

Analisis Kinerja Motor Induksi 3 Phasa Pada *Screw Press* Pabrik Kelapa Sawit di PT. Guna Agung Semesta

Maulana Digo¹, Usaha Situmeang², Elvira Zondra³

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

Jl. Yos Sudarso km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email: maulanadigo7@gmail.com, usaha@unilak.ac.id, elviraz@unilak.ac.id

Submitted : 21 Maret 2022

Accepted: 15 Juni 2022*

DOI: 10.31849/sainetin.v6i2.9676

ABSTRAK

Motor listrik merupakan peralatan listrik vital di industri yang berfungsi sebagai penggerak untuk bermacam-macam keperluan. Luasnya penggunaan motor listrik diberbagai industri disebabkan kemampuan motor listrik yang sangat handal dalam menyediakan daya putar dengan berbagai pilihan daya disertai dengan Efisiensi yang cukup bagus. Produksi minyak kelapa sawit memerlukan proses pengepresan sebelum menjadi minyak dengan menggunakan *screw press* dengan penggerak motor tiga phasa. Pada *screw press* kapasitas 15 ton tersebut akan terjadi perubahan pembebanan tekanan pada saat pengepresan yang mengakibatkan kinerja dari elektromotor terganggu. Fungsi dari *screw press* adalah untuk memeras berondolan yang telah dicincang, dilumat dari *digester* untuk mendapatkan minyak kasar. Penelitian ini dilakukan pada motor induksi tiga phasa di PT. Guna Agung Semesta untuk mengetahui kinerja motor terhadap pengaruh tekanan *screw press*. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa ketika tekanan paling rendah yaitu 30 Bar maka daya masuk adalah 696,849 Watt, Arus Stator 2,787 Amper, Arus Rotor 0,868 Amper, Putaran Motor 1473 Rpm, Slip 1,8, Torka Induksi, 3,319 N.m, Torka Beban 3,258 N.m dengan Efisiensi 72,1 %. Sedangkan untuk tekanan yang paling tinggi yaitu 80 Bar maka Daya Masuk adalah 889,872 Watt, Arus Stator 2,857 Amper, Arus Rotor 1,190 Amper, Putaran Motor 1462 Rpm, Slip 2,5, Torka Induksi 4,491 N.m, Torka Beban 4,378 N.m dengan Efisiensi 75,3 %.

Kata kunci : Motor Induksi Tiga Phasa, Daya, Torka, Screw Press, Efisiensi

ABSTRACT

The electric motor is a vital electrical equipment in industry that serves as a driving force for various purposes. The wide use of electric motors in various industries is due to the ability of electric motors to be very reliable in providing rotary power with various power options accompanied by quite good Efficiency. Palm oil production requires a pressing process before it becomes oil using a screw press with a three-phase motor drive. In the screw press with a capacity of 15 tons, there will be a change in the pressure load during pressing which will disrupt the performance of the electromotor. The function of the screw press is to squeeze the chopped, crushed pulp from the digester to get crude oil. This research was conducted on a three-phase induction motor at PT. Guna Agung Semesta to determine the performance of the motor against the influence of screw press pressure. From the results of this final project, it is found that when the lowest pressure is 30 Bar, the Incoming Power is 696.849 Watts, Stator Current 2.787 Ampere, Rotor Current 0.868 Ampere, Motor Rotation 1473 Rpm, Slip 1.8, Induction Torque, 3.319 Nm, Torque Load 3.258 Nm with 72.1% Efficiency. Meanwhile, for the highest pressure, which is 80 Bar, the Incoming Power is 889.872Watt, Stator Current 2.857 Ampere, Rotor Current 1.190 Ampere, Motor Rotation 1462 Rpm, Slip 2.5, Induction Torque 4.491 Nm, Load Torque 4.378 Nm with 75.3 Efficiency %.

