

II. TEORI DASAR

1. MOTOR INDUKSI

Adalah jenis motor penggerak yang paling banyak digunakan di dalam proses industri karena mempunyai banyak keunggulan, khususnya jenis motor induksi sangkar bajing (squirrelcage) diantaranya :

- Harga lebih murah dibanding motor jenis lain dengan daya sama
- Perawatan lebih mudah
- Konstruksinya kuat
- Ukuran lebih kecil dibanding motor jenis lain
- Ada beberapa pilihan untuk *SinglePhase* atau *Polyphase*

Walaupun demikian motor induksi mempunyai kekurangan yaitu biasanya mempunyai karakteristik putaran kecil dibawah 3000 rpm.

1.1 Prinsip Kerja

Bila kumparan 3 fasa stator diberi tegangan 3 fasa maka akan timbul fluks yang besarnya konstan. Fluks yang timbul akan memotong permukaan rotor yang semula diam sehingga timbul tegangan induksi pada kumparan rotor (emf) dalam rangkaian tertutup sehingga arus mengalir dan timbul gaya. Rotor akan berputar searah dengan medan magnet putar tapi kecepatan rotor tidak akan sama dengan stator karena bila sama maka kecepatan relatif (N_r) = 0 sehingga rotor tidak akan terinduksi tegangan dan tidak ada arus yang mengalir lagi pada rotor akibatnya torsi tidak akan

timbul. Karena itu rotor selalu berputar pada $N_r < N_s$, akibatnya selalu timbul “*Slip*”.

Berarti slip adalah perbedaan antara kecepatan sinkron(N_s) dengan kecepatan sebenarnya(N_r). Besar slip tergantung dari besar kecilnya beban motor. Semakin besar beban maka slip makin besar. Bila slip bertambah maka torsi yang dihasilkan juga bertambah.

$$\text{Slip}(\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% \quad (2.1)'$$

$$f_r = \frac{N_s - N_r}{60} \times P \quad (2.2)^2$$

$$f_s = \frac{P \cdot N_s}{60} \quad (2.3)'$$

N_s : putaran kumparan medan stator, dalam rpm

N_r : putaran kumparan rotor, dalam rpm

P : jumlah pasangan pole

f_s : frekuensi stator, Hz

f_r : frekuensi rotor, Hz

s : slip

$$P_{inputmotor} = \sqrt{3} \cdot V_{L-L} \cdot I_{input} \cdot \cos \phi \quad (2.4)'$$

$$P_{outmotor} = \eta_{motor} \cdot P_{inputmotor} \quad (2.5)^5$$

1.2 Torsi Motor

Gaya yang dihasilkan oleh motor induksi standar disebut *Torsi*.

Gaya umumnya biasanya diwakili dengan kgf atau N pada gerakan linier.

¹ Mitsubishi, *Fatec Panduan Interiver*, hal. 4.

^{2,3} Ibid.

^{4,5} Ibid. hal. 46.

Namun pada kasus motor yang porosnya berputar menghasilkan gaya putar / Torsi yang diwakili dengan **kgf.m** atau N.m.

$$Torsi = 9550X \frac{P_{output}^{motor}}{N} \quad (2.6)^6$$

Torsi : Torsi, dalam N . m

Pout motor : Daya output motor yang ditetapkan , dalam kW

N : kecepatan stator yang ditetapkan, dalam rpm

$$\text{atau } Torsi = \frac{P_{output}^{motor}}{2\pi.N} \quad (2.7)'$$

Pout motor : dalam Watt

N : dalam rps

1.3 Starting Motor Induksi

Umumnya motor induksi menggunakan metoda starting “*Star*” karena metoda ini mampu menghasilkan arus (I) awal yang cukup besar sehingga otomatis torsi awal juga besar yang mampu menggerakkan motor. Metoda *star* ini memerlukan tegangan 3 fasa, tegangan tiap fasa 220 V supaya V fasa-fasa menjadi 380 V.

1.4 Pengaturan Kecepatan Motor Induksi

Pengaturan kecepatan motor induksi atau sering disebut *Speed Drive* dapat dilakukan dengan cara :

1. Merubah tegangan pada stator

⁶ Ibid., hal. 6.

