

# ANALISIS *STARTING* MAIN MOTOR COAL MILL DENGAN *LIQUID RESISTANCE STARTER* DI PT SEMEN BATURAJA TBK

Noer Soedjarwanto<sup>1\*</sup>, Saka Arif Aulia<sup>2</sup>, Safaruddin<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan teknik Elektro, Universitas Lampung; Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung

<sup>3</sup> SMBR Learning Development; Jl. Raya Tiga Gajah, Sukajadi, Baturaja Timur, Kab. Ogan Komering Ulu, Sumatera Selatan

*Riwayat artikel:*

*Received: 6 September 2023*

*Accepted: 10 September 2023*

*Published: 11 September 2023*

## Keywords:

Motor induksi; *liquid resistance starter*; coal mill.

## Correspondent Email:

[sakaarif08@gmail.com](mailto:sakaarif08@gmail.com)

**Abstrak.** Motor induksi 3 fasa merupakan motor yang paling banyak digunakan pada setiap aplikasi industri karena motor induksi memiliki beberapa kelebihan. PT Semen Baturaja Tbk sebagai salah satu yang banyak menggunakan motor listrik sebagai menggerakkan mesin-mesin produksinya. Dalam pengaplikasiannya, motor induksi 3 fasa memerlukan *starting* untuk memulai putaran, namun kendala dari penggunaan motor induksi adalah dimana pada saat proses *starting* motor akan menyerap arus lebih hingga 500-700% arus nominal kerja. Untuk mengatasi hal itu, salah satu metode *starting* yang digunakan adalah metode tahanan rotor menggunakan *liquid resistance starter* dalam penurunan arus *starting* motor yang mampu menahan arus *starting* tidak lebih dari 130% dari arus nominal kerja. Pada penelitian ini menggunakan metode studi literatur, observasi lapangan, wawancara, proses pengumpulan data dan pengujian, yang bertujuan untuk menganalisis bertujuan untuk menganalisa persentase arus *starting*, persentase torsi *starting*, dan waktu *starting* motor induksi 3 fasa. Didapati pada 3 kali *starting* persentase arus *starting* berturut turut 125%, 132%, 123% , persentase torsi *starting* berturut turut 128%, 124%, 128%, dan waktu *starting* berturut turut 36 detik, 52 detik, 38 detik.

**Abstract.** 3-phase induction motors are the most widely used motors in every industrial application because induction motors have several advantages. PT Semen Baturaja Tbk is one of those who use electric motors to drive their production machines. In its application, a 3-phase induction motor requires *starting* to start rotation, but the problem with using an induction motor is that during the *starting* process the motor will absorb excess current up to 500-700% of the nominal working current. To overcome this, one of the *starting* methods used is the method of holding the rotor using a *liquid resistance starter* in reducing the *starting* current of the motor which is able to withstand the *starting* current of no more than 130% of the nominal working current. In this study using the method of literature study, field observations, interviews, the process of data collection and testing, which aims to analyze aims to analyze the percentage of *starting* current, the percentage of *starting* torque, and the *starting* time of 3-phase induction motors. Found in 3 starts the percentage of *starting* current is 125%, 132%, 123% respectively, the percentage of *starting* torque is 128%, 124%, 128% respectively, and the *starting* time is 36 seconds, 52 seconds, 38 seconds respectively.

## 1. PENDAHULUAN

Pada awal revolusi industri, manusia menggunakan mesin uap sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan mesin

produksinya. Seiring dengan pertumbuhan penduduk yang tentunya akan berdampak langsung pada permintaan barang produksi, baik dari segi jumlah maupun ragamnya, dunia

industri juga harus mampu memenuhi kebutuhan tersebut. Kebutuhan akan barang dalam jumlah besar dan bervariasi mendorong para ilmuwan untuk terus melakukan penelitian guna mencari sumber energi lain yang lebih mudah digunakan, hingga ditemukannya tenaga listrik dan mesin pengubah tenaga listrik, seperti motor listrik.