Keywords : Three Phase Induction Motor, Power, Torque, Screw press, Efisiensi

1. PENDAHULUAN

PT. Guna Agung Semesta merupakan salah satu perusahaan di Indonesia dengan memproduksi minyak *Crude Palm Oil* (CPO) dalam jumlah 60 ton/jam. Perusahaan yang bergerak dibidang kelapa sawit ini tidak terlepas dari penggunaan motor-

motor induksi. Motor listrik merupakan peralatan listrik vital di industri yang berfungsi sebagai penggerak untuk bermacam-macam keperluan. Luasnya penggunaan motor listrik diberbagai industri disebabkan kemampuan motor listrik yang sangat handal dalam menyediakan daya putar

dengan berbagai pilihan daya disertai dengan Efisiensi yang cukup bagus. [1], [2]. Contohnya penggunaan pada rumah tangga dan industri adalah pada kipas angin, mesin cuci, *conveyor*, *elevator*, pompa dan *blower*.

PT. Guna Agung Semesta (GAS) merupakan salah satu perusahaan swasta nasional yang berkedudukan di Provinsi RIAU yang didirikan berdasarkan Izin Tempat Usaha dari Bupati SIAK : 530 tanggal 22 September 2006. Pabrik kelapa sawit PT. Guna Agung Semesta terletak di Jl. Datuk Lima Puluh Sp. Pipa km 86 desa Kandis Godang Kecamatan Kandis Kabupaten Siak – Riau. PT. Guna Agung Semesta memiliki lahan seluas 28 Ha yang mencakup Lokasi Pabrik, Perumahan, Kebun, Sumur Limbah dan lain sebagainya. Dimana pabrik kelapa sawit yang terdapat di riau adalah 250 Pabrik Kelapa Sawit (PKS) dengan total 12,170 ton/jam kapasitas berdasarkan ststistik perkebunan provinsi Riau tahun 2019.

Produksi minyak kelapa sawit memerlukan proses pengepresan sebelum menjadi minyak dengan menggunakan *Screw Press* dengan penggerak motor tiga fasa. Pada *Screw Press* kapasitas 15 ton tersebut akan terjadi perubahan pembebanan tekanan pada saat pengepresan yang mengakibatkan kinerja dari elektromotor terganggu. Fungsi dari *Screw Press* adalah untuk memeras berondolan yang telah dicincang, dilumat dari digester untuk mendapatkan minyak kasar.

Permasalahan ini dapat mempengaruhi produksi minyak dan karnel di PT. Guna Agung Semesta yang menyebabkan motor bermasalah dan produksi terganggu.

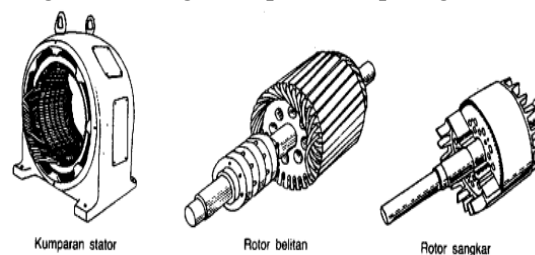
Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi merupakan arus bolak-balik (*Alternating Current*), dimana arus rotor merupakan arus yang terinduksi akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*Rotating Magnetic Field*) yang dihasilkan oleh arus stator.

Belitan stator yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron ($n_s = \frac{120}{2p}$) [3]–[5]. Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus dan sesuai dengan Hukum Lentz, rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut *slip*. Bertambahnya beban akan memperbesar kopel motor yang oleh karenanya akan memperbesar

pula arus induksi pada rotor sehingga *slip* antar medan putar stator dan medan putar rotor akan bertambah besar. Jadi bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun [6], [7].

Dikenal dua tipe motor induksi, yaitu motor induksi dengan rotor belitan dan motor induksi dengan rotor sangkar, dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tipe Motor Induksi

Ada pun prinsip kerja dari motor induksi tiga fasa mengikuti langkah-langkah sebagai berikut [8].

$$n_s = \frac{120 \times f}{p} \quad (1)$$

Untuk mengetahui kecepatan sudut pada stator (ω_s) motor induksi dapat diketahui menggunakan persamaan sebagai berikut [9].

$$\omega_s = \frac{n_s}{60} \times 2\pi \quad (2)$$

Untuk mengetahui kecepatan sudut pada rotor dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\omega_r = \frac{n_r}{60} \times 2\pi \quad (3)$$

Untuk mengetahui arus stator dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [10].

$$I_1 = \frac{V_1}{Z_t} \quad (4)$$

Untuk mengetahui arus rotor dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [10].