⁷ Hosea. Emmy dan **Mok Sing**, Lie. *Panduan Praktikum Interferensi*. Surabaya: Laboratorium STL Jurusan Elektro Universitas Kristen Petra, hal 11

2. Merubah frekuensi input
3. Merubah jumlah pasang kutub
4. Pemberian tahanan pada kumparan rotor

Keuntungan merubah frekuensi input :

1. Putaran diatur dengan range lebih besar
2. Variasi putaran banyak
3. Arus start dapat diperkecil
4. Mudah diintegrasikan dengan rangkaian kontrol

2. POMPA

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk menaikkan cairan dari permukaan yang rendah ke permukaan atau memindahkan cairan **dari** tempat yang bertekanan rendah ke tempat yang bertekanan lebih tinggi. Pompa merupakan peralatan yang sudah menjadi standar dalam kehidupan sehari-hari, bahkan mungkin beberapa puluh tahun ke depan tetap menjadi pilihan utama dalam mengatasi kebutuhan akan debit air bersih yang cukup untuk dipakai dalam harian, seperti minum, mencuci baju, mandi, dan yang tidak boleh dilupakan yaitu sistem pembuangan limbah. Pada perkembangannya, pompa berkembang sangat pesat dimana pompa air mempunyai jenis yang beragam tapi pada dasarnya pompa yang sampai saat ini masih sering digunakan adalah jenis sentrifugal.

$$\eta_{pompa} = \frac{P_e}{P_{sh}} \times 100\% \quad (2.8)^8$$

$$\eta_e = \frac{\gamma \cdot Q_r \cdot H_e}{102} \quad (2.9)^9$$

P_e merupakan daya efektif pompa, P_{sh} adalah daya input poros pompa.

γ : massa jenis cairan, untuk air 1000 kg/m³

Q_r : debit pompa dalam m³/detik

H_e : tinggi efektif antara permukaan air tanki atas paling tinggi dan permukaan air tanki bawah paling rendah

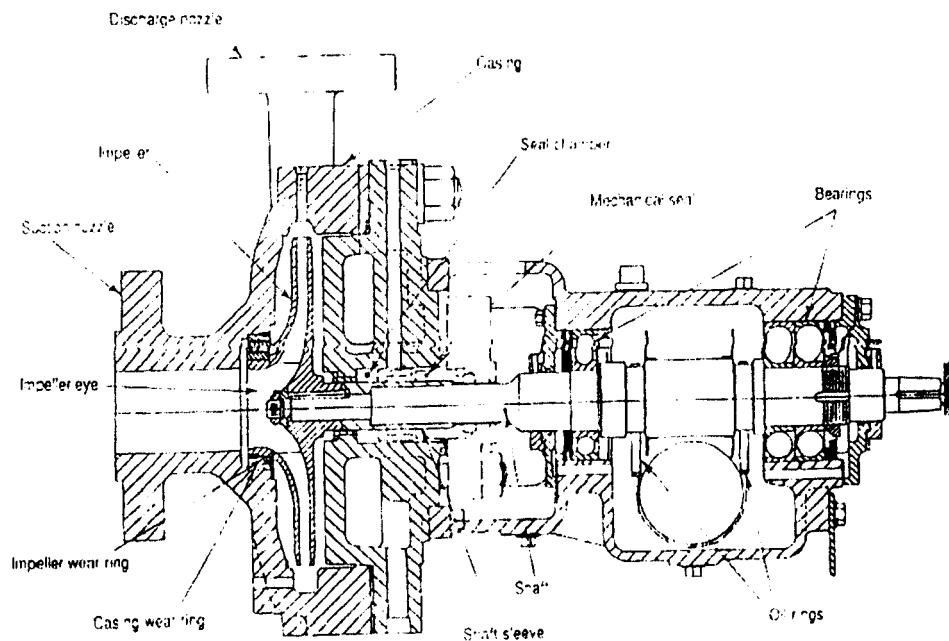


Figure 1.4 Nomenclature.

Gambar 2.1¹⁰

Pompa Sentrifugai

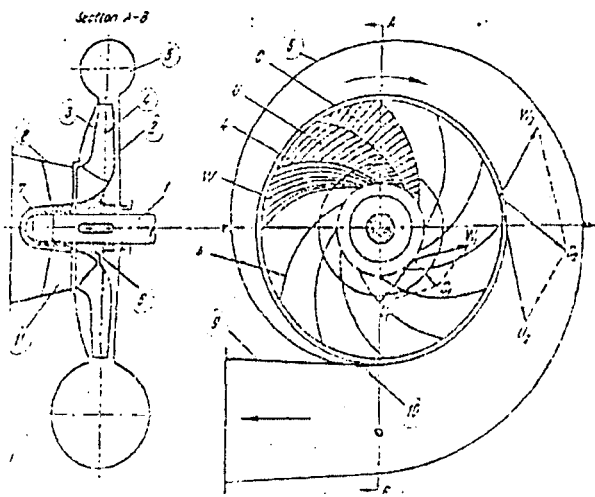
^{8,9} I Made Arya Djoni, *Pompa dan Compressor* Surabaya: Jurusan Teknik Mesin ITS, hal. 70.

¹⁰ Dufour, John W. dan Nelson, William E., *Centrifugal Pump Sourcebook* USA: McGraw-Hill, Inc., 1993, hal 12.

