & Andenna, A. (2011). Estimation of induction motor operating power factor from measured current and manufacturer data. IEEE Transactions on Energy Conversion, 26(2), 699–706.
<https://doi.org/10.1109/TEC.2010.2098408>
- Wijaya, M. (2001). Dasar-Dasar Mesin Listrik. Penerbit Djambatan.
- Wildi, T. (2002). Electrical Machines, Drives, and Power Systems (5th ed.). Prentice Hall.