

LAPORAN PENELITIAN

**ANALISA MOTOR INDUKSI TIGA PHASA
PADA PENGGERAK *BELT CONVEYOUR* 22 BANKO BARAT PT.
BUKIT ASAM, TBK**



OLEH

**DAENY SEPTI YANSURI
NIDN. 0230096901
CHOIRUL RIZAL
NIDN. 0024126201**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PALEMBANG
TAHUN 2022**

LAPORAN PENELITIAN

Judul : Analisa Motor Induksi Tiga Phasa pada Penggerak
Belt Conveyour Banko Barat PT.Bukit Asam, TBK.

Nama Ketua Peneliti : Daeny Septi Yansui, ST., MT.
NIDN : 0230096901
Pangkat / Gol. / Jabatan : Penata / III.c / Lektor
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Telepon/HP/Faksimili : - / 081271716289
e-mail : sdaeny@yahoo.com

Nama Anggota Peneliti : Ir. Choirul Rizal, MT.
NIDN : 0024126201
Pangkat / Gol. / Jabatan : Pembina/IV.a/Lektor Kepala
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Telepon/HP/Faksimili : 08127846460
e-mail : choirulrizal@unpal.ac.id.

Tempat Penelitian : Banko Barat PT. Bukit Asam, TBK.
Waktu Penelitian : Mei – Juni 2022
Biaya Penelitian : Rp. 15.000.000,-.
Sumber Dana : PT.Bukit Asam, TBK.



Mengetahui :
Dekan Fakultas Teknik,

Marliyus Sunarhati, S.T., MT.
NIDN. 0224076201

Palembang, Juli 2022

Peneliti,

Daeny Septi Yansui, ST., MT.
NIDN. 0230096901



Menyetujui,
Ketua LPPM UNPAL
Dr. Ir. Asmawati, M.Si.
NIDN. 0223056101

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	<i>i</i>
HALAMAN PERSETUJUAN	<i>ii</i>
HALAMAN PENGESAHAN	<i>iii</i>
KATA PENGANTAR	<i>iv</i>
ABSTRAK	<i>vi</i>
DAFTAR ISI	<i>vii</i>
DAFTAR GAMBAR	<i>ix</i>
DAFTAR TABEL	<i>x</i>
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Batasan Masalah	2
1.3. Rumusan Masalah	2
1.4. Tujuan Pembahasan	3
1.5. Metode Penulisan	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Teori Dasar Motor Induksi	6
2.2. Kontruksi Motor Induksi.....	6
2.3. Medan Putar Motor Induksi.....	9
2.4. Kopel Motor Induksi	13
2.5. Sistem Pengasutan Motor Induksi	15
2.6. Prinsip Kerja Motor Induksi	17
2.7. Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi.....	20
2.8. Slip dan Frekuensi Pada Motor Induksi	21
2.9. Penyebab Timbulnya Panas Lebih Dan Kerusakan Pada Motor	24
2.10. Pengaruh Beban Lebih Pada Motor	30
BAB 3. SISTEM PROTEKSI MOTOR INDUKSI TIGA FASA PENGGERAK BELT CONVEYOR	32
3.1. Gangguan Pada Motor Induksi	32
3.2. Sistem Proteksi Pada Motor Induksi Tiga Fasa	34
3.2.1. Pemutus Daya (Circuit Breaker)	36
3.2.2. Alat Penghubung (Contactor)	37
3.2.3. Rele	37
3.3. Proteksi Gangguan Pada Motor Induksi	45
3.4. Definisi Belt Conveyor	51

3.4.1.	Kelebihan dan Kelemahan Belt Conveyor	52
3.4.2.	Komponen-Komponen Utama Pada Belt Conveyor	54
3.5.	Karakteristik Material Angkut	58
3.6.	Kapasitas Belt Conveyor	60
BAB 4.	ANALISA DAN PERHITUNGAN	61
4.1.	Data Motor	61
4.2.	Menentukan Arus Asut Pada Motor	61
4.3.	Menentukan Transformator Arus (CT).....	62
4.4.	Menentukan Rele Beban Lebih	63
4.5.	Menentukan Besarnya Arus Hubung Singkat.....	65
4.6.	Menentukan Rele Arus Lebih	66
4.7.	Menentukan Rele Rangkaian Negatif	68
4.8.	Menentukan Besarnya Sekring	71
BAB 5.	KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1.	Kesimpulan	73
5.2.	Saran	73
DAFTAR PUSTAKA		74