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} = \frac{V_1}{Z_s} \quad (5)$$

Untuk mengetahui torka induksi dapat diketahui menggunakan persamaan sebagai berikut [10].

$$\tau_{ind} = \frac{P_{ag}}{\omega_s} \quad (6)$$

Untuk mengetahui torka *output* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [10].

$$\tau_{load} = \frac{P_{out}}{\omega_r} \quad (7)$$

Efisiensi Motor Induksi Tiga Phasa merupakan perbandingan atau rasio dari daya keluaran yang berguna terhadap daya *input* total dan biasanya dinyatakan dalam persen juga sering dinyatakan dengan perbandingan antara keluaran dengan masukan ditambah rugi-rugi yang dirumuskan dalam persamaan berikut [11].

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (8)$$

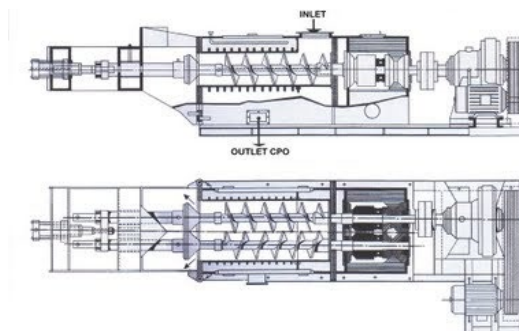
Sebagai sebuah perusahaan yang memproduksi minyak *Crude Palm Oil* (CPO) dan cangkang kelapa sawit, PT. Guna Agung Semesta menggunakan *screw press*. Mesin ini akan memisahkan minyak dari *digester* dan mengepressnya untuk menghasilkan minyak kelapa sawit jenis *Crude Palm Oil* (CPO) dan inti sawit (kernel). Mesin ini bekerja dengan cara memeras cincangan atau cacahan sawit untuk diolah menjadi minyak mentah *Crude Palm Oil* (CPO). Disamping itu motor *screw press* berfungsi sebagai penggerak *screw press* agar minyak sawit dapat dengan mudah terpisah [1].

Cara Kerja Screw Press

Cara yang paling umum dipakai untuk mengekstraksi minyak kasar dari buah kelapa sawit yang telah mengalami pelumatan adalah dengan menggunakan pengempaan (*Pressing*). Fungsi dari *screw press* adalah untuk memeras berondolan yang telah dicincang, dilumat dari *digester* untuk mendapatkan minyak kasar. Mesin ini terdiri dari dua batang besi campuran yang berbentuk spiral (*Screw*) dengan susunan *horizontal* dan berputar berlawanan arah. Sawit yang telah dilumatkan akan terdorong dan ditekan oleh *cone* pada sisi lainnya, sehingga buah sawit menjadi terperas. Untuk lebih jelas mengenai alat *screw press* ini dapat dilihat pada gambar 2 [1].

Tekanan pada Screw Press

Penggerak *As Screw Press* dilakukan dengan *electromotor* yang dipindahkan dengan *belt*, gigi dan *hydraulic*. *Power* yang diperlukan menggerakkan alat *screw* adalah 19-21 kW dengan putaran *shaft* 9-13 rpm. Efektifitas tekanan ini tergantung pada tahanan lawan pada *adjusting cone*. Tekanan pada *hydraulic cone* yang sesuai untuk *double pressing* menggunakan tekanan 50 – 60 bar .



