

Performance Analysis of 3 Phase Induction Motor Against Loading Using the Power Simulator (PSIM) Application

Analisis Kinerja Motor Induksi 3 Fasa Terhadap Pembebanan Menggunakan Aplikasi Power Simulator (PSIM)

*Muhamad Soleh¹, Taryo², Arifudin³

^{1,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon, Jawa Barat, INDONESIA.

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon, Jawa Barat, INDONESIA

INFORMASI ARTIKEL

NASKAH DITERIMA : 19 September 2022

DIREVISI : 19 Oktober 2022

DISETUJUI : 17 November 2022

*KORESPONDENSI PENULIS :

m.soleh77@yahoo.com

Abstract

Three-phase induction motors are the most widely used type of motor in industry, induction motors are widely used as prime movers to turn loads on production machines in the industrial world. The output of a three-phase induction motor is the amount of torque to move the load. If the load torque carried by the three-phase induction motor is greater, then the three-phase induction motor will not rotate. And if the load torque carried by a three-phase induction motor is too small, this is considered excessive. In this analysis the method used by the author is the experimental method of analysis using the Power Simulator application with load data and induction motor data. Based on the analysis, it was found that I_{start} and $I_{nominal}$ on a 15 kW induction motor have different values according to the torque value used, so the torque value is directly proportional to the I_{start} value. Meanwhile, I_{start} induction motors 15 kW 894.324 (15 N.m), 894.149 (25 N.m), 894.159 (60 N.m) and 45 kW induction motors 355.15 (25 N.m), 355.172 (60 N.m), 355.172 (80 N.m) and induction motors 55 kW 337.743 (30N.m), 337.76 (50N.m) and 337.761 (100N.m) Reaches 80% of full speed, torque is at its highest "pull-out torque" and current starts to fall and is at full speed, or synchronous speed, torque and stator currents drop to zero, it can be concluded that the greater the value of the stator resistance, the smaller the value of the starting current.

Keywords: Induction Motor, Torque, PSIM

Abstrak

Motor induksi tiga fasa merupakan jenis motor yang paling banyak digunakan pada industri, motor induksi banyak digunakan sebagai penggerak mula untuk memutar beban pada mesin produksi yang ada di dunia industri. Keluaran motor induksi tiga fasa merupakan besaran torsi untuk menggerakkan beban. Jika torsi beban yang dipikul motor induksi tiga fasa lebih besar, maka motor induksi tiga fasa tidak akan berputar. Dan jika torsi beban yang dipikul motor induksi tiga fasa terlalu kecil, maka ini dianggap suatu hal yang berlebihan. Dalam analisa ini metode yang digunakan penulis gunakan adalah dengan metode percobaan analisa dengan menggunakan aplikasi Power Simulator dengan data beban dan data motor induksi. Berdasarkan analisis didapat bahwa I_{start} dan $I_{nominal}$ pada motor induksi 15 kW memiliki nilai yang berbeda – beda sesuai nilai torsi yang di gunakan, maka nilai torsi berbanding lurus terhadap nilai I_{start} . Sedangkan I_{start} motor induksi 15 kW 894.324 (15 N.m), 894.149 (25 N.m), 894.159 (60N.m) dan motor induksi 45 kW 355.15 (25 N.m), 355.172 (60 N.m), 355.172 (80N.m) serta motor induksi 55 kW 337.743 (30N.m), 337.76 (50N.m) dan 337.761 (100N.m) Mencapai 80% kecepatan penuh, *torque* berada pada tingkat tertinggi "pull-out torque" dan arus mulai turun serta pada kecepatan penuh, atau kecepatan sinkron, arus *torque* dan *stator* turun ke nol maka dapat disimpulkan semakin besar nilai tahanan stator maka semakin kecil nilai arus starting.

Kata kunci: Motor Induksi, Torsi, PSIM

I. PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan motor yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi dari aplikasi di lingkungan rumah tangga sampai aplikasi di industri-industri besar. Hal ini disebabkan karena motor induksi memiliki berbagai keunggulan di banding dengan motor listrik yang lain, yaitu diantaranya karena harga yang relatif murah, konstruksinya yang sederhana serta karakteristik kerja yang baik. motor induksi banyak digunakan sebagai penggerak mula untuk memutar beban pada mesin produksi yang ada di dunia industri. Keluaran

motor induksi tiga fasa merupakan besaran torsi untuk menggerakkan beban. Jika torsi beban yang dipikul motor induksi tiga fasa lebih besar, maka motor induksi tiga fasa tidak akan berputar. Dan jika torsi beban yang dipikul motor induksi tiga fasa terlalu kecil, maka ini dianggap suatu hal yang berlebihan.