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Lampu TL	13
2.2. Lampu Natrium	14
2.3. Lampu Merkuri	14
2.4. Lampu Merkuri	16
2.5. Kondensor	17
2.6. Evaporator	18
2.7. Dispenser	20
2.8. Skema Pompa Air (Jet pam)	21
2.9. Gambar Skema Kerja Kulkas	22
2.10. Skema Kelistrikan Laptop	23
2.11. Skema Kelistrikan TV	24
2.12. Diagram Kelistrikan Microwave	25
2.13. Segitiga Daya	34
3.1. Karakteristik rele waktu seketika	42
3.2. Karakteristik rele waktu tertentu	43
3.3. Karakteristik rele waktu terbalik	43
3.4. Sambungan rele gangguan tanah dan 2 rele arus lebih	44
3.5. Rele fasa terbalik dengan kombinasi rele fasa tunggal	48
3.6. Komponen-komponen Utama Belt Conveyor	54
3.7. Impact idler	57

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena Berkat Rahmat dan Karunianya penulis dapat menyelesaikan Laporan Penelitian yang berjudul “**Analisis Motor Induksi Tiga Phasa pada Penggerak *Belt Conveyour* 22 Banko Barat PT.Bukit Asam, Tbk**”

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada LPPM Universitas Palembang yang telah memberikan saran, petunjuk, motivasi dan membimbing dalam menyelesaikan penulisan Laporan Penelitian ini, serta semua pihak yang telah membantu hingga selesainya Laporan Penelitian ini.

Akhirnya tidak ada yang sempurna kecuali Allah SWT. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun dalam rangka penyempurnaan Laporan Penelitian ini. Kiranya Laporan Penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Palembang, Juli 2022

Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Motor rotor belitan adalah tipe motor induksi yang memiliki rotor terbuat dari lilitan yang sama dengan lilitan statornya sedangkan motor rotor sangkar tupai (*Squirrel-cage rotor*) adalah tipe motor induksi yang konstruksi rotornya tersusun oleh beberapa batangan logam yang dimasukkan melewati slot-slot yang ada pada rotor motor induksi, kemudian setiap bagian disatukan oleh cincin sehingga membuat batangan logam terhubung. Motor induksi 3 fasa merupakan komponen yang penting dari berbagai industri dan telah banyak digunakan di mesin-mesin industri sebagai penggerak mekanik. Hal ini dikarenakan motor induksi 3 fasa memiliki kelebihan dari segi teknis dan segi ekonomis.

Pada PT. Bukit Asam. Tbk bergerak di bidang eksploitasi batubara, dalam penyaluran batubara tersebut, perusahaan ini menggunakan *Belt Conveyour* di setiap unit penyaluran nya. *Belt Conveyour* tersebut digerakkan dengan menggunakan motor-motor induksi tiga fasa. dimana motor yang digunakan memakai penggerak mulanya adalah motor induksi. Maka dari itu dilakukan penelitian terhadap motor yang digunakan khususnya pada area Banko Barat yang menggerakkan *Belt Conveyour 22*, apakah kinerja motor tersebut masih dapat dioperasikan dengan baik

1.2. Batasan Masalah

Penelitian yang dilakukan pada area penambangan Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk pada motor penggerak *Belt Conveyour 22* ini di titik berat kan pada sistem proteksi motor induksi tiga fasa 110 kW serta menentukan rele proteksi beban lebih dan panas lebih.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, dapat dirumuskan masalahnya adalah :

1. Berapa besar arus gangguan pada motor induksi tiga fasa penggerak *Belt Conveyour 22* di area penambangan Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk.
2. Menentukan setting rele pada motor induksi tiga fasa penggerak *Belt Conveyour 22* di area penambangan Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk.

1.4. Tujuan Pembahasan

Untuk mempelajari sistem proteksi dan menentukan setelan rele yang baik untuk motor induksi tiga fasa 110 kW di PT. Bukit Asam, Tbk yang digunakan sebagai penggerak Belt Conveyour 22 di area penambangan Banko Barat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Dasar Motor Induksi

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke rotornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.