Keunggulan Pompa Sentrifugal :

1. Prinsip kerjanya sederhana yaitu menggunakan *impeller* atau sudu-sudu pada rumah pompanya, yaitu air yang masuk dari inlet didorong dengan putaran tinggi *impeller* ke outlet pompa
2. Pompa sentrifugal mempunyai jenis banyak, seperti jumlah sisi isap (*suction*) yang bermacam-macam ada yang *Single suction* dan ***Double suction***. Tentunya sisi isap semakin banyak maka debit air yang keluar semakin besar. Selain itu ada jenis poros Mendatar atau Tegak, umumnya pompa sentrifugal Mendatar untuk pompa dengan Head Isap rendah sedang Tegak untuk Head Isap tinggi
3. Konstruksi pompa sentrifugal cukup kuat dan mudah dalam perawatan karena bentuknya sederhana
4. Tersedia berbagai jenis pilihan kapasitas output debit air mulai dari yang kecil sampai besar dan variasi daya motor penggerak
5. Poros motor penggerak bisa langsung dikopel ke pompa ataupun lewat ***V-belt*** melalui puli

2.1 Prinsip Kerja



1. Poros
2. Shrouds
3. Shrouds
4. Sudu
5. Volute chamber
6. Impeller
7. Mur
8. Inlet
9. Outlet
10. Lidah
11. Guide vanes

Gambar 2.2''

Bagian Pompa dan Impeller

Pompa sentrifugal mempunyai rumah pompa berbentuk seperti keong (*volute chamber*) 5 yang didalamnya berisi *impeller* 6 yang porosnya dikopel ke poros motor penggerak 1. Cairan masuk dari *inlet* 8 kedalam *impeller*, didorong masuk ke *volute chamber* dan dialirkan keluar ke saluran discharge pompa 9. *Volute chamber* mempunyai tempat paling sempit disebut Lidah 10 yang berfungsi mengumpulkan cairan dari *impeller* dan merubah aliran dinamis menjadi statis pada prosentase tertentu. Pompa sentrifugal bekerja normal bila saat start, rumah pompa

¹¹ I Made Arya Djoni, op. cit., hal. 70

terisi penuh oleh cairan. Begitu *impeller* berputar, cairan diantara sudu *impeller* ikut berputar menerima gaya mekanis sudu dan mempunyai kecepatan keliling yang membangkitkan gaya sentrifugal pada cairan diantara sudu *impeller*, akibatnya timbul tekanan kuat pada diameter luar *impeller* dan cairan tersebut dengan kecepatan relatif akan keluar dari ***volute chamber*** dan diganti selanjutnya oleh cairan baru yang masuk dari ***inlet***.

2.2 Batas Kapasitas Pompa

Batas kapasitas pompa pada umumnya tergantung pada kondisi berikut ini :

- a. Berat dan ukuran terbesar yang dapat diangkut dari penjual ke tempat pemasangan
- b. Lokasi pemasangan pompa dan transportasinya
- c. Jenis penggerak dan cara mentransmisikan daya dari penggerak ke pompa
- d. Batasan besar perkakas **untuk** mengerjakan bagian-bagian pompa
- e. Batasan performansi pompa (seperti kavitasi, dan lain-lain)

Tabel 2.1¹²

Diameter isap dan cakupan kapasitas pompa volut kecil (satuan m³/menit)

Diameter isap (mm)		40	50	65	80	100	125	150
Q m ³ /min	50Hz	< 0.20	0.16-0.32	0.25-0.5	0.4-0.8	0.63- 1.25	1.0-2.0	1.6-3.15
	60Hz	< 0.22	0.16-0.36	0.28- 0.56	0.45- 0.9	0.71-1.4	1.12 – 2.24	1.8-3.55

2.3 Kecepatan Spesifik POMPA

Kecepatan spesifik didefinisikan sebagai revolusi putaran/menit dari *impeller* yang berputar jika debit output air 1 galon/menit untuk tiap Head pompa sebesar 1 foot. Kecepatan spesifik ini mempengaruhi bentuk *impeller*.

$$N_s = N \cdot \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \quad (2.10)^{13}$$

Ns : Kecepatan spesifik, dalam rpm

N : Putaran pompa, dalam rpm

Q : Kapasitas pompa (m³/min)

H : Head total pompa (m)

¹² Sularso dan Tahara, Haruo, *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1983, hal. 23.

¹³ Ibid.

2.3.1 HEAD ISAP POSITIF NETO / *NET POSITIF SUCTION HEAD(NPSH)*

Tekanan terendah dalam pompa biasanya terdapat di suatu titik dekat setelah sisi masuk sudu *impeller*. Di tempat tersebut, tekanan adalah lebih rendah dari tekanan pada lubang isap pompa.

Untuk mengetahui besar NPSH maka dibutuhkan rumus kecepatan spesifik. Perubahan Performansi pompa terhadap perubahan NPSH tergantung pada ns pompa yang bersangkutan. Pompa dengan ns rendah mempunyai kurva performansi yang cenderung menurun secara tiba-tiba di daerah kapasitas besar dimana NPSH menjadi kecil.