II. METODE EKSPERIMEN

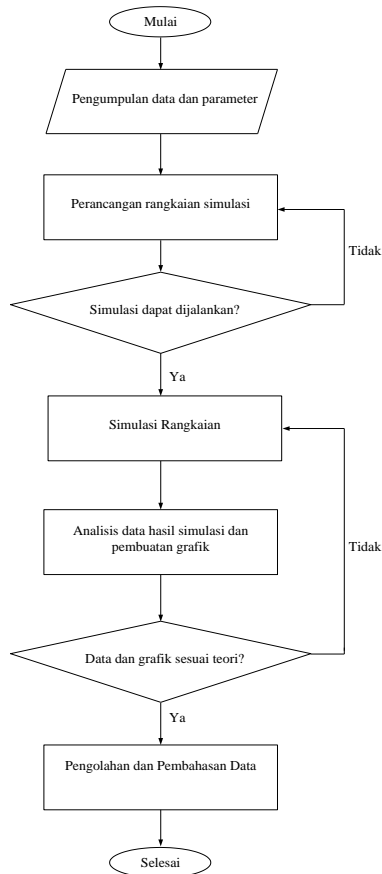
Adapun alat dan bahan yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Software Power Simulator versi 711
- b. Motor Induksi 3 fasa 15 kW, 45 kW, dan 55 kW
- c. Kabel, MCB, MCCB, Relay, catu daya

Tabel 1, Data Parameter Motor Induksi

No	Deskripsi	Data Motor	
1	Motor Induksi (1) (M P Sentrifugal)	Merk : A.E.G Type : Am 160 LVA Phase : 3 Daya : 15 kW RPM : 1460	R ₁ : 0,294 R ₂ : 0,144 X ₁ : 0,503 X ₂ : 0,209 X _m : 13,25
2	Motor Induksi (2) (M P Sentrifugal)	Merk : MEZ FRENSTAT Type : 16 BA 223-4 AA 90-2 Phase : 3 Daya : 45 kW RPM : 1475	R ₁ : 0,103 R ₂ : 0,225 X ₁ : 1,10 X ₂ : 1,13 X _m : 59,4
3	Motor Induksi (3) (M P Sentrifugal)	Merk : A.E.G Type : KPER 250 -MA Phase : 3 Daya : 55 kW RPM : 1475	R ₁ : 0,220 R ₂ : 0,207 X ₁ : 1,95 X ₂ : 2,42 X _m : 45,7

Untuk kelancaran penelitian maka digunakanlah alur sebagai berikut :



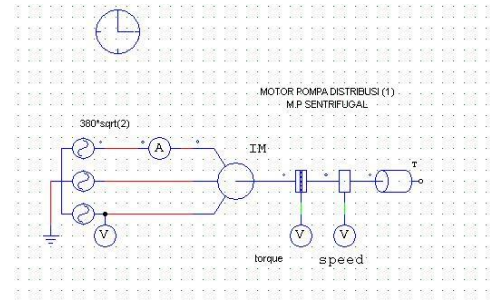
Gambar 3.1, Flowchart alur Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Motor Induksi I

Merk : A.E.G
Type : Am 160 LVA
Phase : 3
Daya : 15 Kw
RPM : 1460

R₁ : 0,294
R₂ : 0,144
X₁ : 0,503
X₂ : 0,209
X_m : 13,25

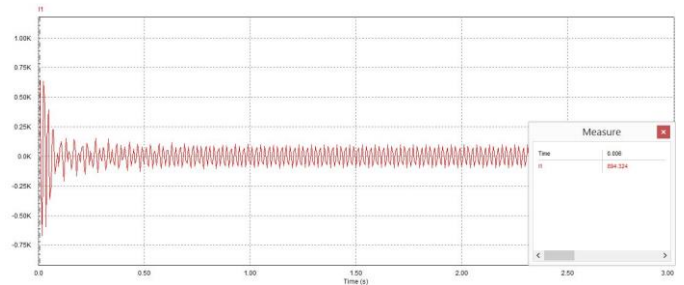


Gambar 2, Rangkaian Simulasi Motor Induksi 1

a. Arus Start

Dalam uji coba pada starting motor induksi 15kW menggunakan beberapa kali percobaan dengan nilai torsi yang berubah – ubah sesuai kebutuhan air yang ada di dalam pompa, maka torsi di dalam pompa motor induksi di coba pada kondisi 15 N.m, 30 N.m serta 50 N.m.

1. Motor Induksi 15 kW dengan Torsi 15 N.m

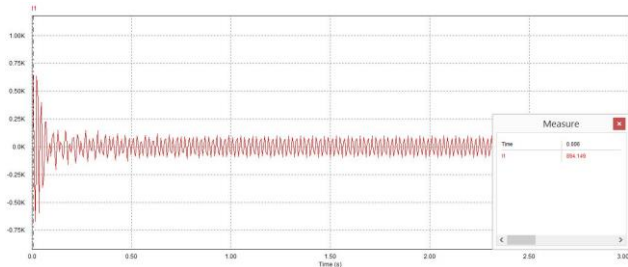


Gambar 3, grafik arus start pada Motor Pompa Distribusi 15 kW torsi 15 N.m

Arus start menunjukkan pada 894,324 Ampere, sedangkan arus pada posisi steady state berada pada 101,915 Ampere serta membutuhkan waktu 0,2 detik untuk kembali ke posisi steady state.