2.2. Kontruksi Motor Induksi

Motor induksi terdiri dari beberapa bagian yaitu: stator, rotor dan bantalan motor.

a) Stator

Stator merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya. Stator dihubungkan secara langsung ke sumber bolak balik.

b) Rotor

Rotor merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor. Rotor tidak dihubungkan secara listrik ke catu daya tetapi mendapat arus secara induksi dari stator.

c) Motor rotor belitan

Motor induksi dengan rotor belitan memungkinkan penambahan atau pengaturan dari tahanan luar dengan dihubungkan ke rotor melalui cincin atau juga disebut slip ring.

d) Motor rotor sangkar

Motor induksi rotor sangkar mempunyai bentuk rotor yang terdiri dari batang-batang konduktor yang disusun membentuk serupa dengan sangkar tupai.

e) Bantalan motor induksi

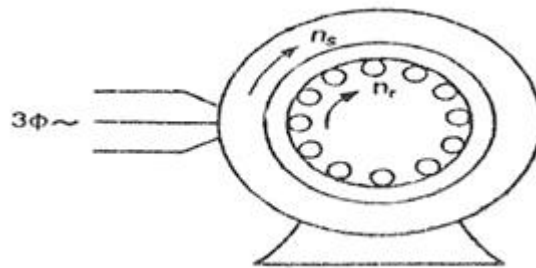
Bantalan motor merupakan bagian yang penting karena dengan adanya bantalan motor pada motor induksi dapat mengurangi gesekan putaran, mempercepat gerakan motor, serta menstabilkan posisi poros terhadap gaya horizontal dan vertikal poros motor.

2.3 Sistem Pengasutan Motor Induksi

Dalam mengoperasikan motor tegangan rendah dapat dibedakan dari cara sistem pengasutannya yaitu antara lain:

- a. DOL (*Direct On Line*)
- b. Star Delta
- c. Transformator

2.4 Prinsip Kerja Motor Induksi



Ada beberapa prinsip kerja motor induksi :

- a) Apabila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan medan stator, akan timbul medan putar dengan kecepatan :

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} \dots\dots\dots(2-18)$$

dimana :

n_s = Kecepatan sinkron (putaran/menit)

f = Frekuensi jala-jala (Hz)

p = Jumlah kutub medan stator

- b) Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor
- c) Akibatnya pada kumparan jangkar (rotor) timbul tegangan induksi (ggl) sebesar :

$$E_2 = 4,44 \cdot f_2 \cdot N_2 \cdot \Phi_m$$

dimana :

E_2 = gaya gerak listrik induksi rotor

f_2 = frekuensi listrik rotor

N_2 = jumlah lilitan kumparan rotor

Φ_m = fluksi maksimum yang dihasilkan oleh stator

E_2 adalah tegangan induksi pada saat rotor berputar.

- d) Karena kumparan jangkar merupakan rangkaian tertutup, maka ggl (E) akan menghasilkan arus (I_2).

$$I_2 = \frac{e_2}{z_2}$$

- e) Adanya (I_2) di dalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada rotor.

$$F = B \cdot l_2 \cdot r$$

dimana :

F = gaya pada rotor

I_2 = arus rotor

r = panjang kumparan rotor

B = Induksi magnetik

Karena rotor berbentuk bulat seperti silinder, maka akan menghasilkan kopel mula yang besarnya,

$$Ta = F \cdot r$$

dimana :