PT Semen Baturaja Tbk sebagai salah satu penghasil semen di Sumatera Selatan yang berlokasi di Baturaja Timur, Kabupaten Ogan Komering Ulu, yang banyak menggunakan motor listrik sebagai menggerakkan mesin-mesin produksinya. Motor listrik adalah mesin listrik yang memiliki peran yang penting, sebagai penggerak mesin yang digunakan oleh pengguna untuk menggantikan pekerjaan manusia, seperti motor induksi 3 fasa. Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling banyak digunakan dan dapat dijumpai pada setiap aplikasi industri seperti pompa, ban berjalan, dan lain-lain [1].

Motor induksi tiga fasa saat ini memiliki peranan penting dalam memenuhi kebutuhan tersebut, karena motor induksi tiga fasa ini lebih efisien dibandingkan dengan motor listrik lainnya. Sudah banyak industri yang menggunakan motor induksi tiga fasa karena motor induksi memiliki beberapa kelebihan yaitu konstruksi sederhana, harga relatif murah, dan perawatan motor lebih mudah dibandingkan dengan motor lainnya. Hal inilah yang membuat motor induksi menjadi motor yang banyak diminati oleh perusahaan industri [2].

Dalam pengaplikasiannya, motor listrik memerlukan starting untuk memulai putaran dari keadaan diam menjadi berputar, namun kendala dari penggunaan motor induksi adalah dimana pada saat proses starting motor akan menyerap arus lebih hingga 500-700% arus beban penuh, kondisi ini dapat mengakibatkan terjadinya gangguan pada sistem [3]. Beberapa metode starting motor digunakan untuk menurunkan arus *starting*, salah satu jenis metode starting yang digunakan adalah metode tahanan rotor menggunakan media liquid dalam mengatur nilai tahanan dari rotor. Sehingga dalam penelitian ini akan membahas tentang *starting* motor dengan *liquid resistance starter* dalam penurunan arus starting motor.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi adalah perangkat elektromagnetik yang mengkonversi energi listrik menjadi energi mekanik. Motor ini memanfaatkan induksi medan magnet stator ke dalam rotor, dimana arus motor rotor tidak diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus induksi sebagai akibat dari perbedaan relatif antara rotasi rotor dan medan magnet berputar yang dihasilkan oleh arus stator [4].

### 2.2. Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa

Secara umum konstruksi motor induksi terdiri dari dua bagian yaitu stator dan rotor. Jarak pemisah antara stator dan disebut dengan celah udara (*air gap*).

#### 2.2.1. Stator

Stator adalah bagian yang diam pada motor, terdiri dari tumpukan laminasi inti yang memiliki alur yang menjadi tempat kumparan dililitkan yang berbentuk silindris. Tiap kumparan tersebar dalam alur yang disebut belitan fasa, dimana untuk motor tiga fasa setiap fasa belitan dipisahkan sejauh  $120^\circ$  antar tiap fasanya. Kawat kumparan yang digunakan terbuat dari tembaga yang dilapis dengan isolasi tipis [2].

#### 2.2.2. Celah Udara (*Air Gap*)

Pada bagian dalam dari suatu motor induksi tiga fasa, terdapat suatu bagian kosong diantara stator dan rotor, yang dinamakan dengan celah udara (*air gap*). *Air gap* ini berfungsi sebagai tempat mengalirnya fluks listrik dari stator menuju rotor [5].

#### 2.2.3. Rotor

Rotor dari motor induksi 3 fasa dibagi menjadi 2 macam yaitu rotor sangkar tupai (*squirrel cage*) dan rotor belitan (*wound rotor*).

##### 1. Rotor Sangkar Tupai (*Squirrel Cage Rotor*)

Rotor pada motor induksi tipe sangkar tupai terdiri dari lapisan konduktor dan dipasangkan sejajar dengan poros yang mengelilingi permukaan inti. Konstruksi rotor sangkar tupai terdiri dari lilitan konduktor tembaga atau aluminium yang terhubung dengan bar-bar

pendek pada kedua ujungnya, membentuk ring yang tertutup [6].

## 2. Rotor Belitan (*Wound Rotor*)

Rotor belitan (*wound rotor*) adalah salah satu jenis rotor yang digunakan dalam motor listrik tiga fasa. Rotor ini terdiri dari kumparan belitan yang terhubung ke slip ring. Kelebihan rotor belitan adalah kemampuannya untuk memberikan kontrol kecepatan dengan memberikan tahanan luar [6].