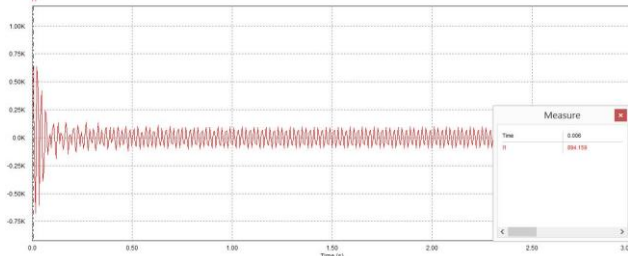
2. Motor Induksi 15 kW dengan Torsi 25 N.m

Arus start menunjukkan pada 894,149 Ampere, sedangkan arus pada posisi steady state berada pada 101,912 Ampere serta membutuhkan waktu 0,3 detik untuk kembali ke posisi steady state.



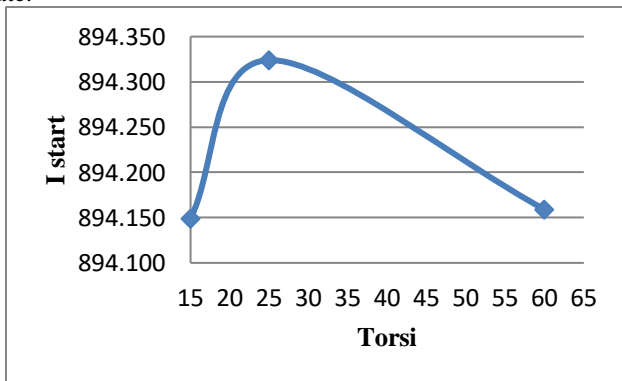
Gambar 4, grafik arus start pada Motor Pompa Distribusi 15 kW torsi 25 N.m

3. Motor Induksi 15 kW dengan Torsi 60 N.m

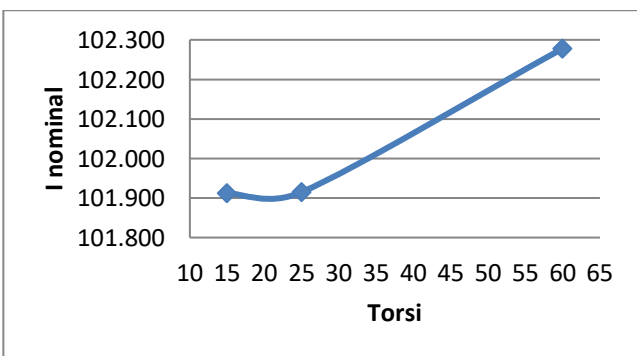


Gambar 5, grafik arus start pada Motor Pompa Distribusi 15 kW torsi 60 N.m

Arus start menunjukkan pada 894,159 Ampere, sedangkan arus pada posisi steady state berada pada 102,278 Ampere serta membutuhkan waktu 0,3 detik untuk kembali ke posisi steady state.

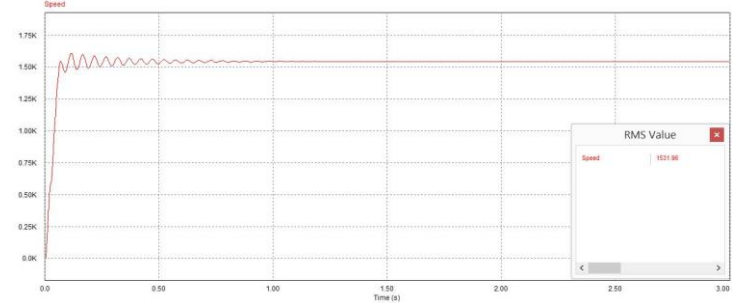


Gambar 6, Grafik perbandingan I start pada motor induksi 15 kW dengan torsi yang berbeda



Gambar 7, Grafik perbandingan I nominal pada motor induksi 15 kW dengan torsi yang berbeda

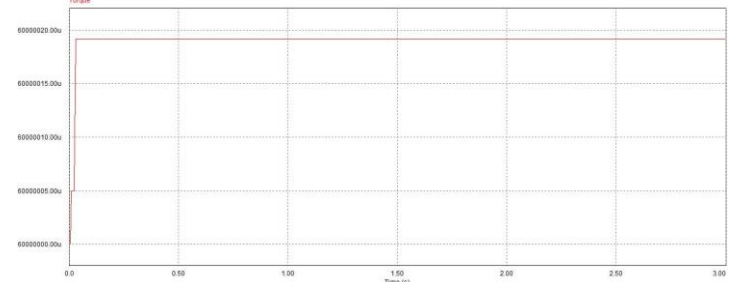
b. Speed



Gambar 8, grafik speed pada Motor Pompa Distribusi 15 kW

Pada kecepatan motor induksi 3 fasa ini membutuhkan waktu 1 detik untuk mencapai keadaan steady state pada kecepatan 1531 r/min.

c. Torsi

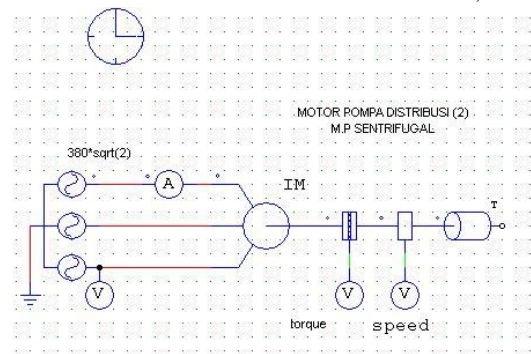


Gambar 9, grafik Torque pada Motor Pompa Distribusi 15 kW

Pada Torsi motor induksi 3 fasa ini membutuhkan waktu 0.1 detik untuk mencapai keadaan steady state pada kecepatan 60 N.m.

