

ANALISIS PENGASUTAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA 15 HP MENGUNAKAN METODE DOL (*DIRECT ON LINE*) PADA PDAM JUWATA LAUT TARAKAN

Sugeng Riyanto¹, Andi Supriadi²

^{1,2}Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

¹sugeng@borneo.ac.id

²andizs_khaaiilzsh@yahoo.com

Abstract—A three phase induction motor is an electrical machine that converts electrical energy into mechanical energy using a couple of electric fields and has a slip between the stator field and the rotor field. An induction motor is a motor that many of us meet in small and large industries. This type of motor has several advantages including: construction that is simple, strong, the price is relatively cheap and do not require complicated maintenance. In principle this induction motor is operated at a constant speed, if the load changes then the motor speed will change. The three phase induction motor that is analysis is a motor with the *TECO 3 PHASE INDUCTION* brand on the intake pump of the PDAM Juwata sea Tarakan area with a power of 11 kW/15 HP which produces a Start current of 22.5721 Ampere, start torque of 0.2744 Nm, Losses copper of 611.8580 Watts and the efficiency of 0.94%. The method used in three phase induction motor is to use (*Direct On Line*) direct connection.

Keywords—Induction motor three phase, Start current, Start torque, Copper losses, and Efficiency

Intisari—Motor induksi tiga fasa adalah suatu mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dengan menggunakan gandengan medan listrik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor. Motor induksi merupakan motor yang banyak kita jumpai dalam industri kecil dan besar. Motor jenis ini memiliki beberapa keuntungan diantaranya: konstruksi yang sederhana, kokoh, harga relatif murah dan tidak memerlukan perawatan yang rumit. Pada prinsipnya motor induksi ini dioperasikan pada kecepatan yang konstan, apabila beban berubah maka, kecepatan motor akan berubah. Motor induksi tiga fasa yang dianalisis adalah motor dengan merk *TECO 3 PHASE INDUCTION* pada pompa intake PDAM daerah Juwata Laut Tarakan dengan daya sebesar 11 kW/15 HP yang menghasilkan arus Start sebesar 22,5721 Ampere, Torsi start sebesar 0,2744 Nm, Rugi-rugi tembaga sebesar 611,8580 Watt dan Efisiensinya sebesar 0,94 % . Metode yang digunakan pada motor induksi tiga fasa adalah dengan menggunakan hubung langsung (*Direct On Line*).

Kata Kunci—Motor induksi tiga fasa, Arus start, Torsi start, Rugi-rugi tembaga, dan Efisiensi

I. PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan motor listrik yang banyak digunakan di industri-industri besar maupun di industri kecil. Pada industri besar seperti: Pertambangan minyak, Perusahaan pengolahan kayu, dan Perusahaan daerah air minum (PDAM). Sedangkan, pada industri kecil seperti: Pabrik roti dan industri rumahan lainnya. Industri besar

pada pertambangan minyak, motor listrik ini digunakan pada pompa minyak yang ada dilapangan sebagai media penggerak (mekanik) untuk menghisap minyak yang ada di dalam bumi naik ke permukaan[1]. Pada perusahaan pengolahan kayu, motor listrik ini digunakan pada mesin rotary ataupun mesin-mesin lainnya untuk menguliti batang kayu yang dipotong dengan sesuai ukuran kemudian di kuliti sehingga menjadi lembaran tipis (*veneer*).

Pada perusahaan daerah air minum (PDAM), motor ini digunakan pada mesin pompa *intake* atau pada mesin yang lainnya sebagai alat penggerak untuk mengambil atau menghisap air yang ada disungai maupun dari waduk kemudian dihisap naik dan dialirkan ke bak-bak penampungan dan sedangkan, pada industri kecil seperti: pada pabrik roti motor listrik ini digunakan sebagai alat penggerak (mekanik) untuk mencampurkan bahan-bahan hingga menjadi satu. Untuk keuntungannya motor induksi tiga fasa adalah kokoh, murah, dan serta perawatannya yang mudah. Motor induksi dalam suatu sistem kelistrikan sangat dibutuhkan dalam perindustrian[2]. Pompa *intake* pada motor listrik adalah sebagai mesin untuk menghisap air dari aliran sungai ataupun dari waduk. Penelitian ini disusun untuk mengetahui nilai arus yang mengalir pada motor induksi 15 HP dalam keadaan berbeban penuh dan tidak berbeban dengan menggunakan metode langsung atau DOL (*Direct On Line*).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai arus yang mengalir pada motor induksi tiga fasa 15 HP pada pompa intakedalam keadaan beban penuh dan tidak berbeban pada PDAM untuk daerah Juwata Laut Tarakan.