Gambar 2. Model Mesin *Screw Press*

Tujuan dari menstabilkan tekanan sesuai dengan *press-an* adalah : a). Memperkecil kehilangan minyak dalam ampas, dengan meratanya adonan masuk kedalam *screw press* yang diimbangi dengan tekanan stabil maka ekstraksi minyak akan lebih sempurna, dengan demikian kehilangan minyak akan lebih rendah. b). Menurunkan jumlah biji pecah, semakin tinggi variasi tekanan dalam *screw press* maka jumlah biji pecah semakin tinggi. c). Memperpanjang umur teknis. Umur teknis alat seperti *screw*, *cylinder press* dan *electromotor* lebih tahan lama karena kurangnya goncangan elektrik dan mekanis.

Tekanan yang terjadi pada *screw press* yaitu tekanan hidrostatik yaitu dimana bubur buah yang masuk kedalam *press cage* melakukan tekanan terhadap dinding *press cage* karena adanya *worm screw* yang berfungsi sebagai pembawa dan sekaligus penekan masa buah yang telah dilumat didalam *digester* [1].

Sistem Hydraulic Press

Sistem *hydraulic* merupakan suatu bentuk perubahan atau pemindahan daya dengan menggunakan media penghantar berupa fluida cair untuk memperoleh daya yang lebih besar dari daya awal yang dikeluarkan. Dimana fluida penghantar ini dinaikan tekanannya oleh pompa pembangkit tekanan yang kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui pipa-pipa saluran dan katup-katup. Gerakan translasi batang piston dari silinder kerja yang diakibatkan oleh tekanan fluida pada ruang silinder dimanfaatkan untuk gerak maju dan mundur [12].

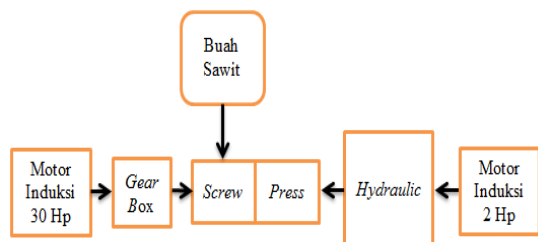
Program Matlab

Matlab singkatan dari (*Matrix Laboratory*), adalah sebuah lingkungan komputasi numerikal dan bahasa pemrograman komputer generasi keempat. Dikembangkan oleh *The MathWorks, Inc*, *Matlab* memungkinkan manipulasi matriks, pemplotan fungsi dan data, implementasi algoritma, pembuatan antarmuka pengguna, dan peng-antarmukaan dengan program dalam bahasa

lainnya. Meskipun hanya bermuansa numerik, sebuah kotak kakas (*toolbox*) yang menggunakan mesin simbolik *MuPAD*, memungkinkan akses terhadap kemampuan aljabar komputer [3]. Sebuah paket tambahan, *Simulink* menambahkan simulasi grafis multiranah dan desain berdasar model untuk sistem terlekat dan dinamik [13]–[15].

2. METODE PENELITIAN

PT. Guna Agung Semesta merupakan salah satu perusahaan di Indonesia dengan memproduksi minyak *Crude Palm Oil* (CPO) dalam jumlah 60 ton/jam. Maka untuk memenuhi kebutuhan minyak kelapa sawit di PT. Guna Agung Semesta ini memerlukan motor listrik sebagai penggerak *screw press* pabrik. Motor listrik merupakan mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak pemanfaatan energi gerak ini dapat dilihat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok Diagram Screw Press