Dalam perencanaan pompa instalasi pompa, hal berikut ini harus diperhitungkan untuk menghindari kavitasi :

1. Ketinggian letak pompa terhadap permukaan zat cair yang dihisap harus dibuat serendah mungkin agar *head* isap statis menjadi rendah
2. Pipa isap dibuat sependek mungkin. Jika terpaksa dipakai pipa isap panjang maka sebaiknya diambil pipa dengan diameter satu nomor lebih besar untuk mengurangi kerugian gesek
3. Tidak dibenarkan untuk memperkecil laju aliran di sisi isap pompa
4. Jika pompa mempunyai **head** total berlebih, maka pompa akan bekerja dengan kapasitas aliran berlebih pula, sehingga kemungkinan terjadi kavitasi lebih besar

5. Bila **head** total pompa sangat berfluktuasi, maka pada head terendah harus diadakan pengamanan terhadap **kavitasi**

2.4 Penentuan Putaran dan Jenis Pompa

Hal yang harus diperhatikan adalah :

1. Putaran pompa

Jika akan dipakai motor listrik sebagai penggerak pompa, maka putaran dipilih dari putaran standar yang ada untuk motor semacam itu, yaitu frekuensi jala-jala listrik 50/60 Hz

2. Jenis Pompa

Dipilih poros mendatar atau tegak

Tabel 2.2

Perbandingan Poros Pompa

Hal yang dibandingkan	Jenis poros datar	Jenis poros tegak
Memancing sebelum start	Perlu	Tidak perlu
NPSH tersedia	Kecil	Besar
Luas ruang instalasi	Besar	Kecil
Tinggi rumah pompa	Rendah	Tinggi
Berat	Kecil	Besar

3. INVERTER

3.1 Prinsip Kerja

Inverter merupakan peralatan untuk merubah tegangan AC 3 fasa dengan frekuensi tertentu (dalam hal ini frekuensi dari PLN besarnya 50 Hz) menjadi tegangan DC yang diproses oleh rangkaian *switching* PWM supaya frekuensi konstan 50 Hz dapat dirubah sesuai kebutuhan, kemudian dirubah lagi menjadi tegangan AC 3 fasa dengan frekuensi output yang telah berubah-ubah.

Beban listrik dari inverter biasanya berupa motor AC atau induksi dimana motor ini digerakkan dengan kecepatan putar sesuai frekuensi input dengan range lebih lebar.

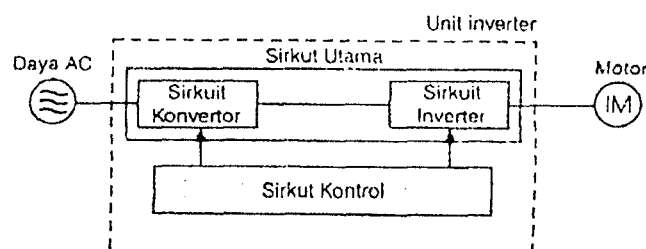
$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \quad (2.11)^{14}$$

dimana n : kecepatan putar

f : frekuensi (Hz)

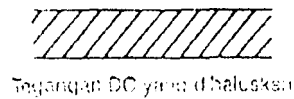
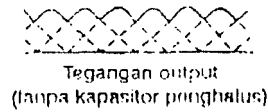
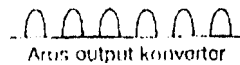
p : jumlah pasang pole motor

3.2 Arsitektur INVERTER



Gambar 2.3
Blok Diagram INVERTER

¹⁴ Mitsubishi, op. cit., hal. 3.



Gambar 2.5'''

Bentuk gelombang DC

- Sirkuit Inverter

Merupakan sirkuit yang dapat membuat arus output DC dari sirkuit konverter menjadi arus **AC** menggunakan prinsip *switching* transistor dengan mengatur frekuensi dari proses *switching* sesuai kebutuhan memakai metoda **Pulse Width Modulation** (PWM). Untuk rangkaian inverter sederhana dapat menggunakan **6** switch atau transistor biasa yang diatur hidup matinya, tapi untuk inverter modern menggunakan *IGBT* (*Insulated Gate Bipolar Transistor*).

- Sirkuit Kontrol

Merupakan sirkuit yang mengatur segala sesuatu mengenai data input maupun output yang dikeluarkan oleh unit Inverter dalam bentuk data komputer (data diolah dalam CPU dan disimpan

¹⁶ Ibid., hal. 27.

di memori) untuk ditampilkan dalam layar LCD supaya output yang dihasilkan olehnya sesuai dengan harapan, juga mengontrol fasilitas deteksi input maupun output demi proteksi terhadap hal yang tidak diinginkan.

3.3 Karakteristik INVERTER

Inverter mempunyai beberapa karakteristik yang harus dipahami :

1. Akselerasi dan Deselerasi

Pada saat motor di-start dengan inverter, ini berbeda dengan start biasa lewat daya PLN. Kita dapat mengatur besar frekuensi waktu pertama kali kita men-start motor maka otomatis torsi awal inverter maupun arus awal juga berubah dibandingkan bila start dengan daya PLN.