3.2 Motor Induksi 2

Merk : MEZ FRENSTAT	$R_1 : 0,220$
Type : 16 BA 223-4 AA 90-2	$R_2 : 0,207$
Phase : 3	$X_1 : 1,95$
Daya : 45 kW	$X_2 : 2,42$
RPM : 1475	$X_m : 45,7$



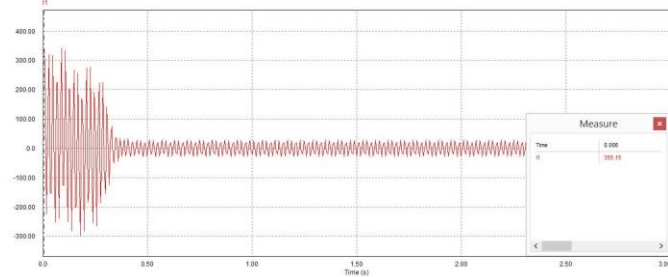
Gambar 10, Rangkaian Simulasi Motor Pompa Distribusi 45 kW

a. Arus Start

Dalam uji coba pada starting motor induksi 45kW menggunakan beberapa kali percobaan dengan nilai torsi yang berubah – ubah sesuai kebutuhan air yang ada di dalam pompa,

maka torsi di dalam pompa motor induksi di coba pada kondisi 25 N.m, 50 N.m serta 80 N.m.

1. Motor Induksi 45 kW dengan Torsi 25 N.m

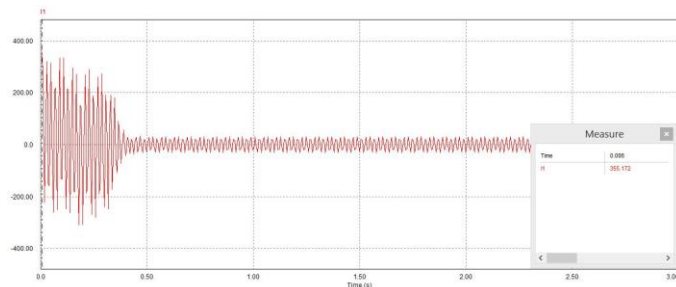


Gambar 11, grafik arus start pada Motor Pompa Distribusi 45 kW torsi 25 N.m

Arus start menunjukkan pada 355,15 Ampere, sedangkan arus pada posisi steady state berada pada 70,254 Ampere serta membutuhkan waktu 0,4 detik untuk kembali ke posisi steady state.

2. Motor Induksi 45 kW dengan Torsi 50 N.m

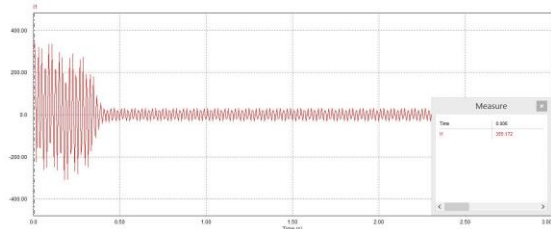
Arus start menunjukkan pada 355,172 Ampere, sedangkan arus pada posisi steady state berada pada 75,077 Ampere serta membutuhkan waktu 0,4 detik untuk kembali ke posisi steady state.



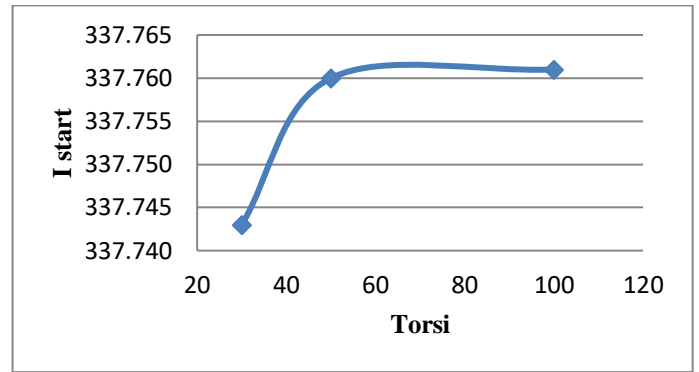
Gambar 12, grafik arus start pada Motor Pompa Distribusi 45 kW torsi 50 N.m