II. LANDASAN TEORI

Motor induksi merupakan motor listrik yang paling banyak digunakan di lingkungan rumah tangga sampai di industri-industri besar. Hal ini disebabkan karena, motor induksi memiliki berbagai keunggulan yaitu: harga yang relatif murah dan perawatannya mudah, konstruksi yang sederhana dan kuat, (konstruksi hampir tidak pernah mengalami kerusakan, khususnya motor dengan tipe rotor sangkar tupai)[3].

Rotor sangkar tupai mempunyai kecepatan putar dan torsi yang hampir konstan, konstruksi rotor tersusun oleh beberapa batangan logam yang dimasukkan melewati slot-slot yang ada pada rotor motor induksi. Rotor kumparan atau rotor belitan, tipe motor induksi yang memiliki rotor terbuat dari lilitan tembaga yang sama dengan lilitan statornya, kelebihan dari motor induksi

dengan tipe rotor kumparan atau belitan konstruksi sangat kuat dan sederhana, menghasilkan putaran yang konstan, harganya relatif murah dan keandalannya tinggi dan biaya pemeliharaan rendah karena pemeliharaan motor hampir tidak diperlukan.

A. Motor Induksi

Motor induksi adalah suatu mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak (mekanik) dengan menggunakan gandengan medan listrik dan mempunyai slip (s) antara medan stator dan medan rotor. Pada motor induksi arus motor bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi, merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat perbedaan relatif antara putaran rotor dengan putar yang dihasilkan oleh stator.



Gambar 1. Motor induksi tiga fasa 15 HP[4].

Bagian motor induksi terdiri dari stator dan rotor, dipisahkan dengan bagian stator oleh celah udara yang sempit dengan jarak antara 0.4 mm sampai 4 mm.

B. Stator Motor Induksi

Stator terdiri atas tumpukan laminasi inti yang memiliki alur yang menjadi tempat kumparan dililitkan yang berbentuk silinder. Alur alur pada tumpukan laminasi inti diisolasi dengan kertas (prespan), setiap elemen inti dibentuk dari lempengan besi. Lempengan besi tersebut memiliki beberapa alur dan beberapa lubang pengikat untuk menyatukan inti.



Gambar 2. Stator Motor[5]

Stator adalah bagian dari mesin yang tidak berputar dan terletak pada bagian luar. Terbuat dari besi bundar berlaminasi dan mempunyai alur-alur sebagai tempat meletakkan kumparan.

C. Medan Putar

Perputaran motor pada mesin arus bolak balik ditimbulkan oleh adanya medan putar (fluks yang berputar) yang dihasilkan dalam kumparan statornya. Medan putar ini terjadi apabila kumparan stator dihubungkan dalam fasa banyak, umumnya tiga fasa.

Hubungan dapat berupa hubungan bintang (Y) dan delta (Δ). Oleh karena itu untuk mesin dengan jumlah kutub (*pole*) lebih dari dua, kecepatan sinkron (langsung) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$n_s = \frac{120 \times f}{p}$$

D. Prinsip kerja motor induksi

Ada beberapa prinsip kerja motor induksi, diantaranya :

1. Apabila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan (belitan) stator akan timbul medan putar.
2. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada stator.
3. Akibatnya pada kumparan rotor timbul dengan induksi gaya gerak listrik (ggl) sebesar tiga fasa.
4. Karena, kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, gaya gerak listrik (*E*) akan menghasilkan arus (*I*).
5. Adanya arus (*I*) didalam medan magnet menimbulkan gaya (*F*) pada rotor.
6. Bila dikopel mula-mula yang dihasilkan oleh gaya (*F*) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar.
7. Seperti yang dijelaskan pada no.3 tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (*n_s*) dengan kecepatan berputar rotor (*n_r*).
8. Perbedaan kecepatan antara *n_r* dan *n_s* disebut *slip*.
9. Bila *n_r* = *n_s*, tegangan tidak akan terinduksi dan arus (*I*) tidak mengalir pada kumparan rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel, kopel motor akan ditimbulkan apabila *n_r* lebih kecil *n_s*.
10. Dilihat dari cara kerjanya, motor induksi disebut juga sebagai motor tak serempak atau asinkron (tidak langsung).