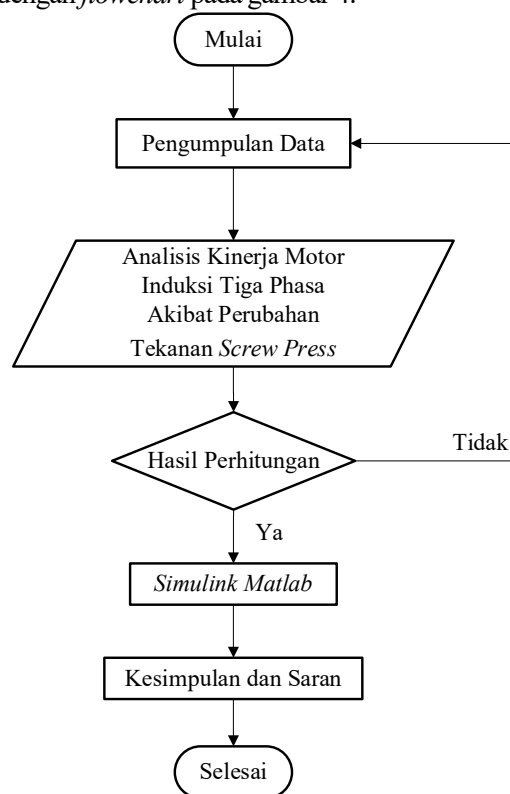
Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa, buah sawit adalah buah yang telah dilumatkan oleh *digester* yang kemudian masuk kedalam mesin *screw press*. Motor induksi 30 Horse Power (HP) adalah motor yang digunakan sebagai penggerak untuk *gearbox*. *GearBox* sebagai pengatur kecepatan dari putaran yang ada pada *screw press*. *Press* sebagai pemisah antara minyak dan ampas sawit. *Hydraulic* sebagai pengatur tekanan pada saat melakukan *press*. Motor induksi 2 Horse Power (HP) adalah motor yang digunakan sebagai penggerak untuk *hydraulic*. Pada Tabel 1 berikut adalah Motor induksi tiga fasa pada Pabrik PT. Guna Agung Semesta terdapat data pada *NamePlate*.

Tabel 1. Data *NamePlate* Motor Induksi Tiga Fasa

Parameter	Value	Satuan
Power	2	HP
	1,5	kW
Voltage	380-420	V
Current	3,65	A
Rotor Speed	1400	Rpm
Frequency	50	Hz
Faktor Daya	0,79	
Pole	4	
Insulation Class	155°	F

Tahapan Penelitian

Untuk mempermudah proses dalam penelitian maka dibuat pula diagram alur (*Flowchart*) penelitian Penelitian sehingga dapat digambarkan dengan *flowchart* pada gambar 4.



Gambar 4. *Flowchart* Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui kinerja dari motor induksi tiga fasa pada *Hydraulic Screw Press*, maka dibutuhkan perbandingan antara beban, daya listrik dan putaran motor. Dengan menggunakan data pengukuran di lapangan dan teori-teori tentang motor induksi maka dapat dilakukan perhitungan dan kemudian dilakukan perbandingan antara hasil perhitungan tersebut dengan hasil simulasi berikut [8].

- Menghitung kecepatan putaran motor induksi tiga fasa berdasarkan persamaan (1).

$$n_s = \frac{120 \times f}{P} = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

- Menghitung kecepatan sudut putaran motor induksi tiga fasa seperti persamaan (2).

$$\omega_s = \frac{n_s}{60} \times 2\pi = \frac{1500}{60} \times 2\pi = 157,079 \text{ rad/s}$$

- Menghitung kecepatan sudut putaran

rotor motor induksi tiga fase seperti persamaan (3).

$$\omega_r = \frac{n_r}{60} \times 2\pi = \frac{1473}{60} \times 2\pi = 154,252 \text{ rad/s}$$

- d. Menghitung arus pada lilitan stator pada motor induksi tiga fase seperti persamaan (4).

$$I_1 = \frac{V_1}{Z_t} = \frac{220,73 \angle 0^\circ}{79,194 \angle 67,749^\circ} = 2,787 \angle -67,749^\circ \text{ A}$$

- e. Menghitung arus pada rotor pada motor induksi tiga fase seperti persamaan (5).