3. Motor Induksi 45 kW dengan Torsi 80 N.m

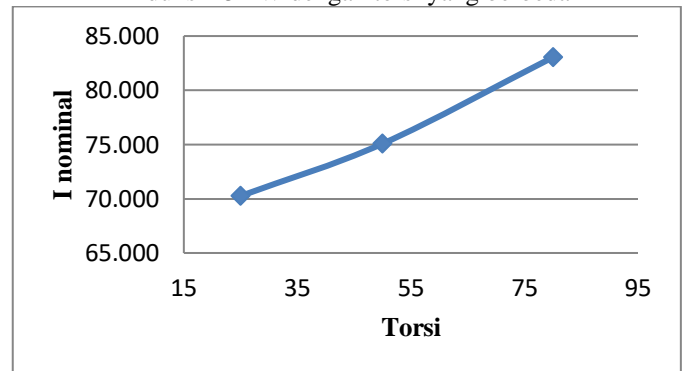
Arus start menunjukkan pada 355,172 Ampere, sedangkan arus pada posisi steady state berada pada 83,036 Ampere serta membutuhkan waktu 0,3 detik untuk kembali ke posisi steady state.



Gambar 13, grafik arus start pada Motor Pompa Distribusi 45 kW torsi 80 N.m



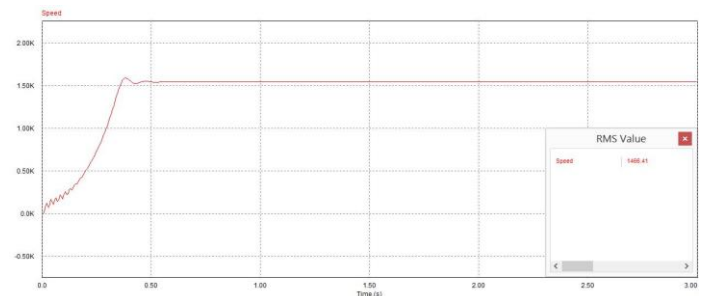
Gambar 14, Grafik perbandingan I start pada motor induksi 45 kW dengan torsi yang berbeda



Gambar 15, Grafik perbandingan I nominal pada motor induksi 45 kW dengan torsi yang berbeda.

b. Speed

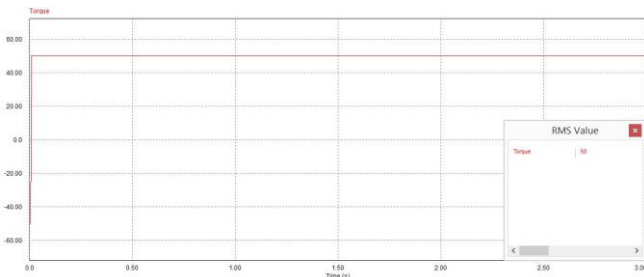
Pada kecepatan motor induksi 3 fasa ini membutuhkan waktu 0,5 detik untuk mencapai keadaan steady state pada kecepatan 1466 r/min.



Gambar 16, grafik speed pada Motor Pompa Distribusi 45 kW

c. Torsi

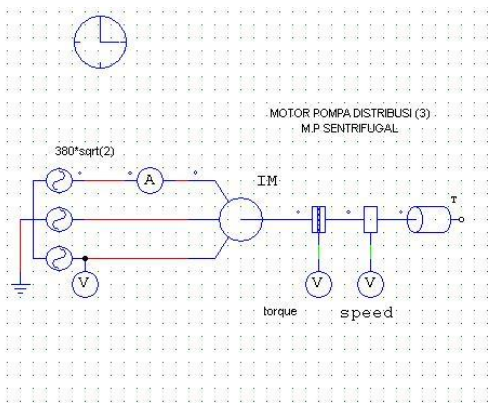
Pada Torsi motor induksi 3 fasa ini membutuhkan waktu 0,1 detik untuk mencapai keadaan steady state pada kecepatan 50 N.m.



Gambar 17, grafik Torque pada Motor Pompa Distribusi 45 kW

3.3 Motor Pompa Distribusi 3

Merk : A.E.G R₁ : 0,103
 Type : KPER 250-MA R₂ : 0,225
 Phase : 3 X₁ : 2,34
 Daya : 55 kW X₂ : 2,57
 RPM : 1475 X_m : 59,4



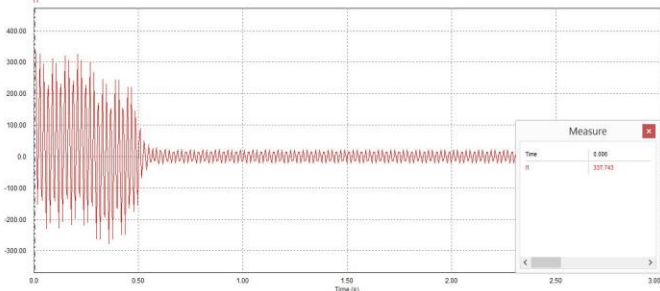
Gambar 17, Rangkaian Simulasi Motor Pompa Distribusi 55 kW

a. Arus Start

Dalam uji coba pada starting motor induksi 15kW menggunakan beberapa kali percobaan dengan nilai torsi yang berubah – ubah sesuai kebutuhan air yang ada di dalam pompa, maka torsi di dalam pompa motor induksi di coba pada kondisi 30 N.m, 50 N.m serta 100 N.m.