Biasanya torsi dan arus awal inverter lebih besar dari yang dihasilkan melalui daya PLN, untuk torsi awal biasanya inverter mempunyai ketahanan hingga lebih dari 100% untuk dapat memutar motor tergantung ketahanan kelebihan arus awalnya (**overcurrenttrip**) yang ditentukan oleh kelas dari inverter tersebut, misal inverter **50Hz** hanya dapat mentoleransi **oevrcurrent** hingga 150% saja, selebihnya maka pengaman arus akan hidup.

Untuk dapat menghasilkan torsi yang cukup dengan arus yang ditekan kecil, maka biasanya dipakai metoda **torque boost**.

Waktu Akselerasi motor selain dipengaruhi frekuensi juga dipengaruhi oleh slip karena besar beban. Untuk mengatasi efek

slip ini diperlukan penyetelan waktu akselerasi, pendek atau panjang tergantung beban supaya jangan sampai terjadi kelebihan arus. Jika setelan waktu akselerasi terlalu pendek, perbedaan antara frekuensi (**f**) dan kecepatan motor(N) menjadi besar sehingga slip dan arus menjadi besar.

Demikian juga pada waktu deselerasi, frekuensi output inverter dikurangi secara bertahap dengan memperhitungkan setelah waktu deselerasi. Selama proses deselerasi yang aman, kecepatan motor menjadi lebih tinggi dari kecepatan sinkron yang dihasilkan output inverter sehingga motor bertindak sebagai generator untuk mengembalikan tenaga ke inverter.

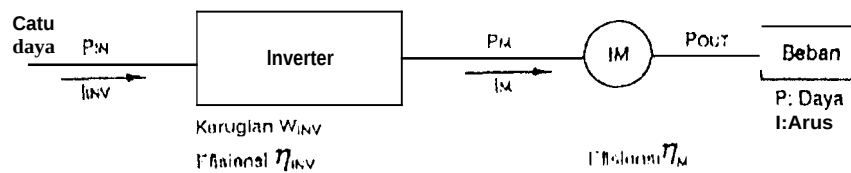
Tabel 2.3''

Hubungan antara Waktu(T) deselerasi dan Regenerasi

Kondisi waktu deselerasi	Keadaan motor	Slip motor
T deselerasi > T stop	Berjalan sebentar(motor)	3-5%
deselerasi < T stop	Regenerasi (generator)	Negatif

Sedangkan untuk menghentikan motor, arus basis transistor dimatikan sehingga motor meluncur berhenti perlahan.

2. Faktor Daya dan Efisiensi Inverter



Gambar 2.6¹⁸

Blok diagram Daya Sumber – Beban

$$Efisiensi_{inverter} = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\% \quad (2.12)^{19}$$

$$P_{input} inverter = \sqrt{3} V_{L-L} I_{input} \cos \phi \quad (2.13)^{20}$$

$$Faktordaya = \frac{P_{input} inverter}{\sqrt{3} \times (V_{catudaya} \times I_{input} inverter)} \quad (2.14)^{21}$$

3. Menimbulkan masalah Harmonisa maupun Noise

Rangkaian Konverter dapat menimbulkan efek harmonisa, biasanya pada frekuensi rendah kira-kira 30-50Hz, max 3 kHz disebabkan oleh adanya rangkaian penyearah.

Sedangkan Noise disebabkan oleh adanya sirkuit inverter yang biasanya terjadi pada frekuensi yang lebih tinggi, kira-kira beberapa puluh kHz dikarenakan adanya proses *switching* transistor dalam sirkuit inverter.

¹⁸ Ibid., hal. 45.

¹⁹ ²⁰ Ibid.

²¹ Ibid., hal. 46.

3.4 Teknik Kontrol INVERTER

Ada metoda kontrol Inverter, yaitu :

1. Kontrol V/f

Kontrol supaya perbandingan Tegangan V dengan frekuensi f diusahakan **sama** karena $V/f = \text{konstan} = I_{\text{dayamagnetis}}$, bila salah satu faktor mengalami perubahan harga maka akan mempengaruhi efisiensi inverter atau menambah panas motor.

Sedangkan untuk mengatasi torsi start yang membutuhkan arus lebih tinggi, maka dipakai teknik sondolan torsi sehingga otomatis tegangan awal sedikit naik



Gambar 2.7

Pola V/f pada motor dan Inverter

2. Kontrol Vektor fluks magnetis (*General purpose magnetic flux vector control*)

Merupakan teknik kontrol dengan menggunakan 2 variabel yaitu membagi arus output inverter menjadi 2, arus gugahan dan arus komponen torsi sebagai komponen sumbu y dan x dengan *arithmetic vector*.