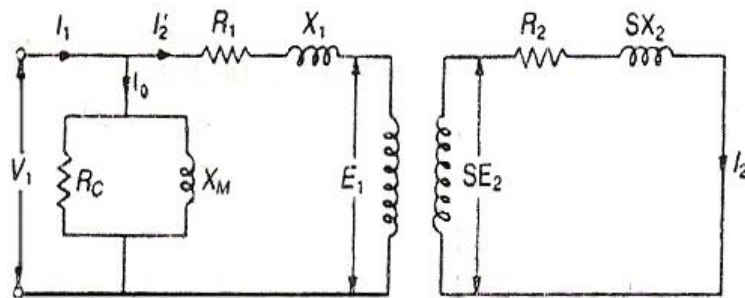
Ta = kopel mula pada rotor

F = gaya Lorentz pada rotor

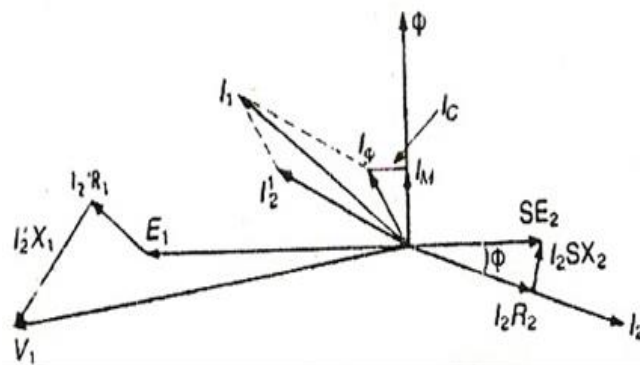
r = jari-jari

2.5 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi

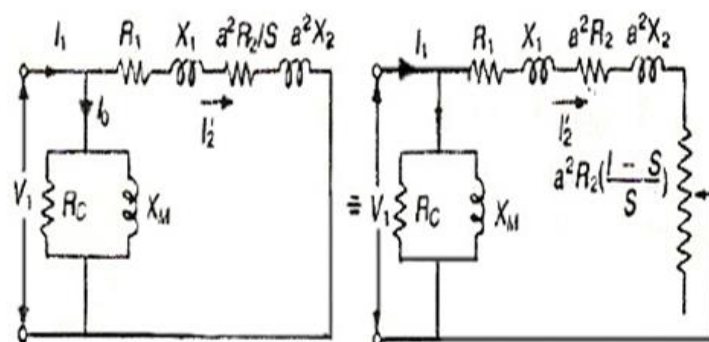
Kerja motor induksi seperti juga kerja trafo adalah berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Oleh karena itu, motor induksi dapat dianggap sebagai trafo dengan rangkaian sekunder yang berputar.



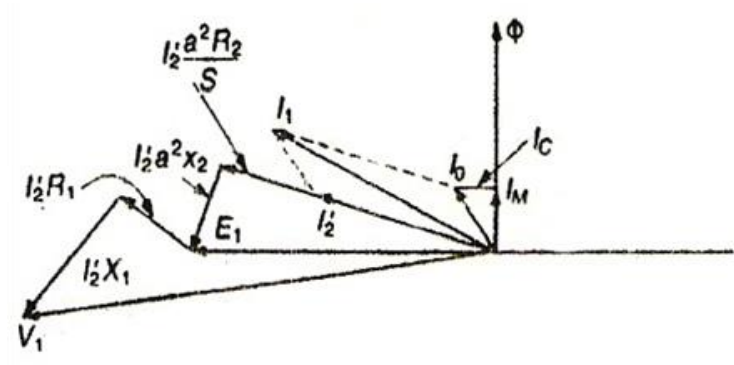
Gambar 2.7. Rangkaian motor induksi



Gambar 2.8. Vektor diagram



Gambar 2.9. Rangkaian ekuivalen motor induksi



Gambar 2.10. Vektor diagram rangkaian ekuivalen

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1. Gangguan Pada Motor Induksi

Secara umum gangguan yang terjadi pada motor induksi ada beberapa macam yaitu:

a. Gangguan beban lebih

Pembebanan suatu kerja motor listrik ditentukan dari pabrik pembuatannya. Oleh karena itu, motor-motor listrik yang akan dipakai perlu diperhitungkan kemampuannya dalam mengangkat beban yang tersedia.

b. Gangguan Hubungan Singkat

Gangguan ini terjadi akibat adanya penurunan kekuatan dasar isolasi (*basic insulation strenght*) antara sesama penghantar fasa atau fasa dengan tanah yang mengakibatkan arus naik secara berlebihan.

Akibat gangguan hubungan singkat ini akan mengganggu keseimbangan motor, karena arus gangguan yang timbul akan naik beberapa kali lebih besar dari arus nominal motor.

Arus hubungan singkat pada motor adalah :

$$I_{hs} = \frac{E_r}{X}$$

dimana

I_{hs} = arus hubung singkat

E_r = tegangan induksi

X = reaktansi

c. Gangguan Mekanik

Gangguan mekanik yang sering timbul pada motor-motor listrik dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu:

1. Pelumasan bantalan motor tidak sempurna.
2. Pelumasan instalasi tidak teliti dan kurang cermat.
3. Pembedaan mekanis yang digerakan lebih besar dari kumparan motor.
4. Pemaksaan terhadap pemakaian bagian-bagian kelengkapan mesin-mesin yang tidak sesuai.
5. Pemeliharaan yang kurang baik.

d. Gangguan Operasional

Gangguan operasional sering diakibatkan oleh kesalahan-kesalahan operator dan pengoperasian motor-motor tersebut. Kesalahan tersebut bisa berupa:

1. Dengan menambah setelan beban dari kemampuan setelan arus yang diizinkan pada motor yang bekerja.
2. Dengan membiarkan motor-motor tersebut dalam keadaan pembebanan lebih.
3. Membersihkan motor dari kotoran-kotoran dengan memakai bahan-bahan yang tidak sesuai dengan aturan yang ada, pada waktu motor dalam keadaan operasi atau mengakibatkan ketentuan dari motor apakah motor diperlengkapi peralatan yang tahan terhadap bahan-bahan tertentu atau terlindung penuh (terlindung terhadap segala bentuk benda-benda luar).