1. Motor Induksi 55 kW dengan Torsi 30 N.m

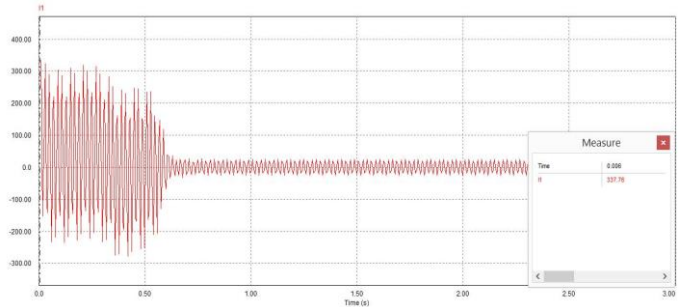
Arus start menunjukkan pada 337,743 Ampere, sedangkan arus pada posisi steady state berada pada 81,366 Ampere serta membutuhkan waktu 0,6 detik untuk kembali ke posisi steady state.



Gambar 18, grafik arus start pada Motor Pompa Distribusi 55 kW torsi 30 N.m

2. Motor Induksi 55 kW dengan Torsi 50 N.m

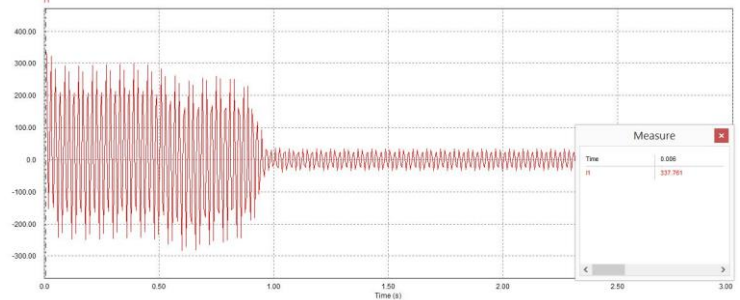
Arus start menunjukkan pada 337,76 Ampere, sedangkan arus pada posisi steady state berada pada 87,358 Ampere serta membutuhkan waktu 0,7 detik untuk kembali ke posisi steady state



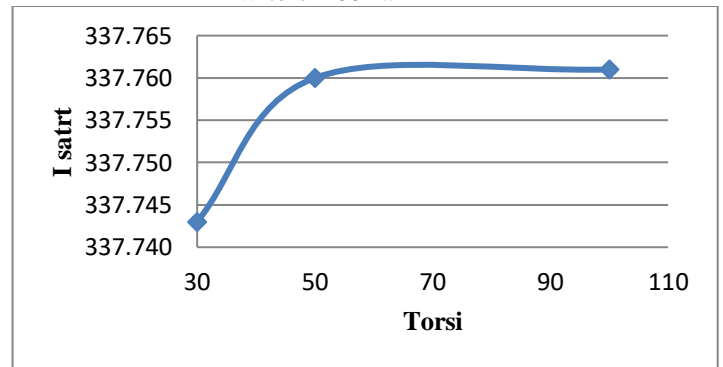
Gambar 18, grafik arus start pada Motor Pompa Distribusi 55 kW torsi 50 N.m

3. Motor Induksi 55 kW dengan Torsi 100 N.m

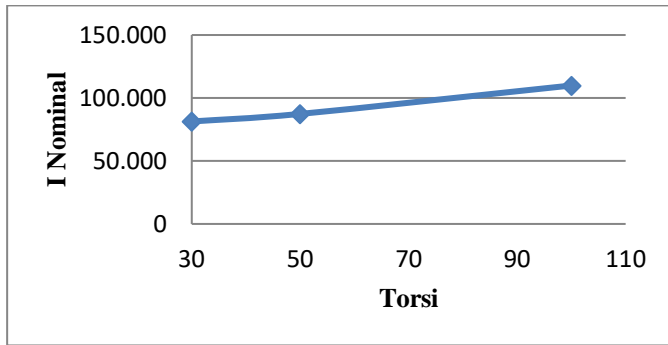
Arus start menunjukkan pada 337,761 Ampere, sedangkan arus pada posisi steady state berada pada 109,915 Ampere serta membutuhkan waktu 0,9 detik untuk kembali ke posisi steady state.



Gambar 19, grafik arus start pada Motor Pompa Distribusi 55 kW torsi 100 N.m



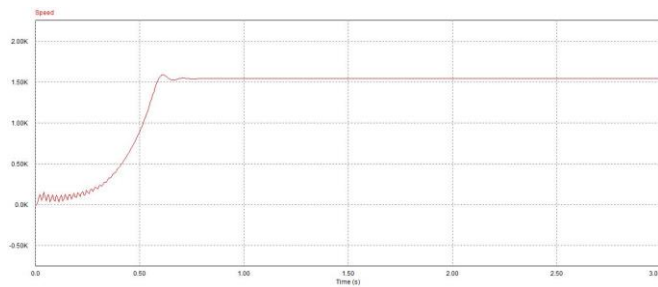
Gambar 20, Grafik perbandingan I start pada motor induksi 55 kW dengan torsi yang berbeda