3.5 *Pulse Width Modulation (PWM)*

Merupakan teknik umum dalam memodulasi, secara sederhana dapat dijelaskan sebagai berikut, sumber tegangan DC hasil keluaran dari *rectifier* dimodulasi dengan gelombang berbentuk seperti gigi gergaji atau bentuk lain menjadi gelombang tegangan **AC** berbentuk pulsa hidup mati yang bila dirata-rata menjadi berbentuk gelombang sinusoidal yang bisa diatur frekuensinya. Hal ini juga dipengaruhi oleh besar kecepatan *switching* Macam PWM berupa :

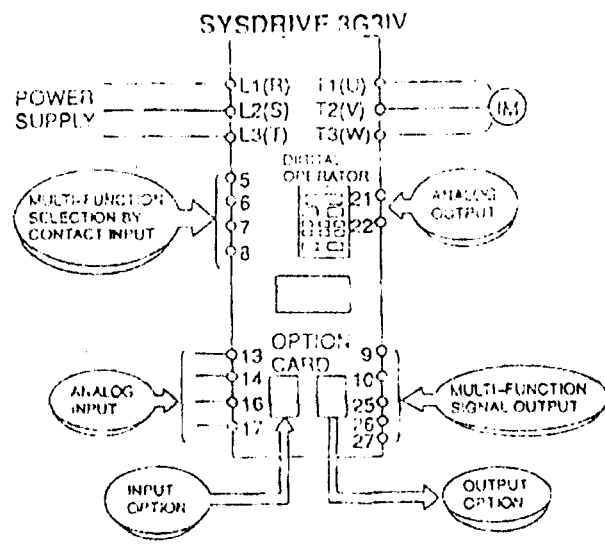
- Single **PWM**
- *Multiple PWM*
- **Sinusoidal PWM**

Output ideal yang diharapkan biasanya berupa gelombang Sinusoidal namun kondisi ini menghasilkan efek *Harmonisa*. Untuk mengurangi harmonisa digunakan model **Sinusoidal PWM** dimana saat rotor berputar, frekuensi putaran rotor tergantung pada perbedaan kecepatan medan putar rotor (sering disebut slip). Dengan PWM maka kita dapat mengatur arus pada gerbang *gate* IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) yang merupakan komponen penting dalam *switching* karena mampu menghasilkan frekuensi sampai 2 **kHz** dan umum digunakan dalam inverter modern karena :

- Kerugian daya kecil
- Kemampuan bekerja pada *switching* kecepatan tinggi dan arus besar

- Mudah dikontrol dalam rangkaian logic pemicu
- Dapat mengakomodasi tegangan suplai sampai 460 V

3.6. OMRON SYSDRIVE INVERTER



Gambar 2.8²²

OMRON SYSDRIVE Inverter

Omron Sysdrivec adalah merek dari sebagian Inverter yang terdapat dalam pasaran dimana alat ini menawarkan kelebihan-kelebihan seperti :

1. Mereduksi suara bising saat operasi, tidak seperti PWM inverter konvensional
2. Mempunyai Torsi besar saat *Low Speed* dengan teknologi *torque-boost* tapi perputarannya tetap *smooth*
3. Adanya *Digital Operator Panel* yang memudahkan operator untuk mengeset data maupun men-drive motor dan melihat data secara visual

²² OMRON, SYSDRIVE 3G31V *High-performance / Low Noise General Purpose Inverter*, hal 12.

4. Mempunyai kelengkapan pendukung seperti *analog input, analog output, multi step speed settings*, dan lain-lain
5. Mempunyai sistem pengamanan *overcurrent, overtorque, low voltage* dan lain-lain
6. Kompatibel dengan sistem lain seperti PC, PLC, dan *curd* lainnya
7. Mempunyai berbagai variasi tipe sesuai kapasitas beban

3.6.1 Spesifikasi

OMRON Sysdrive - General **Purpose Inverter**

Tipe	: 3G31V – A4015 – EV1
Daya	: 1.5 KW (2HP) 400 class inverter
Input	: AC 3 ph 380 – 460 V, 50/60 Hz, 5 A DC 510 – 620 V, 6.1 A
output	: AC 3 ph, 0 – 460 V, 3.4 kVA, 4.5 A