3.2. Sistem Proteksi Pada Motor Induksi Tiga Fasa

Pengaruh gangguan pada suatu sistem tenaga listrik ditentukan oleh berbagai faktor antara lain: tegangan kerja sistem, kestabilan beban, cara pengtanahan titik netral dan lain-lain. Hal yang dapat dilakukan adalah:

1. Melindungi kemungkinan terjadinya gangguan seperti menjaga kebersihan sekitar lingkungan tempat motor induksi beroperasi, memasang pagar sekitar peralatan dan memelihara peralatan-peralatan tersebut.
2. Pemasangan alat-alat proteksi, dalam merencanakan sistem proteksi motor induksi, baik itu untuk proteksi gangguan luar dan dalam. Faktor-faktor yang mempengaruhi sebagai berikut:
 - a. Fungsi dan jenis saluran
 - b. Koordinasi yang dibutuhkan dalam hubungannya dengan peralatan yang telah ada, baik pada saluran tersebut maupun pada bagian bebannya.
 - c. Tingkat keselamatan yang diinginkan.

3.2.1. Pemutus Daya (*Circuit Breaker*)

Pemutus daya adalah suatu alat pengaman rangkaian yang merupakan alat pemutus arus nominal maupun arus gangguan.

3.2.2. Alat Penghubung (*Contacto*r)

Kontaktor adalah saklar yang bekerja secara elektromagnetik dan berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan aliran tenaga listrik kerangkaian.

3.2.3. Rele

Rele merupakan peralatan penting pada suatu sistem proteksi tenaga listrik. Rele proteksi adalah suatu rele yang dipakai untuk memperoleh penghubungan atau pemutusan secara otomatis pada suatu peralatan atau bagian sistem tertentu yang dapat menyebabkan kerusakan atau bahaya pada peralatan atau sistem tersebut.

A. Persyaratan Rele Proteksi

Persyaratan rele proteksi dapat bekerja dengan baik harus memenuhi empat persyaratan sebagai berikut :

1. Keandalan
2. Kecepatan kerja
3. Sensitivitas
4. Selektivitas (kemampuan membedakan)

B. Rele Beban Lebih (*Overload Relay*)

Pengaman terhadap beban lebih pada motor dapat dibagi menjadi dua jenis , yaitu rele beban lebih thermis dan rele beban lebih magnetis. Rele beban lebih thermis dapat dibagi menjadi dua bagian:

a. Rele logam paduan leleh

Rele jenis ini terdiri dari elemen pemanas, logam paduan rongga gigi dan kontak-kontak. Intensitas dari penyebaran panas pemanasannya berdasarkan menurut arus yang lewat padanya, pemanasan ini akan memanasi logam paduan yang mempunyai titik lebur yang rendah.

b. Rele bimetal

Rele beban lebih bimetal terdiri dari pemanas yang peka terhadap arus yang mengalir padanya, bila arus yang mengalir pada pemanas ini besar maka akan lebih banyak panas yang disebarkannya.

3.3 Proteksi Gangguan Pada Motor Induksi

Untuk mengatasi hal ini, maka dilakukan sistem proteksi yang akan menentukan keawetan pemakaian motor yang bersangkutan.

a) *Proteksi gangguan luar*

Proteksi gangguan luar (gangguan ekstern) adalah suatu sistem proteksi untuk mengatasi gangguan-gangguan yang terjadi dari luar motor.

b) *Proteksi beban lebih*

Pengaruh beban lebih yang diakibatkan oleh alat yang digerakkan yang dihubungkan oleh kopel motor, ini dapat mengakibatkan panas yang berlebih.

c) *Proteksi fasa terbalik*

Apabila fasa suplai terbalik dari jaringan, maka akan mengakibatkan keadaan yang membahayakan misalnya pada motor-motor besar yang menggerakkan pompa sentrifugal, jika terjadi fasa terbalik ini akan mengakibatkan rusaknya empeler dari pompa tersebut

d) *Proteksi gangguan dalam*

Proteksi gangguan dalam adalah suatu sistem proteksi untuk mengatasi gangguan-gangguan yang terjadi di dalam motor. Gangguan ini dapat merusak bagian-bagian dalam terutama belitan dari gulungan tersebut. Proteksi gangguan dalam antara lain :