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} = \frac{V_1}{Z_s} = \frac{220,73 \angle 0^\circ}{254,26 \angle 0,72^\circ} = 0,868 \angle -0,72^\circ \text{ A}$$

- f. Menghitung torka induksi yang dihasilkan motor induksi tiga fase seperti persamaan (6).

$$\tau_{ind} = \frac{P_{ag}}{\omega_s} = \frac{521,455}{157,079} = 3.319 \text{ N.m}$$

- g. Menghitung torka beban yang dipikul motor induksi tiga fase seperti persamaan (7).

$$\tau_{load} = \frac{P_{out}}{\omega_r} = \frac{502,682}{154,252} = 3.258 \text{ N.m}$$

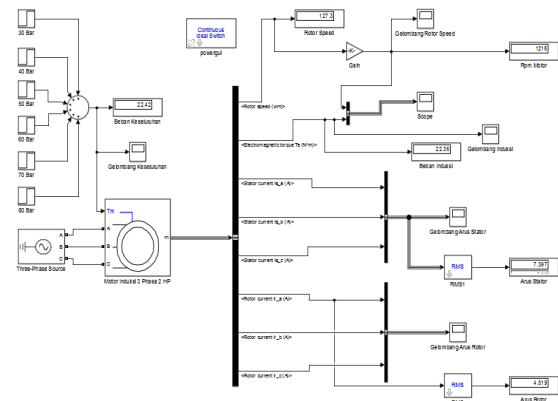
- h. Menghitung Efisiensi motor induksi tiga seperti persamaan (8).

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{502,682}{696,849} \times 100\% = 72,1 \%$$

Simulasi Motor Induksi Tiga Fase Pada Tekanan Berbeda-beda

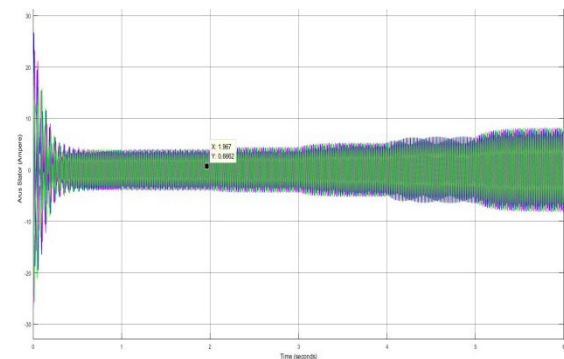
Dari hasil simulasi yang dilakukan pada tiap-tiap Tekanan Bar maka selanjutnya dilakukan simulasi dengan memasukkan nilai Torka Beban yang didapatkan Untuk mengetahui bentuk dari gelombang yang dihasilkan pada arus stator, arus rotor, torka dan putaran pada saat motor induksi tiga 3 fase 2 Horse Power (HP) saat tekanan yang berbeda-beda maka dilakukan simulasi dengan

Simulink Matlab 2016a seperti pada Gambar 5 berikut [8].



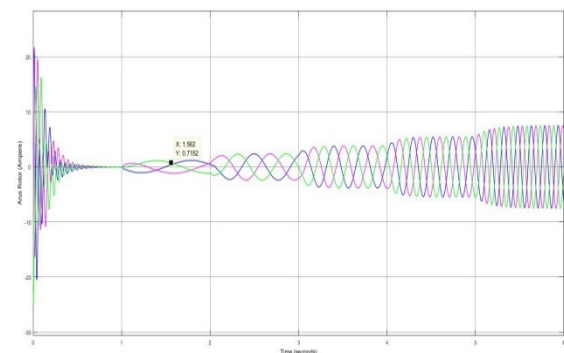
Gambar 5. *Simulink Matlab* 2016a Pada Beban Berbeda-beda

Maka ketika aplikasi *Simulink Matlab* 2016a di *run* dengan blok parameter seperti Gambar 5 maka bentuk gelombang arus pada stator yang dihasilkan dengan beban yang berbeda-beda seperti Gambar 6.