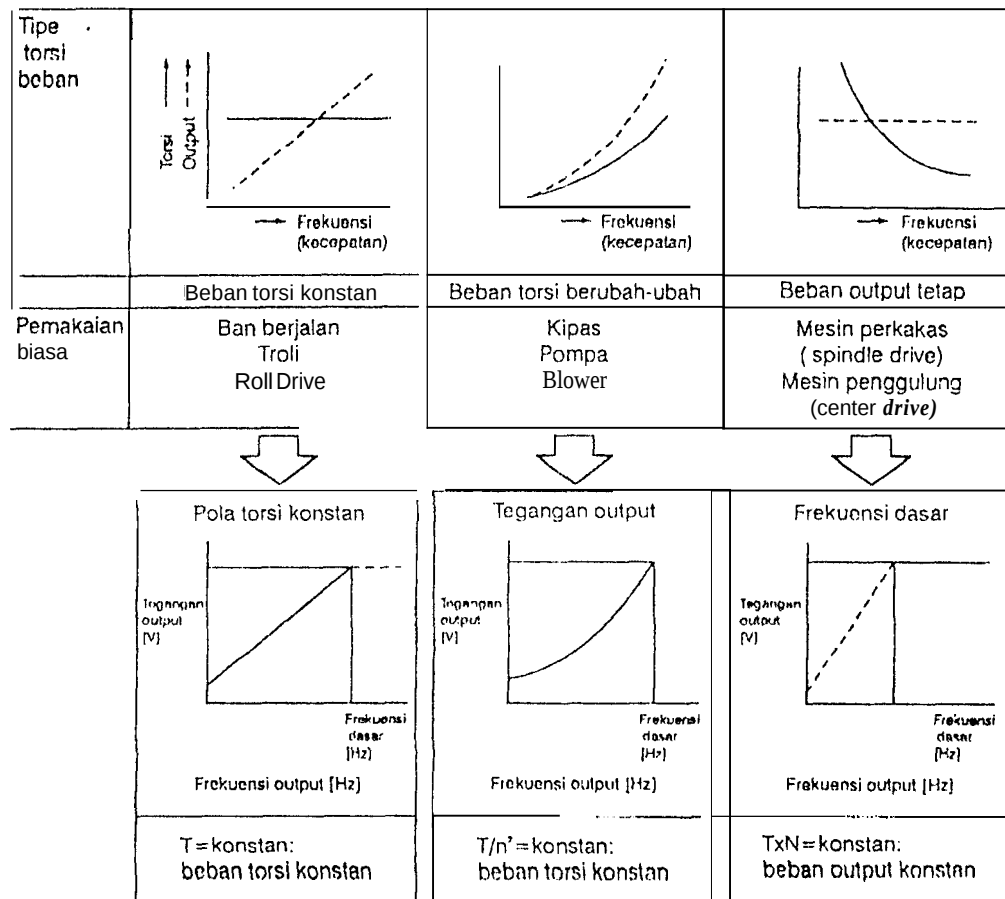
3.6.2 Parameter OMRON Sysdriver Inverter OMRON Sysdrive Inverter

mempunyai beberapa parameter yang tidak boleh diabaikan dalam pengoperasian secara umum, yaitu :

- Karakteristik V/f
- Metode Operasi

Karakteristik V/f:

1. f (frekuensi) output maksimal
2. V (tegangan) output Maksimal
3. Setting parameter V/f untuk torsi konstan atau variabel



Gambar 2.9²³

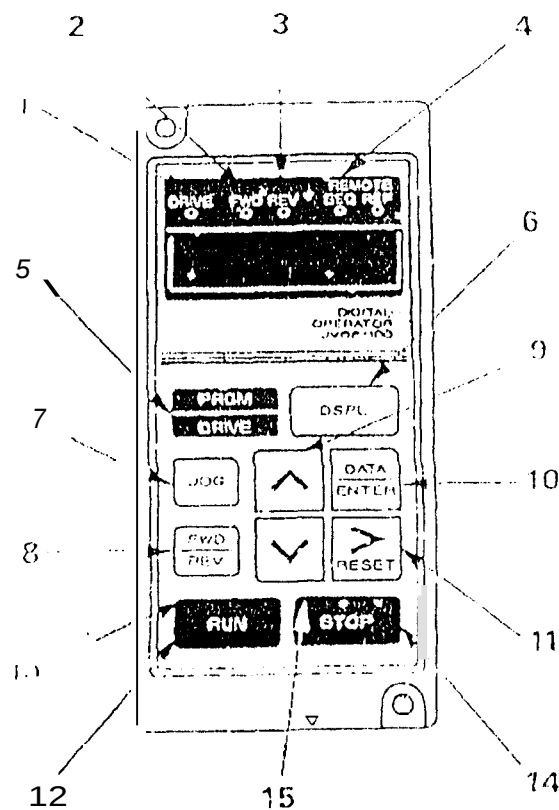
Grafik hubungan V/f dengan torsi

Metode Operasi :

1. Operasi *Sysdrive* langsung dari panel operator,
Drive/Program Mode
2. Prosedur **Start-Stop** melalui panel atau eksternal

²³ Mitsubishi, op. cit., hal. 16

3.6.3 DIGITAL OPERATOR PANEL



Keterangan :

1. Drive/Program Mode Led
2. Forward Mode Led
3. Reverse Mode Led
4. Sequence/Reference Led
5. Mode Selection key
6. Display key
7. Jog key
8. Forward/Rev key
9. Numerical change key
10. Read/Write key
11. Digit Selection/Reset
12. Run key
13. Run Led
14. Stop key
15. Stop Led

Gambar 2.10²⁴

Digital Operator Panel

Digital Operator Functions dapat digunakan untuk mengoperasikan inverter secara langsung dengan menggunakan *DRIVE MODE*, selain itu dapat digunakan *PRGRM (Program) MODE* untuk perubahan seting *default* pabrik.