Gambar 21, Grafik perbandingan I nominal pada motor induksi 45 kW dengan torsi yang berbeda

b. Speed

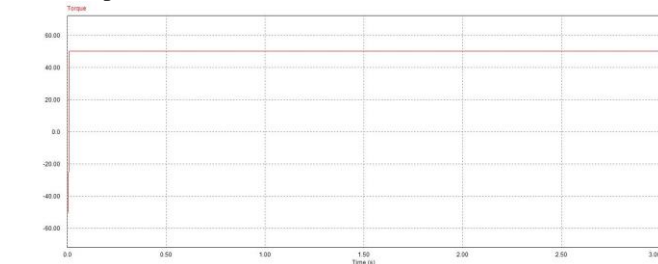
Pada kecepatan motor induksi 3 fasa ini membutuhkan waktu 0,8 detik untuk mencapai keadaan steady state pada kecepatan 1545 r/min.



Gambar 22, grafik speed pada Motor Pompa Distribusi 55 kW

c. Torsi

Pada Torsi motor induksi 3 fasa ini membutuhkan waktu 0,09 detik untuk mencapai keadaan steady state pada kecepatan 50 N.m.



Gambar 23, grafik Torque pada Motor Pompa Distribusi 55 kW

3.4 Hasil Pembahasan

a. Torsi mekanik

$$n_s = \left(\frac{120}{poles}\right)f = \left(\frac{120}{4}\right)50 = 1500 \text{ r/min}$$

$$\omega_s = \frac{4\pi f}{poles} = \frac{4 \times 3.14 \times 50}{4} = 157 \text{ rad/s}$$

$$s = 0.03, R_2/S = 4.80$$

$$I_2 = \frac{V1.eq}{\sqrt{(R1eq + R2/s)^2 + (X1eq + X2)^2}}$$

$$= \frac{380}{\sqrt{0.294^2 + 0.144/0.33^2 + (0.503 + 0.209)^2}}$$

$$= \frac{380}{\sqrt{(5.094)^2 + (0.506)^2}}$$

$$= \frac{380}{5.11} = 74,36 \text{ A}$$

$$T_{mech} = \frac{n(ph) \times I_2^2 \left(\frac{R_2}{s}\right)}{\omega_s} = \frac{3 \times 74,36^2 \times 4,80}{157} = 507,2 \text{ N.m}$$

$$P_{mech} = n_{ph} I_2^2 (R_2/s) (1 - s) = 3 \times 74,36^2 \times 4,80 \times 0,97 = 77.234 \text{ W} = 77.23 \text{ kW}$$

b. maximum torque

$$S_{maxT} = \frac{R2}{\sqrt{R1^2eq + X1eq + X2^2}}$$

$$= \frac{0.144}{\sqrt{0.294^2 + 0.712^2}} = 0.77$$

Dan dengan demikian kecepatan Tmax sama dengan $(1 - S_{max})$
 $n_s = (1 - 0.77) \times 1500 = 345 \text{ r/min}$

$$T_{max} = \frac{1}{\omega_s} \left[\frac{0.5 n(ph) V1^2 eq}{R1eq + \sqrt{R1^2eq + (X1eq + X2)^2}} \right]$$

$$= \frac{1}{157} \left[\frac{0.5 \times 3 \times 380^2}{0.294 + \sqrt{0.294^2 + 0.712^2}} \right]$$

$$= \frac{1}{157} \left[\frac{216600}{1,06} \right] = 1.301 \text{ N.m}$$

c. I start

$$I_{2 \text{ start}} = \frac{V1eq}{\sqrt{(R1eq + R2)^2 + (X1eq + X2)^2}}$$

d. $= \frac{380}{\sqrt{0.438^2 + 0.712^2}}$

e. $= \frac{380}{0.827} = 459,49 \text{ A}$

$$T_{start} = \frac{n(ph) \times I_2^2 R2}{\omega_s} = \frac{3 \times 459,49^2 \times 0.144}{157} = 580,95 \text{ N.m}$$

IV. KESIMPULAN

- I_{start} dan Inominal pada motor induksi 15 kW memiliki nilai yang berbeda – beda sesuai nilai torsi yang di gunakan, maka nilai torsi berbanding lurus terhadap nilai I_{start} .
- I_{start} motor induksi 15 kW 894.324 (15 N.m), 894.149 (25 N.m), 894.159 (60N.m) dan motor induksi 45 kW 355.15 (25 N.m), 355.172 (60 N.m), 355.172 (80N.m) serta motor induksi 55 kW 337.743 (30N.m), 337.76 (50N.m) dan 337.761 (100N.m)
- Mencapai 80% kecepatan penuh, torque berada pada tingkat tertinggi “pull-out torque”) dan arus mulai turun.
- Pada kecepatan penuh, atau kecepatan sinkron, arus torque dan stator turun ke nol.
- Semakin besar nilai tahanan stator maka semakin kecil nilai arus starting.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A.E. Fitzgerald, Djoko Achyanto, “Mesin –Mesin Listrik”, Erlangga, Edisi ke Empat, Jakarta, 1992.
- [2]. Sumanto, “Motor Listrik Arus Bolak-Balik”, Andi Offset Yogyakarta, Edisi pertama, 1993.
- [3]. A.E. Fitzgerald, Pantur Silaban, “Dasar-Dasar Elektro Teknik”, Erlangga, Edisi ke lima, Jakarta, 1984.
- [4]. Barry G. Woollard , H .Kristiono, “Elektronika Praktis”, Pradnya Paramita, Jakarta, cetakan kelima, 2003.