### 2.2.4. Cincin Geser (*Slip Ring*)

Cincin geser (*slip ring*) pada motor adalah sebuah komponen yang digunakan untuk mentransfer daya listrik dan sinyal dari stator (bagian yang diam pada motor) ke rotor (bagian yang berputar pada motor). Pada motor listrik tipe slip ring, rotor terdiri dari kumparan-kumparan yang terhubung dengan slip ring. Slip ring adalah cincin logam yang terpasang pada poros rotor dan berfungsi sebagai penghubung listrik antara rotor dan sumber daya eksternal [7].

### 2.2.5. Pengasutan dengan *Liquid resistance starter*

Pengasutan (*starting*) motor induksi tiga fasa adalah proses *starting* motor induksi dari keadaan diam menjadi berputar [8]. *Liquid resistance starter* adalah pemanfaatan media cair (*liquid*) sebagai tahanan luar motor induksi *slip ring*. *Liquid resistance starter* didesain dan digunakan pada motor induksi 3 fasa tipe rotor belit. Arus pengasutan tidak lebih dari 1,3 kali atau 130% arus nominal kerja, dan waktu yang diperlukan untuk pengasutan relatif singkat selama 20-60 detik [9].

## 3. METODE PENELITIAN

Adapun metode penelitian dan data-data yang diperoleh dalam laporan ini berasal dari:

### 1. Studi Literatur

Pada metode ini, penulis mempelajari jurnal-jurnal, buku, dan skripsi terkait permasalahan yang akan dibahas. Melalui studi ini penulis mencari informasi dan referensi yang dibutuhkan dalam menyusun laporan.

### 2. Pengamatan Lapangan

Metode pengamatan lapangan dilakukan oleh penulis untuk melakukan pengamatan

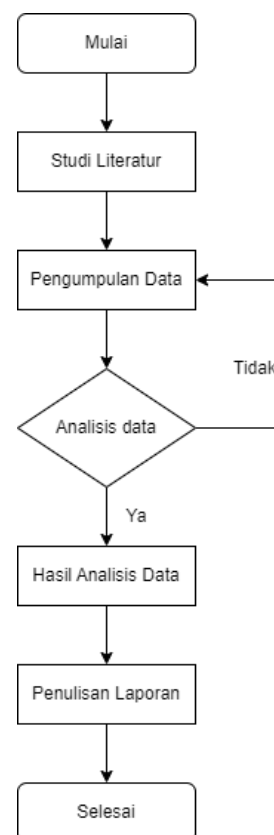
secara langsung terhadap objek yang akan dibahas di lapangan. Dari pengamatan ini penulis memperoleh data pengujian yang sebenarnya, sehingga data tersebut dapat diolah dan dijadikan pokok bahasan dalam penyusunan laporan.

### 3. Wawancara

Melalui metode wawancara, penulis melakukan tanya jawab kepada pembimbing lapangan dan para pekerja di lapangan untuk mendapatkan informasi mengenai berbagai hal yang sebelumnya belum diketahui maupun yang tidak penulis dapatkan pada studi literatur. Dari hasil wawancara, penulis memperoleh gambaran langsung terhadap objek secara teoritis meliputi permasalahan yang sering terjadi dan tindakan-tindakan pencegahan maupun penanggulangannya.

### 3.1. Diagram Alir Penelitian

Penyelesaian penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, secara umum tahap-tahap tersebut dijelaskan pada Gambar 1



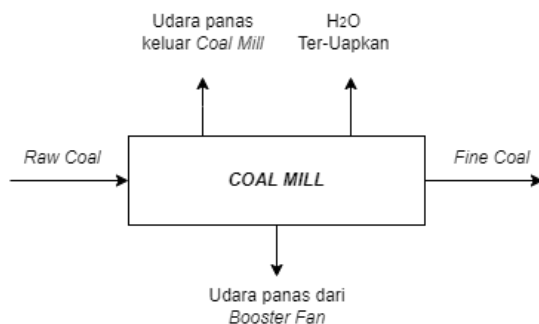
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Proses Pembuatan *Fine Coal* pada *Coal Mill*