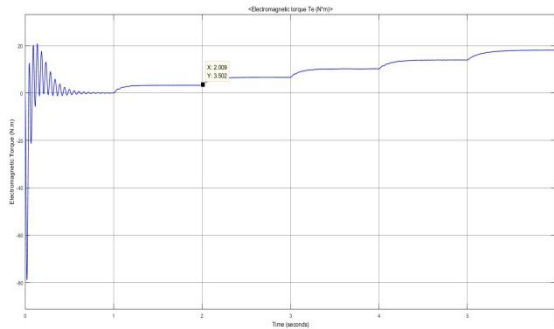
Gambar 6. Gelombang Arus Stator

Untuk bentuk dari gelombang arus rotor yang dihasilkan *Simulink Matlab* 2016a dengan beban yang berbeda-beda seperti Gambar 7.



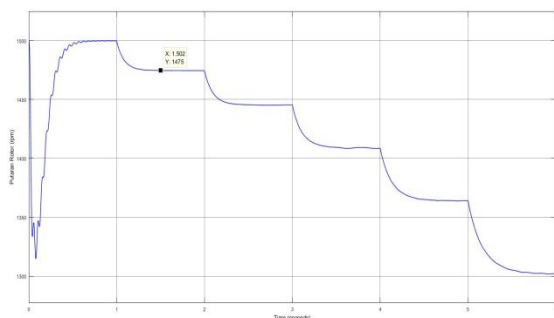
Gambar 7. Gelombang Arus Rotor

Untuk bentuk dari gelombang *electromagnetic torque* yang dihasilkan *Simulink Matlab* 2016a dengan beban yang berbeda-beda seperti Gambar 8.



Gambar 8. Gelombang *Electromagnetic Torque*

Untuk bentuk dari gelombang pada putaran rotor motor induksi tiga fase yang dihasilkan *Simulink Matlab* 2016a dengan beban yang berbeda-beda seperti Gambar 9.



Gambar 9. Gelombang Putaran Rotor

Maka setelah melakukan simulasi motor induksi tiga fase dengan *Simulink Matlab* 2016a didapatkan hasil perbandingan antara perhitungan dan juga simulasi dari tekanan 30 Bar sampai dengan tekanan 80 Bar yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil perbandingan Arus Stator dan Rotor antara perhitungan dengan *Simulink Matlab*

Tekanan	Arus Stator (Amper)		Arus Rotor (Amper)	
	Perhitungan	<i>Simulink</i>	Perhitungan	<i>Simulink</i>
30 Bar	2,787	2,942	0,868	0,724
40 Bar	2,786	2,974	0,896	0,737
50 Bar	2,799	2,899	0,961	1,209
60 Bar	2,818	2,901	1,008	0,527
70 Bar	2,847	2,963	1,099	1,450
80 Bar	2,857	2,996	1,190	1,334

Tabel 3. Hasil perbandingan Torka Induksi dan Putaran Rotor antara perhitungan dengan *Simulink Matlab*

Tekanan	Torka Induksi (N.m)		Putaran Rotor (N.m)	
	Perhitungan	<i>Simulink</i>	Perhitungan	<i>Simulink</i>
30 Bar	3,319	3,327	1473	1474
40 Bar	3,418	3,425	1472	1473
50 Bar	3,667	3,652	1470	1472
60 Bar	3,834	3,806	1468	1470
70 Bar	4,186	4,150	1465	1467
80 Bar	4,491	4,428	1462	1465