1. Proteksi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, proteksi hubung singkat antar fasa , hubung singkat tiga fasa.
2. Proteksi gangguan bantalan motor
3. Proteksi gangguan lilitan.

e) *Proteksi bantalan motor*

Pada bagian-bagian motor yang terdapat bantalan yang gunanya untuk menahan kedudukan rotor motor di dalam stator. Jika suatu kerusakan pada bantalan tersebut menjadi arus yang mengakibatkan bergesernya posisi rotor terhadap stator pada saat motor beroperasi.

f) Proteksi gangguan antar lilitan stator

Pada gangguan antar lilitan yaitu, hubungan singkat antar lilitan-lilitan dari fasa atau lilitan paralel dari fasa yang sama dan mengakibatkan penurunan tegangan yang terinduksi dalam fasa tersebut, jadi ada perbedaan tegangan antara tegangan terminal dengan lilitan netral dari motor.

3.4.1. Kelebihan dan Kelemahan Belt Conveyor

A. Kelebihan Belt Conveyor

1. Mampu membawa beban berkapasitas besar.
2. Kecepatan sabuk dapat diatur untuk menetapkan jumlah material yang dipindahkan persatuan waktu.
3. Dapat beroperasi dalam arah/posisi yang miring tanpa membahayakan operator yang mengoperasikannya.
4. Memerlukan daya motor penggerak yang lebih kecil, sehingga menekan biaya operasinya.
5. Tidak mengganggu lingkungan dan ekosistem karena tingkat kebisingan dan polusi yang rendah.
6. Lebih ringan dari pada conveyor rantai maupun bucket conveyor.
7. Aliran pengangkutan berlangsung secara terus menerus.

B. Kelemahan Belt Conveyor

1. Sabuk sangat peka terhadap pengaruh luar, misalnya timbul kerusakan pada pinggir dan permukaan belt, sabuk bisa robek karena zat kimia yang terkandung didalam pupuk atau lepasnya sambungan sabuk.
2. Biaya perawatannya mahal.

3. Jalur pemindahan (transfer line). Karena untuk satu unit belt conveyer hanya bisa dipasang untuk jalur lurus.
4. Kemiringan/sudut inklinasi yang terbatas.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Motor

Motor yang digunakan untuk menggerakkan *Belt Conveyour* 22 di Banko Barat PT.

Bukit Asam, Tbk mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Data Teknis Motor :

Merk Motor	: SIEMENS
Massa	: 740 KG
Arus Motor	: 205 A
Tegangan Sumber (V)	: 380 V
Daya Masuk (P)	: 110 KW
Kecepatan Medan Putar Rotor (N_r)	: 1490 rpm
Cos π	: 0,89

4.2 Menentukan Arus Asut Pada Motor

Dalam menentukan arus start pada motor, harus diketahui terlebih dahulu sistem pengasutan apa yang dipakai motor. Dari data dapat dilihat bahwa daya motor sebesar 110 kW. Motor induksi menggunakan sistem pengoperasian langsung untuk menggerakkan motor.

Pada sistem pengoperasian langsung diasut dengan mempergunakan tegangan kerja motor yaitu sebesar 380 V, pengoperasian langsung membutuhkan arus asut (I_s) 5 sampai dengan 7 kali lipat dari arus nominal motor (I_n). dari persamaan berikut dapat ditentukan arus asutnya.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cos \varphi} = \frac{(110)(1000)}{\sqrt{3} \cdot (380) \cdot (0,89)}$$

$$= \frac{110000}{585,7624} = 187,789 = 187,79 \text{ A}$$

Sedangkan untuk harga I_s adalah sebagai berikut :

$$I_s = 7 \times (I_n) = 7 \times (187,79) = 1314,53 \text{ A}$$

Jadi arus asut yang dibutuhkan sebesar 1314,53 Ampere.

4.3 Menentukan Besarnya Arus Hubung Singkat

Dari data yang terlampir dapat dihitung besarnya arus hubung singkat pada motor, $I_0 = 187,79$ Ampere, maka diperoleh harga impedansi urutan nol (Z_0) dengan persamaan berikut :

$$Z_0 = \frac{V_0}{I_0} = \frac{380}{187,79} = 2,0235 = 2,024 \text{ Ohm}$$

Dengan demikian besar R_0 dapat dihitung dengan mengetahui harga daya beban nol (P_0) yaitu sebesar 110 kW = 110.000 Watt, maka persamaan yang dipakai adalah sebagai berikut :

$$R_0 = \frac{P_0}{(I_0)^2} = \frac{110000}{(187,79)^2} = \frac{110000}{35265,0841} = 3,119 \text{ Ohm}$$