E. Daya motor induksi tiga fasa

Menghitung besarnya arus pada keadaan berbeban penuh dan tidak berbeban dirumuskan sebagai berikut dengan jumlah rugi geser dan angin.

$$Z_f = R_f + j_f X_f$$

Mencari nilai arus rotor (*I*) dirumuskan sebagai berikut :

$$I = \frac{v}{\sqrt{3 \cdot z}}$$

Mencari nilai daya masuk rotor (*P_R*) dirumuskan sebagai berikut:

$$P_R = 3 \times (I)^2 \times R$$

Mencari nilai daya keluar rotor pada slip dirumuskan sebagai berikut :

$$P_m = (1 - s) \times (P_R)$$

Mencari nilai daya keluaran (*P_{out}*) pada rotor sebagai berikut :

$$P_{out} = P_m - \text{rugi geser dan angin (3\%)}$$

Untuk *cos φ* dirumuskan sebagai berikut:

$$\cos \varphi = \frac{R_2}{\sqrt{(R_2)^2 + (X_2)^2}}$$

Arus motor pada saat *start* (I_{st}) dirumuskan sebagai berikut :

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_2)^2}}$$

Untuk mencari nilai torsi *start* (T_{st}) dirumuskan sebagai berikut:

$$T_{st} = k \times E_2 \times I_2 \times \cos \varphi$$

Untuk mencari rugi-rugi daya (P_{cu}) dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{cu} = 3 \times (I_2)^2 \times R_2$$

F. Pengasutan motor listrik (starting motor)

Overload relay merupakan komponen kontrol yang terpisah. Ketika sebuah kontaktor digabungkan dengan *overload relay*, maka dapat disebut sebagai sebuah pegasut motor (*motor starter*) sederhana. Gabungan kedua komponen tersebut dapat digabungkan menjadi komponen sebelumnya, menjadi kontaktor *circuit breaker*. Komponen tersebut juga merupakan sebuah motor *starter* yang sederhana.

G. Pengasutan hubung Langsung (Direct On Line)

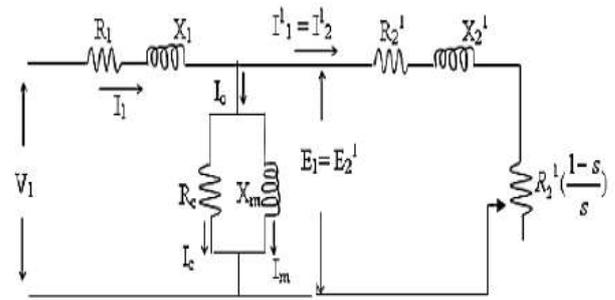
Pengasut hubungan langsung dalam istilah asing disebut *direct on line* (DOL), dan umumnya digunakan pada motor induksi berdaya 5 Kw. Hal ini memiliki efek yang sama seperti balikan skunder pendek sebuah transformer dan selanjutnya hal ini akan mengakibatkan permintaan yang besar terhadap suplai. Daya torsi yang dihasilkan pada saat pengasutan bisa menjadi 2–3 kali lipat daya torsi beban penuh. Pengasutan langsung secara dasar terdiri dari rangkaian yang merupakan tempat kontaktor yang berhubungan dengan arus motor, *thermal overload* dan tombol kontrol. Motor induksi dengan daya menengah dan besar antara 10 Kw sampai 50 Kw menggunakan pengendalian bintang segitiga untuk starting awalnya.

H. Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa

Efisiensi motor induksi adalah ukuran keaktifan motor induksi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang dinyatakan sebagai perbandingan antara watt keluaran dan watt masukan. Efisiensi energi adalah bahwa efisiensi 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 keluaran ditambah rugi-rugi, yang dirumuskan sebagai berikut:

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

I. Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi



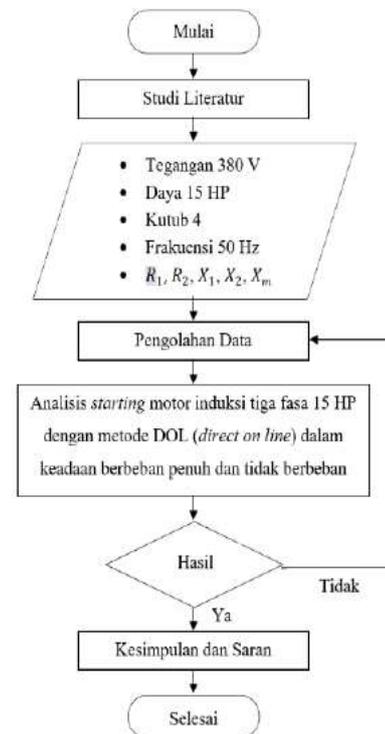
Gambar 3. Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi

Keterangan pada gambar 3 adalah

- I1 = Arus rotor
- V1 = Tegangan stator
- E1 = Ggl yang dihasilkan oleh fluks celah udara
- R1 = Tahanan stator
- R2 = Tahanan rotor
- Rc = Rugi-rugi inti stato
- X1 = Reaktansi bocor stator
- X2 = Reaktansi bocor rotor
- Xm = Reaktansi magnetisasi

III. METODE PENELITIAN

A. Diagram Alur Penelitian



Gambar 4. Diagram Alur Proses Penelitian

B. Prosedur Penelitian

1. Studi kepustakaan adalah dengan cara mencari buku-buku yang berkaitan dengan motor listrik, buku-buku dari perusahaan (PDAM) dan melalui internet.
2. Observasi langsung ke lapangan untuk melihat lebih jelas mengenai motor listrik yang akan dijadikan objek penelitian.
3. Melakukan proses pengambilan data untuk motor 15 Hp.

4. Melakukan analisis perhitungan dari data yang diperoleh dilapangan.
5. Hasil penelitian dan kesimpulan.

C. Spesifikasi Peralatan

Adapun spesifikasi dari motor induksi tiga fasa 15 Hp Pompa Intake pada PDAM Juwata Laut Tarakan sebagai berikut:



Gambar 5. Name Plate Motor Induksi 15HP

Dapat dilihat dari tabel data tahanan (Ω) motor induksi tiga fasa di dapatkan besarnya tahanan (Ω) masing-masing adalah:

Tabel 1. Data Tahanan (Ω) Motor Induksi tiga fasa 15 HP pada Pompa Intake PDAM Juwata Laut Tarakan

R_1	R_2	X_1	X_2	X_m
0,2605	0,4003	1,373	1,8687	47,992

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Menghitung Jumlah RPM

Motor induksi tiga fasa merk Teco 50 Hz, 15 Hp, dengan putaran 1500 rpm pada keadaan tidak berbeban. Untuk mencari nilai rpm digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 n_s &= \frac{120 \cdot f}{p} \\
 &= \frac{120 \times 50 \text{ Hz}}{4} \\
 &= \frac{6000}{4} \\
 &= 1500 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Sehingga, nilai rpm pada motor induksi tiga fasa dalam keadaan berbeban penuh adalah sebesar 1455 rpm dan dalam keadaan tidak berbeban sebesar 1500 Rpm.

B. Menghitung Besarnya Nilai Slip (s)

Untuk mencari nilai jumlah kutub pada motor induksi tiga fasa adalah 4 pole maka, nilai slip (s) dalam keadaan berbeban penuh dan tidak berbeban pada motor digunakan pada persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \\
 &= \frac{1500 - 1455}{1500} \times 100\% \\
 &= \frac{45}{1500} \\
 &= 0,03 \text{ atau } 3\%
 \end{aligned}$$

C. Menghitung Besarnya Arus Keadaan Beban Penuh dan Tidak Berbeban (diam)

Dengan jumlah rugi geser dan angin bernilai 0,03 atau 3% Maka dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 Z_f &= R_f + j_f X_f = \frac{\left(\left(\frac{R_2}{s}\right) + j X_2\right) \times (j X_m)}{R_2 + j(X_2 + X_m)} \\
 &= \frac{\left(\left(\frac{0,4003}{0,03}\right) + j 1,8687\right) \times (j 47,992)}{0,4003 + j(1,8687 + 47,992)} \\
 &= \frac{(13,34 + j 1,8687) \times (j 47,992)}{0,4003 + j 49,8607} \\
 &= \frac{-89,6826 + j 640,2132}{0,4003 + j 49,8607} \\
 &= \frac{646,4641 \angle 88,8^\circ}{49,8623 \angle 89,9^\circ} \\
 &= 12,9649 \angle -1,1^\circ \\
 &= 12,9625 + j 0,2488
 \end{aligned}$$