Operasi *coal mill* bertujuan untuk menghasilkan batubara bubuk (*pulverarized coal*) dengan kehalusan dan kadar air tertentu untuk kebutuhan pembakaran di sistem kiln. Proses penggilingan *raw coal* diawali dengan sistem pemanas (*heating up*), yang bertujuan untuk mempersiapkan kondisi operasi *coal mill* dengan cara memasukkan gas panas yang berasal dari gas panas sisa pembakaran di kiln, hingga tercapai temperatur tertentu dan harus dilakukan dengan benar agar tidak membahayakan sistem operasi alat [10]. Setelah kondisi panas telah memenuhi ( $\pm 100^\circ\text{C}$ ), segera *raw coal* dimasukkan ke dalam *coal mill*. Di dalam *coal mill*, *raw coal* masuk di antara *grinding table* dan *roller* untuk digiling. Hasil dari penggilingan *raw coal*, kemudian batubara akan menuju *dust collector* yang berfungsi untuk menyaring batubara halus agar masuk ke penampungan menggunakan *jet pulse filter* [11].

Batubara yang siap digunakan ini dinamakan *fine coal* yang digunakan menjadi bahan bakar *burner* dan *calciner* yang terdapat pada *rotary kiln*, dan udara bersih akan dihisap oleh *fan coal mill* dan mengalir menuju cerobong atau *exhaust system* untuk dikeluarkan ke udara bebas. Batubara halus ditangkap oleh filter kemudian disimpan dalam *bin* sebagai produk *coal mill* yang siap untuk digunakan pada proses pembakaran [12]. Skema kerja dari *coal mill* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Kerja *Coal Mill*

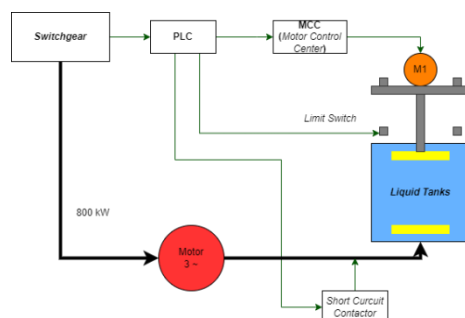
##### 4.2. *Liquid Resistance Starter (LRS)* sebagai Tahanan Luar Rotor dalam Penurunan Lonjakan Arus *Starting*

LRS terdiri dari sebuah tangki liquid dengan enam buah elektroda (tiga pasang elektroda), dimana tiga buah elektroda yang dipasang pada lubang-lubang bagian bawah tank elektrolit yang disebut sebagai *fixed elektroda* dan tiga buah elektroda lagi pada bagian atas tank yang disebut sebagai *moved elektroda*. Pergerakan elektroda pada tangki liquid dilakukan oleh sebuah motor penggerak kecil yang dikendalikan oleh rangkaian kontrol PLC. Kemudian terdapat *liquid level sensor* sebagai sensor volume liquid, dan *short circuit* untuk rotor setelah motor berjalan dengan normal. Cairan yang paling baik digunakan sebagai media pelarut adalah air distilasi atau *soft water* (air rendah mineral) yang didapati dengan pemurnian sengingga menghasilkan  $\text{H}_2\text{O}$  murni. Kemudian air dimasukkan kedalam tangki dengan menambahkan serbuk elektrolit (*electrolit powder*) berjenis  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (*Sodium Carbonate*) dengan batas tertentu, semakin banyak serbuk elektrolit ditambahkan dalam tangki maka semakin kecil nilai resistansi dari larutan.

##### 4.2.1. Prinsip Kerja *Liquid Resistance Starter*

*Liquid resistance starter* di hubungkan dengan motor penggerak yang berfungsi sebagai penggerak elektroda, sistem *control* LRS dikendalikan oleh *server* melalui *profibus* menuju ruang *Central Control Room (CCR)* menggunakan PLC. Saat operator memulai *starting*, maka *switchgear* di *close* sehingga motor akan tersuplai oleh daya listrik, kemudian motor akan diberikan tegangan pengenal sebesar  $\pm 15\%$  dari tegangan maksimum terlebih dahulu untuk menghindari kejutan tegangan pada motor dan posisi elektroda pada jarak maksimum sehingga resistansi dalam nilai maksimum ( $R_{\max}$ ). Saat motor telah diberi tegangan, motor mulai berputar dan mencapai kecepatan yang semakin tinggi, kemudian resistansi pada rotor dikurangi secara bertahap melalui motor penggerak elektroda pada atas tangki hingga mencapai nilai resistansi minimum ( $R_{\min}$ ). Hal ini mengakibatkan arus yang mengalir melalui rotor semakin meningkat, dan torsi pada rotor semakin besar. Setelah motor mencapai kecepatan yang cukup dan rotor berada dalam kondisi berputar normal, dan nilai resistansi