Maka besarnya reaktansi juga dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$X = \frac{R_0 \cdot Z_0}{R_0 - Z_0} = \frac{(3,119) \cdot (2,024)}{3,119 - 2,024} = \frac{6,312856}{1,095} = 5,765 \text{ Ohm}$$

Sehingga, arus hubung singkat pada motor adalah :

$$I_{HS} = \frac{E_r}{X} = \frac{1 \angle 0}{5,765} = 0,1735 = 0,174 \text{ pu}$$

Kemudian untuk I dasar rangkaian :

$$I_{\text{dasar rangkaian}} = \frac{\text{dasar kVA}}{\text{tegangan dasar, kV}}$$

$$I_{\text{dasar rangkaian}} = \frac{1000}{0,38 \text{ kV}} = 2631,58 \text{ Ampere}$$

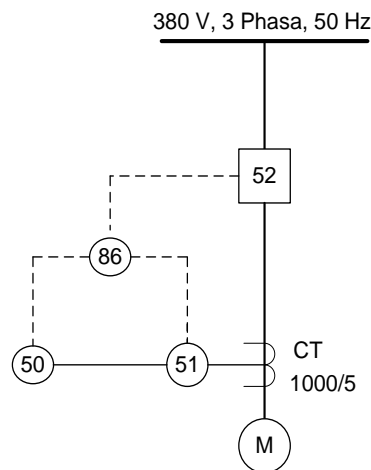
Maka arus hubung singkat dapat diperoleh :

$$I_{HS} = 2631,58 \times 0,174 = 457,89492 = 457,895 \text{ Ampere}$$

Jadi besarnya arus hubung singkat pada motor sebesar 457,895 Ampere.

Menurut ANSI.C. 37 . 13 – 1973 agar pemutus daya dapat menahan akibat arus hubungan singkat pada motor dan cukup aman, dikalikan dengan faktor multiplikasi yaitu sebesar 1,6. Jadi harga arus hubung singkat besarnya pemutus daya adalah sebagai berikut : $457,895 \times 1,6 = 732,632 \text{ Ampere}$.

4.4 Menentukan Rele Arus Lebih



Gambar 4.1. Rangkaian rele arus lebih

Arus asut 7 kali arus beban penuh selama 10 detik, maka setelan rele arus diatas waktu asut sehingga dalam proses pengasutan rele tidak bekerja.

Data motor adalah :

- Kapasitas Motor : 110 kW
- (t) Asut Motor : 10 detik
- (I) Asut Motor : 1314,53 Ampere
- Tegangan Motor : 380 V
- Rasio Trafo Arus : 1000/5

$$\text{Plug Setting Multiplier (PSM)} = \frac{I_{st} \times \frac{1}{CT}}{\text{Ampere}}$$

Dapat ditentukan waktu kerja rele diatas waktu start motor. Ampere tap yang diambil adalah 10, maka :

$$PSM = \frac{1314,53 \times \frac{5}{1000}}{10} = 0,657265 \approx 0,66 \text{ detik}$$

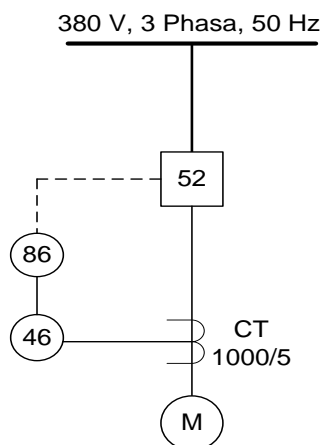
Untuk penyetelan arus lebih seketika pada CT 1000/5 arus hubung singkat motor yang diambil adalah $457,895/3 = 152,63$ Ampere (arus hubung singkat terendah).

Maksimum I_2 yang diambil adalah $1000/5 = 200$ Ampere

$$I_1 \text{ (arus pada saluran)} = 200/5 \times 1000 = 40000 \text{ ampere}$$

Jadi sebelum arus hubung singkat awal mencapai harga puncak yaitu 152,63 Ampere, rele arus lebih seketika sudah bekerja membuka pemutus daya.