4. KESIMPULAN

Dari hasil kesimpulan dan analisa data yang telah dilakukan dalam perhitungan motor induksi tiga fase yang terdapat di PT. Guna Agung Semesta dapat disimpulkan sebagai berikut : a). Pada Motor Induksi Tiga Fase yang di analisis dijelaskan bahwa ketika tekanan 30 Bar maka Efisiensi yang dihasilkan sebesar 72,1 %, ketika tekanan 40 Bar maka Efisiensi sebesar 72,5 %, ketika tekanan 50 Bar maka Efisiensi sebesar 73,4 %, ketika tekanan 60 Bar maka Efisiensi sebesar 73,8 %, ketika tekanan 70 Bar maka Efisiensi sebesar 74,6 % dan pada tekanan 80 Bar maka Efisiensi yang di hasilkan sebesar 75,3 %. b). Pada Motor Induksi Tiga Fase yang di analisis dijelaskan bahwa ketika tekanan 30 Bar maka kecepatan motor yang dihasilkan sebesar 1473 Rpm dengan Torka Induksi sebesar 3,319 N.m dan Torka Beban 3,258 N.m, %, ketika tekanan 40 Bar maka kecepatan motor sebesar 1472 Rpm dengan Torka Induksi sebesar 3,418 N.m dan Torka Beban 3,354 N.m, ketika tekanan 50 Bar maka kecepatan motor sebesar 1470 Rpm dengan Torka Induksi sebesar 3.667 N.m dan Torka Beban 3.593 N.m, ketika tekanan 60 Bar maka kecepatan motor sebesar 1468 Rpm dengan Torka Induksi sebesar 3,384 N.m dan Torka Beban 3,753 N.m, ketika tekanan 70 Bar maka kecepatan motor sebesar 1465 Rpm dengan Torka Induksi sebesar 4,186 N.m dan Torka Beban 4,088 N.m dan ketika tekanan 80 Bar maka kecepatan motor sebesar 1462 Rpm dengan Torka Induksi sebesar 4,491 N.m dan Torka Beban 4,378 N.m.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Tarigan and T. Sinaga, “Analisa Perhitungan Tekanan Screw Press Pada Proses Pengepresan Daging Buah Menjadi Crude Palm Oil di Unit Pressan PT. PP. London Sumatra, TBK PKS Begerpang Palm Oil Mill,” *J. Teknol. Mesin UDA*, vol. 1, no. 1, pp. 47–55, Jan. 2020.
- [2] R. A. Sinaga, H. Eteruddin, and A. Tanjung, “Pengaruh Kapasitor Terhadap Faktor Daya Motor Induksi Tiga Fase di PT. Malindo Karya Lestari,” *Jurnal Teknik*, vol. 15, no. 2, pp. 85–93, 2021.
- [3] T. Gonen, *Electrical Machines with Matlab*, 2nd ed. London: Tailor and Francis Group, 2012.
- [4] C. L. Wadhwa, *Electrical Power System*. New Academic Science, 2012.
- [5] Y. Z. Arief, M. F. A. Rahim, N.

- Mubarakah, M. H. I. Saad, and H. Eteruddin, "Development of Micro Hydro Power Plant Prototype as A Field Laboratory for Educational and Research Purposes," in *2021 5th International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)*, 2021, vol. 5, pp. 15–18.
- [6] Zuhail, *Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: Gramedia, 2000.
- [7] Erisman, H. Eteruddin, and A. Atmam, "Evaluasi Kinerja Motor Ship Moving 3 Phasa Menggunakan Variable Speed Drive (VSD) Pada PLTU Tenayan Raya Pekanbaru," in *Seminar Nasional Cendekiawan ke 4*, 2018, pp. 237–242.
- [8] B. Aditya, A. Atmam, and E. Zondra, "Kinerja Motor Induksi Tiga Phasa Sebagai Pompa Air Gedung Bertingkat Di Kantor Walikota Pekanbaru Riau," *SainETIn*, vol. 4, no. 2, pp. 57–64, 2020.
- [9] S. J. Chapman, *Electric Machinery Fundamentals*, 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2012.
- [10] B. S. Guru and H. R. Hiziroglu, *Electric Machinery and Transformers*, 3rd ed. New York: Oxford University Press, 2001.
- [11] M. Wijaya, *Dasar Dasar Mesin Listrik*. Jakarta: Djambatan, 2001.
- [12] W. T. Bhirawa, "Sistem Hidrolik Pada Mesin Industri," *J. Teknol. Ind.*, vol. 6, pp. 78–88, 2017.
- [13] M. Ariyanto, *Panduan Belajar Mandiri Matlab*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo, 2016.
- [14] T. Widiarsono, *Tutorial Praktis Belajar Matlab*. 2005.
- [15] H. Rustamaji, *Pengantar Komputasi Teknik Kimia dengan Matlab dan Simulink*. Bandar Lampung: Anugrah Utama Raharja, 2017.