minimum ( $R_{\min}$ ) menyebabkan *limit switch* memberikan informasi ke PLC untuk memerintahkan *short circuit contactor* bekerja untuk menghubungkan singkat (*short circuit*) sehingga rotor menjadi seperti rotor kandang biasa. Setelah tahap *short circuit*, motor bekerja seperti motor induksi tiga fasa dengan rotor kandang biasa. Skema kerja *liquid resistance starter* di perlihatkan pada gambar 3.

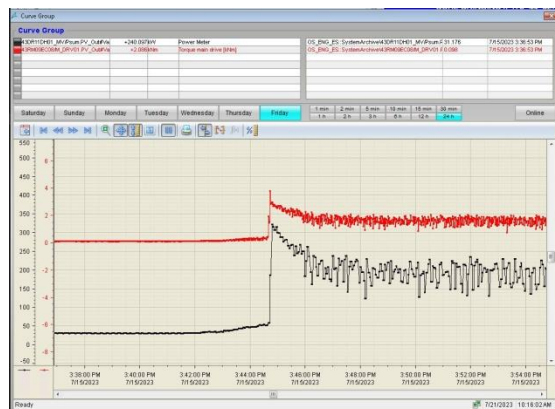


Gambar 3 Skema Kerja *Liquid Resistance Starter*

#### 4.3. Analisis Hasil Pengukuran

Adapun analisis hasil pengukuran starting motor menggunakan *liquid resistance starter* di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.

##### 4.3.1. Hasil Pengukuran dan Perhitungan



Gambar 4.8 Grafik Daya dan Torka *Starting* pada Tanggal 15/07/2023 Pukul 03:44 PM

Saat starting dilakukan pada tanggal 15/07/2023 pukul 03:44 PM diketahui :

Daya nominal kerja = 260 kW

Daya maksimum starting = 321,3 kW

Torsi kerja = 2,3 kNm

Torsi maksimum starting = 2,95 kNm

Sehingga, persentase arus maksimum starting ditentukan dengan :

- Menentukan arus nominal kerja :

$$I_w = \frac{P_w}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi}$$

$$I_w = \frac{260 \text{ kW}}{\sqrt{3} \times 6000 \text{ V} \times 0.84}$$

$$I_w = 29,79 \text{ A}$$

- Menentukan arus maksimum starting :

$$I_s = \frac{P_s}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi}$$

$$I_s = \frac{321,3 \text{ kW}}{\sqrt{3} \times 6000 \text{ V} \times 0.84}$$

$$I_s = 36,8 \text{ A}$$

- Menentukan persentase arus maksimum starting :

$$I_m = \frac{I_s}{I_w}$$

$$I_m = \frac{36,8}{29,79} \times 100\%$$

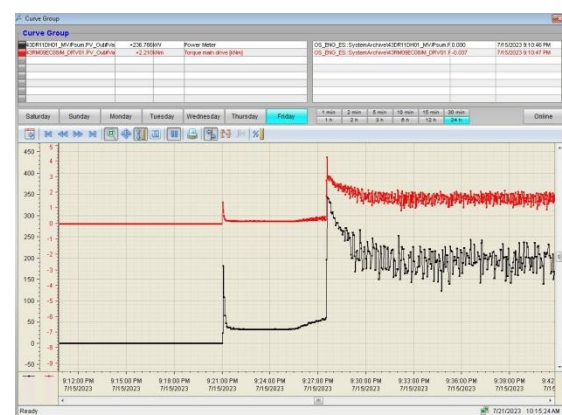
$I_m = 123\%$  dari arus nominal kerja

- Menentukan persentase torsi maksimum starting :

$$\tau_m = \frac{\tau_s}{\tau_w}$$

$$\tau_m = \frac{2,95}{2,3} \times 100\%$$

$\tau_m = 128\%$  dari torsi nominal kerja dan waktu starting selama 38 detik



Gambar 4.9 Grafik Daya dan Torka *Starting* pada Tanggal 15/07/2023 Pukul 09:27 PM