4.5. Menentukan Rele Rangkaian Negatif



Gambar 4.2. Rele rangkaian negatif

Data motor adalah :

- Kapasitas Motor : 110000 Watt
- Tegangan Motor : 380 kV
- Rasio Trafo Arus : 1000/5

Arus beban penuh pada motor adalah :

$$I = \frac{110000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,89} = \frac{110000}{1,732 \times 338,2} = \frac{110000}{585,7624} = 187,79 \text{ A}$$

Arus sekunder pada trafo arus :

$$= 187,79 \times \frac{5}{1000} = 0,94 \text{ Ampere}$$

Tap arus operasi rele adalah : 0,5.1.1,5. 2. 2,5. 3. 3,5. 4. 4,5 . 5 Ampere.

Dan rele disetel pada tap arus yang mendekati nilai arus sekunder yaitu pada tap 1 ampere, adalah :

$$\frac{1}{0,94} \times 100 \% = 106,4 \% = 106 \%$$

Dari pernyataan $(I_2)^2 t = k$ dari harga k motor 30, maka lamanya waktu yang diizinkan untuk motor terhadap arus urutan negatif adalah sebesar :

$$(I_2)^2 \times t = k$$

$$(1,06)^2 \times t = 30$$

$$(1,1236) \times t = 30$$

$$t = \frac{30}{1,1236} = 26,69989 = 27 \text{ detik}$$

Supaya motor aman dari arus rangkaian negatif maka sebaiknya motor di setel waktunya kurang dari 27 detik.(PUIL 2000)

4.6. Menentukan Besarnya Sekring

a. Besarnya sekring adalah antara 175 % - 225 % dikalikan dengan arus beban penuh.

Untuk sekring yang menggunakan tanda waktu sama dengan standar PUIL 530 – 22, kita pilih dengan standar 220 % dikali arus beban penuh.

$$\frac{220}{100} \times 187,79 = 413,138 \text{ Ampere}$$

Jadi untuk standar *general electric* sekring dalam skala 413,138 Ampere.

Bila sakelar penghubung besarnya adalah 115 % dari arus beban penuh secara terus menerus :

$$\frac{115}{100} \times 187,79 = 215,9585 = 215,959 \text{ Ampere}$$

Jadi sakelar penghubung yang dipakai harus mempunyai besaran arus secara terus menerus sebesar 215,959 Ampere.

b. Untuk menentukan besarnya kontak magnet motor menurut standar Nec – 130 -110 - 1981, yaitu sebesar 130 % dari arus beban penuh motor.

$$\frac{130}{100} \times 187,79 = 244,127 \text{ Ampere}$$

Jadi kontak magnet yang dipilih adalah yang tahan terhadap arus sebesar 244,127 Ampere secara terus menerus.

Dari perhitungan yang telah dilakukan diperoleh hasil yang dituangkan dalam tabel berikut :

Tabel Hasil perhitungan setelan rele pada motor penggerak *Belt Conveyour* 22 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk.

Jenis Peralatan	Hasil Perhitungan (Ampere)
Sekring	413,138
Saklar Penghubung	215,959
Kontak Magnet	244,127
Rele Arus Lebih	234,738

BAB V

KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan diperoleh sebagai berikut :

1. Besarnya arus gangguan pada motor penggerak Belt Conveyour 22 di Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah sebesar 457,895 Ampere.
2. Setting rele yang dilakukan pada motor penggerak belt Conveyor 22 di Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah untuk sekring sebesar 413,138 Ampere, Saklar Penghubung sebesar 215,959 Ampere, Kontak Magnet sebesar 244,127 Ampere.
3. Sedangkan Rele Arus Lebih nya adalah sebesar 234,738 Ampere.

DAFTAR PUSTAKA

- Langsdorf, S. Alexander, *“Theory Of Alternating Current Machinery”*, Tata McGraw-Hill Publishing Company, Ltd. New York, 1974.
- Pertamina, *“ Dasar-dasar Sistem Kelistrikan Kilang”*, Bimbingan Fresh Intake Operator, PT. Surya Esa Perkasa , 2007
- Sobri Asrie, *“Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa 180 KW Sebagai Penggerak Pompa Distribusi (CP VI) Di PDAM Tirta Musi”*, jurusan Teknik Elektro Universitas Palembang, 2001.
- Surya Febriyanto., *“Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa 30 Kw Sebagai Penggerak Lpg Loading Pump”*, Skripsi, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang, 2021.
- Zuhal., *“Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya”* , PT . Gramedia. Jakarta 1992.
- , *“Operasi Pemeliharaan Mekanikal-Elektrikal”*, PDAM Tirta Musi Palembang, April 2003.
- , *“Komponen dan Sistem Proteksi Tenaga Listrik”*, Departemen Pendidikan Nasional, 2003.