Mencari nilai daya masuk rotor (P_R) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_R &= 3 \times (I)^2 \times R \\
 &= 3 \times (16,9221)^2 \times 12,9625 \\
 &= 3 \times 286,3574 \times 12,9625 \\
 &= 11.135,7233 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Mencari nilai daya keluar rotor digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_m &= (1 - s) \times (P_R) \\
 &= (1 - 0,03) \times (11.135,7233) \\
 &= 10.801,6516 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Mencari nilai daya keluaran pada rotor, Sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= P_m - \text{rugi geser dan angin } 3\% \\
 &= 10.801,6516 - 324,0495 \\
 &= 10.477,6021 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Tabel 2. Hasil Analisis Daya Masukan, Daya Keluaran Rotor dan Daya Keluaran

Nilai daya masuk rotor (P_R)	Nilai daya keluar rotor pada slip (P_m)	Daya Keluaran (P_{out})
11.135,7233 watt	10.801,6516 watt	10.477,60621 watt

Untuk mencari nilai $\cos \phi$ pada persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= \frac{R_2}{\sqrt{(R_2)^2 + (X_2)^2}} \\ &= \frac{0,4003}{\sqrt{(0,4003)^2 + (1,8687)^2}} \\ &= \frac{0,4003}{\sqrt{(0,1602 + 3,4920)}} \\ &= \frac{0,4003}{3,6522} = 0,10 \end{aligned}$$

Maka, arus motor pada saat *start* (I_{st}) dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_2)^2}} \\ &= \frac{380}{\sqrt{\left(\frac{0,4003}{0,03}\right)^2 + (1,8687)^2}} \\ &= \frac{380}{\sqrt{(178,035) + (3,4920)}} \\ &= \frac{380}{16,8349} = 22,5721 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai torsi *start* (T_{st}) pada persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T_{st} &= k \times E_2 \times I_2 \times \cos \varphi \\ &= \frac{3}{2 \times \pi \times N_s} \times 380 \times I_2 \times \cos \varphi \\ &= \frac{3}{2 \times 3,14 \times 1455} \times 380 \times 22,5721 \times 0,10 \\ &= 0,00032 \times 380 \times 22,5721 \times 0,10 \\ &= 0,2744 \text{ Nm} \end{aligned}$$

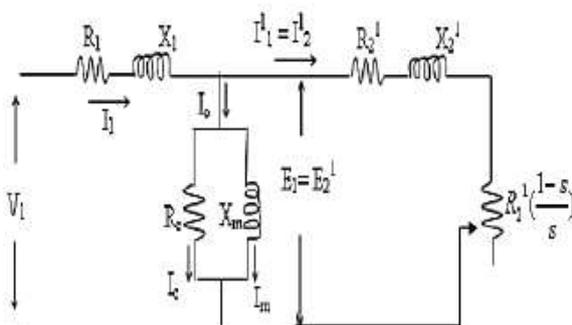
Tabel 3. Hasil Analisis Arus *Start* dan *Torsi Start*

Arus <i>Start</i>	Torsi <i>Start</i>
22,5721 A	0,2744 Nm

Untuk mencari rugi-rugi tembaga pada motor induksi tiga fasa digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{cu} &= 3 \times (I_2)^2 \times R_2 \\ &= 3 \times (22,5721)^2 \times 0,4003 \\ &= 3 \times 509,4996 \times 0,4003 \\ &= 611,8580 \text{ Watt} \end{aligned}$$

D. Menghitung Besarnya Arus pada Keadaan Beban Penuh dan Tidak Berbeban (0) pada Rangkaian Ekuivalen



Gambar 6 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi

Maka, mencari nilai R_c pada rangkaian ekuivalen dirumuskan pada persamaan 2.13 sebagai berikut:

$$R_c = \frac{V_1^2}{P_1} = \frac{380^2}{11000} = 13,127 \Omega$$

Maka, untuk mengetahui besar arus dalam keadaan berbeban penuh dapat dihitung pada persamaan, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I_0 &= \frac{V}{Z_{R_c} + j X_m} \\ &= \frac{380}{13,127 + j 47,992} \\ &= \frac{380}{49,3006 \angle j 74,70^\circ} \\ &= 7,7078 \angle - 74,70^\circ \\ &= 2,03 + j 7,43^\circ \text{ Ampere} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{V}{(R_1 + R_2/s)^2 + j (X_1 + X_2)^2} \\ &= \frac{380}{(0,2605 + 0,4003/0,03)^2 + j (1,373 + 1,8687)^2} \\ &= \frac{380}{(0,2605 + 13,34) + j (3,2417)} \\ &= \frac{380}{13,6005 + j (3,2417)} \\ &= \frac{380}{13,9814 \angle - 13,40^\circ} \\ &= 27,1789 \angle - 13,40^\circ \\ &= 26,4389 + j 6,2986^\circ \text{ Amper} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_1 &= I_0 + I_2 = 2,03 + j 7,43 + 26,4389 - j 6,2986 \\ &= 28,46 - j 1,14 \\ &= 28,4828 \angle - 2,29^\circ \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Maka, arus yang mengalir pada *line* (I_L) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I_L &= \sqrt{3} \cdot I_1 \\ &= \sqrt{3} \times 28,4828 \angle - 2,29^\circ \text{ A} \\ &= 49,3336 \angle - 2,29^\circ \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Tabel 4. Hasil Analisis Dalam Keadaan Berbeban Penuh