- [5]. G. Loveday, "Pengujian Elektronik Dan Diagnosa Kesalahan", Elex Media Komputindo, Jakarta, 1994.
- [6]. George M. Chute, Robert D. Chute, "Electronics in Industry", McGraw-Hill Kogakusha, Ltd, fifth edition, 1981.
- [7]. Wasito S., "Elektronika Dalam Industri", Karya Utama, Jakarta, cetakan kedua, 1986. [9]. Ali Mohamed Eltamaly, "Power Electronics", Mansour University.
- [8]. Bagja, I. Nyoman, & Parsa, I. M. (2018). Motor-motor Listrik. CV. Rasi Terbit, 1(1), 1–104.
- [9]. Brisbananda Ashari, A. (2020). Kontrol kecepatan motor induksi 1 fasa menggunakan triac. *Jurnal Teknik Elektro*, 9, 763–772.
- [10]. Dwi Rizky Irawan, Glanny, Mangindaan, P. (2016). 13181-26313-1-SM. Analisa Kestabilan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Field Oriented Control (FOC).
- [11]. Evalina, N., & Azis, A. H. (2018). Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable logic controller. In *Journal of Electrical Technology* (Vol. 3, Issue 2).
- [12]. Fadhilah, F. (2021). Analisa Perencanaan Lilitan (Rewinding) Motor Induksi, Serta Pengaruh Peningkatan Resistansi Kumputaran Stator Terhadap Kinerja Motor Induksi 3-Fasa 220/380v.
- [13]. Giyanto, R., Hiendro, A., & Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro, P. (2020). Evaluasi Kinerja Motor Induksi 3 Fasa 100 Hp / 75 Kw Pada Panel Star-Delta Di Pdam Tirta Raya Adi Sucipto Kubu Raya.
- [14]. Gunawan, W. (2018). Analisis Karakteristik Kecepatan Motor Induksi (Asinkron) 3 Fasa Berdasarkan Pengaturan Torsi Terhadap Magnetic Break dan Rugi Rugi Daya. *EPIC: Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control*, 2(1). <https://doi.org/10.32493/epic.v2i1.1536> 112
- [15]. Ibrahim, B., Fadhila, A. N., & Romansyah, R. Y. (2018). Perancangan Gearbox Traktor Tangan 2 Kecepatan 1 Mundur Dengan Sistem Pemindah Gigi Synchromesh. *Machine : Jurnal Teknik Mesin*, 4(1), 14–20. <https://doi.org/10.33019/jm.v4i1.447>
- [16]. Ikhsan, K., & Jannifar. (2018). Rancang Bangun Alat Simulator Gearbox. *Journal Mesin Sains Terapan*, 2(1).
- [17]. Jairo D Sibarani, Glanny M Ch. Mangindaan, A. H. J. O. (2020). Study Pengaruh Torsi Terhadap Kinerja Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan MatLab. 1–11.
- [18]. Khoir, A., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2020). Analisis Perbandingan Faktor Daya Pada Motor Kompresor Type G. A 250 Kw Di PT. WARUNA.
- [19]. Kurnia Pratama, A., Zondra, E., & Yuvendius, H. (2020). Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Akibat Perubahan Tegangan. *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, 5(1), 35–43.
- [20]. Low voltage motors Motor guide Motor guide |. (2014).
- [21]. Naesa, A. B. (2017). Analisa Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa GB 304 45 KW Pada Blower Cooling Tower di PT. PUPUK SRIWIDJAJA.
- [22]. Nurdiansyah, A. (2020). Analisis Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa Penggerak Rotary Packer (634ppm01 Rt01) Di Pt. Semen Gresik Plant Rembang Publikasi Ilmiah.
- [23]. Pattiapon, D. R., & Rikumahu, J. J. (2020). Rancang Bangun Alat Peraga Motor Induksi Tiga Phase. 1(1), 35–43.
- [24]. Prabowo, S. A., Dwiono, W., & Taufiq, A. J. (2019). Analisis Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa 1 HP Kondisi Under Voltage Dan Over Voltage Dengan Simulasi PSIM. In *Hal* (Vol. 1, Issue 2).
- [25]. Saputra, A. (2016). Analisa Efisiensi Penggunaan Motor Ac 3 Fasa Sebagai Penggerak Pompa Centrifugal Pada Booster Pump Menara Air Pdam Tirtanadi Sumatera Utara.
- [26]. Sarjan, M. (2011). Perbandingan Karakteristik Motor Induksi Belitan Gelung Dengan Belitan Spiral. 1(1), 6–15.