Saat starting dilakukan pada tanggal 15/07/2023 pukul 09:27 PM diketahui :

Daya nominal kerja = 260 kW

Daya maksimum starting = 343,54 kW

Torsi kerja = 2,3 kNm

Torsi maksimum starting = 2,86 kNm  
Sehingga, persentase arus maksimum starting ditentukan dengan :

- Menentukan arus nominal kerja :

$$I_w = \frac{P_w}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi}$$

$$I_w = \frac{260 \text{ kW}}{\sqrt{3} \times 6000 \text{ V} \times 0.84}$$

$$I_w = 29,79 \text{ A}$$

- Menentukan arus maksimum starting :

$$I_s = \frac{P_s}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi}$$

$$I_s = \frac{343,54 \text{ kW}}{\sqrt{3} \times 6000 \text{ V} \times 0.84}$$

$$I_s = 38,72 \text{ A}$$

- Menentukan persentase arus maksimum starting :

$$I_m = \frac{I_s}{I_w}$$

$$I_m = \frac{38,72}{29,79} \times 100\%$$

$$I_m = 130\% \text{ dari arus nominal kerja}$$

- Menentukan persentase torsi maksimum starting :

$$\tau_m = \frac{\tau_s}{\tau_w}$$

$$\tau_m = \frac{2,86}{2,3} \times 100\%$$

$$\tau_m = 124\% \text{ torsi nominal kerja dan waktu starting selama 52 detik}$$

Saat starting dilakukan pada tanggal 19/07/2023 pukul 04:40 PM diketahui :

Daya nominal kerja = 260 kW

Daya maksimum starting = 326,41 kW

Torsi kerja = 2,3 kNm

Torsi maksimum starting = 2,96 kNm

Sehingga, persentase arus maksimum starting ditentukan dengan :

- Menentukan arus nominal kerja :

$$I_w = \frac{P_w}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi}$$

$$I_w = \frac{260 \text{ kW}}{\sqrt{3} \times 6000 \text{ V} \times 0.84}$$

$$I_w = 29,79 \text{ A}$$

- Menentukan arus maksimum starting :

$$I_s = \frac{P_s}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi}$$

$$I_s = \frac{326,41 \text{ kW}}{\sqrt{3} \times 6000 \text{ V} \times 0.84}$$

$$I_s = 37,4 \text{ A}$$

- Menentukan persentase arus maksimum starting :

$$I_m = \frac{I_s}{I_w}$$

$$I_m = \frac{37,4}{29,79} \times 100\%$$

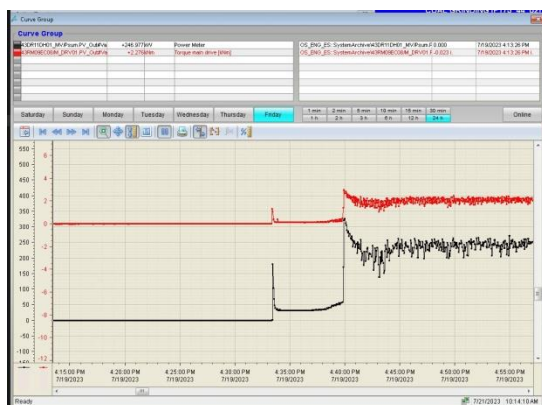
$$I_m = 125\% \text{ dari arus nominal kerja}$$

- Menentukan persentase torsi maksimum starting :

$$\tau_m = \frac{\tau_s}{\tau_w}$$

$$\tau_m = \frac{2,96}{2,3} \times 100\%$$

$$\tau_m = 128\% \text{ dari torsi nominal kerja dan waktu starting selama 36 detik.}$$



Gambar 4.10 Grafik Daya dan Torka *Starting* pada Tanggal 19/07/2023 Pukul 04:40 PM



Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Persentase Arus *Starting*, Persentase Torsi *Starting*, dan Waktu *Starting*

Waktu Objek Ukur	15/07/2023 pukul 03:44 PM	15/07/2023 pukul 09:27 PM	19/07/2023 pukul 04:40 PM
Persentase Arus <i>Starting</i>	123%	130%	125%
Persentase Torsi <i>Starting</i>	128%	124%	128%
Waktu <i>Starting</i>	38 Detik	52 Detik	36 Detik