I_0 (A)	I_2 (A)	I_1 (A)	I_L (A)
2,01 A	26,4389 A	28,4828 A	49,3336 A

Untuk mengetahui besar arus dalam keadaan tidak berbeban (0) dapat dihitung sebagai berikut: (Sehingga slip (s) dalam keadaan diam (0) bernilai 100% = 1)

$$\begin{aligned}
 I_0 &= \frac{V}{Z_{Rc} + j X_m} \\
 &= \frac{380}{13,127 + j 47,992} \\
 &= \frac{380}{49,3006 \angle - 74,70^\circ} \\
 &= 7,7078 \angle - 74,70^\circ \\
 &= 2,03 + j 7,43 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_2 &= \frac{V}{(R_1 + R_2/s)^2 + j (X_1 + X_2)^2} \\
 &= \frac{380}{(0,2605 + 0,4003/1)^2 + j (1,373 + 1,8687)^2} \\
 &= \frac{380}{(0,2605 + 0,4003) + j (3,2417)} \\
 &= \frac{380}{0,6608 + j 3,2417} \\
 &= \frac{380}{3,3083 \angle - 78,47^\circ} \\
 &= 114,8626 \angle - 78,47^\circ \\
 &= 22,9588 + j 112,5446 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_1 &= I_0 + I_2 \\
 &= 2,03 + j 7,43 + 22,9588 - j 112,5446 \\
 &= 24,98 - j 105,11 \\
 &= 108,0375 \angle - 76,60^\circ \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Maka, arus yang mengalir pada *line* (I_L) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 I_L &= \sqrt{3} \cdot I_1 \\
 &= \sqrt{3} \times 108,0375 \angle - 76,60^\circ \\
 &= 187,1264 \angle - 76,60^\circ \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 hasil analisis dalam keadaan tidak berbeban

$I_0(A)$	$I_2(A)$	$I_1(A)$	$I_L(A)$
2,03 A	22,9588 A	108,0375 A	187,1264 A

V. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan pada motor induksi tiga fasa 15 HP 11 Kw dengan Merk motor TECO didapat besarnya nilai *slip* (s) 0,03 atau 3%, Daya masukan rotor (P_R) sebesar 11.135,7233 Watt, (P_{out}) sebesar 10.477,6021 Watt dan nilai untuk arus *start* (I_{st}) 22,5721 Ampere dengan nilai torsi *start* (T_{st}) 0,2744 Nm. Maka rugi-rugi daya tembaga (P_{cu}) motor induksi 15 Hp dengan merk Teco sebesar 611,8580 Watt.

REFERENSI

[1] Harten, P. Van, Setiawan, Ir, Instalasi Listik Arus Kuat 3, Proyek Pembinaan dan Pengembangan Dikmenjur, PT. Binacipta, Jakarta, 1981.

[2] Yusnan Badruzaman, Pengasutan Konvensional Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Tupai. Semarang. Jurusan Teknik Elektro. Poli Teknik Negeri Semarang.2012.

[3] Agus, Analisis Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa Conveyor Pada Bandara Juwata Tarakan dan Tingkatan daya pada motor induksi. Tarakan.2017.

[4] (2018). The engineering. [Online] . Available. [Http://www.TheEngineeringproject.com/2018/01/10/Rotor-sangkar-tupai](http://www.TheEngineeringproject.com/2018/01/10/Rotor-sangkar-tupai).

[5] (2018) Motor induksi. [Online]. Available. <http://www.MotorInduksi.com/2017/03/10/Aliran-daya-dan-rugi-rugi-motor-listrik>.

[6] (2018) Motor induksi. [Online]. Available. <http://www.MotorInduksi.com/2017/03/17/Rangkaia-n-ekivalen-motor-induksi>.