#### 4.3.2. Analisis Hasil Pengukuran

Pada gambar 4.11 diketahui bahwa persentase arus *starting* ditanggal 15/07/2023 pukul 03:44 PM; tanggal 15/07/2023 pukul 09:27 PM; dan tanggal 19/07/2023 pukul 04:40 PM berturut-turut sebesar 123%; 130 %; dan 125% dari arus nominal kerja dan persentase torsi berturut-turut sebesar 128%; 124 %; dan 128% seperti pada gambar 4.12, yang membuktikan bahwa liquid resistance starter dalam pengasutan motor induksi baik dalam mengurangi lonjakan arus saat *starting*, dengan waktu *starting* yang singkat berturut-turut selama 26 detik, 52 detik, dan 38 detik, ditunjukkan pada gambar 4.13 .

## 5. KESIMPULAN

1. *Liquid resistance starter* merupakan tahanan luar motor induksi tiga fasa *wound rotor* yang berfungsi untuk menahan lonjakan arus *starting*, hanya sebesar 130% dari arus nominalnya.
2. Berdasarkan hasil pengukuran, dalam operasi normal persentase arus maksimum *starting* motor menggunakan *liquid resistance starter* berturut-turut sebesar 123%; 130%; dan 125%, persentase torsi maksimum *starting* berturut-turut sebesar 128%; 124% dan 128%, dan waktu *starting* berturut-turut selama 26 detik, 52 detik, dan 38 detik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini sehingga penulis dapat menyelesaikan jurnal tanpa ada halangan sedikitpun.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Suherman And K. Harumanto, "Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Dengan Inverter," *Jurnal Sains Dan Teknologi* , Vol. 6, Pp. 77-84, 2016.
- [2] P. Harahap, "Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Kerja Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Simulink Matlab," *Media Elekrika*, Vol. 9, Pp. 24-41, 2016.
- [3] N. C. E. Wibowo, W. Handajadi And Syafriyudin, "Analisa Starting Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Program Di Pt Madubaru Yogyakarta," *Jurnal Elektrikal*, Vol. 1, P. 91–100 , 2014.
- [4] H. F. Sitorus, Armansyah And R. Harahap, "Pemeliharaan Motor Induksi 3 Fasa Tegangan 380 V Pada Gt 2.1 Di Pt. Pln (Persero) Unit Pelaksana Pengendalian Pembangunan Belawan," *Journal Of Electrical Technology*, Vol. 7, Pp. 119-123, 2022.
- [5] R. Kurniawan, E. A. Hakim And M. Irfan, "Analisis Pengaruh Variasi Lebar Air Gap Pada Motor Brushless Dc Radial Fluks," *Journal Of Mechatronic And Electrical Engineering*, Vol. 1, Pp. 1-7, 2021.
- [6] A. Supriyadi, "Metode Starting Motor Induksi 3 Fasa Rotor Sangkar Tupai (Squirrel-Cage Rotor 3 Phase Induction Motor)," *Forum Teknologi*, Vol. 5, Pp. 57-64, 2015.
- [7] D. E. Adlio, G. Junior And M. T. Setiawan, "Kontrol Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Melalui Arus Rotor Menggunakan Pi," *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer Triac* , Vol. 7, 2020.
- [8] A. M. A. Bijaksana, M. Idrus, Darmulia And Asirullah, "Analisis Starting Raw Mill Motor Dengan Liquid Starter Pada Pt. Semen Bosowa Maros," *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, Pp. 1-10.
- [9] E. K. Mohammedsaeed And A. A. Karrar, "Finite Element Method Based Design Of A Liquid Rheostat Motor Starter".
- [10] Big Pauer, Ydq6 Liquid Resistance Rotor Starter, Manual Book.

- [11] H.-B. Shin, X.-L. Li, I.-Y. Jeong, J.-M. Park And S. Lee, "Modeling And Parameter Identification Of Coal Mill," *Journal Of Power Electronics*, Vol. 9, Pp. 700-707, 2009.
- [12] M. Tontu, "An Investigation Of Performance Characteristics And Energetic Efficiency Of Vertical Roller Coal Mill," *International Journal Of Coal Preparation And Utilization*, Pp. 1-15, 2020.