Yang perlu diperhatikan adalah pada saat kita memilih kedua jenis *MODE* ini inverter harus dalam keadaan *STOP*.

²⁴ Hosea, Emmy dan Hok Sing, Lie, op. cit , hal 1

OMRON Sysdrive juga menyediakan fasilitas DSPL (*Display*) yang amat membantu karena kita dapat melihat secara visual angka parameter seting yang akan kita rubah seperti angka An, bn, Sn, dan Cn yang nanti akan kita bahas pada waktu inverter dalam keadaan *STOP* untuk PGRM **MODE** sedangkan pada waktu inverter dalam keadaan RUN **maka** tombol DSPL yang kita tekan dapat menampilkan angka bantu seperti frekuensi output dan arus.

Untuk PRGRM *MODE* terdapat **4** macam tampilan yang merupakan suatu nilai konstanta, dan untuk *DRIVE MODE* terdapat 7 macam tampilan yang merupakan data output inverter, maupun tampilan konstanta yang dapat dirubah.

- An – [][] : untuk pengesetan frekuensi referensi
- Bn – [][] : konstanta yang dirubah selama inverter dalam kondisi *RUN*
- Cn – [][] : konstanta kontrol dan berhubungan dengan karakteristik
- Sn – [][] : konstanta pemilihan fungsi

4. PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)

PLC merupakan suatu peralatan kontrol industri otomatis yang mampu mengontrol peralatan lain sesuai kebutuhan kita dan mampu menerima serta merespon umpan balik (*feedback*) dari peralatan tersebut apakah sudah dikontrol dengan baik, baik feedback dari sensor, switch, ataupun *contact input* lainnya. Pada perkembangannya, PLC telah menjadi salah satu kebutuhan

pokok dalam industri besar maupun menengah yang mampu menggantikan fungsi manusia selaku operator mesin listrik sehingga proses produksi industri dapat berjalan lebih maksimal dan kesalahan produksi dapat dikurangi. Selain itu PLC dapat dimodifikasi dengan cepat untuk kondisi baru sehingga mengurangi pemasangan ulang kabel.

4.1 Struktur PLC

Struktur PLC dibagi menjadi 4 komponen :

1. *Interface Input*

Sinyal input biasanya menggunakan 24 VDC

2. *Interface Output*

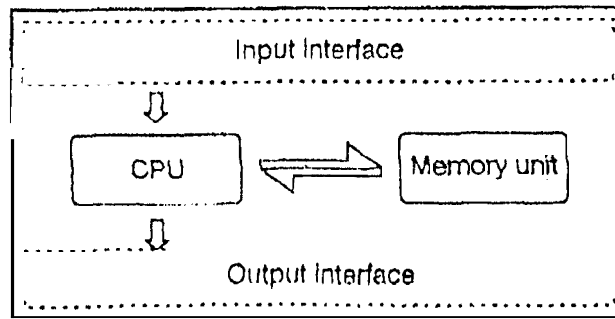
Sinyal output tergantung pada switch yang ada, untuk *Relay* biasanya 250 VAC / 30 VDC

3. *Central Processing Unit(CPU)*

Seperti halnya PC, CPU merupakan otak PLC

4. *Memory*

Tempat penyimpanan data, bisa berupa *RAM(Random Access Memory)*, *ROM(Read Only Memory)*, atau *EPROM(Erasable Programmable Read Only Memory)*



Gambar 2.11

Struktur PLC

4.2 Prinsip Kerja

Prinsip kerja PLC secara sederhana dapat diterangkan dalam 3 langkah :

1. SIGNAL INPUT

Merupakan proses dimana PLC mendapat input data dari contact input atau sensor pada peralatan yang akan dikontrol baik berupa *Normally Open(NO)* ataupun *Normally Close(NC)*. Input data ini akan dimasukkan ke *address memory* PLC.

2. DATA PROCESSING

Merupakan proses pemrosesan data input di CPU dimana jenis input ini akan menentukan jenis output yang akan dikeluarkan oleh PLC sesuai dengan program *LADDER* yang telah ada dan melalui *address* apa akan dikeluarkan.

3. **SIGNAL OUTPUT**

Merupakan proses dimana PLC mengeluarkan output berupa sinyal, bisa berupa langsung menggerakkan relay atau perintah lainnya seperti *TIMER* atau *COUNTER* sehingga peralatan dapat *RUN* atau **STOP** sesuai kebutuhan

4.3 OMRON **SYSMAC C28P**

Omron *System* PLC merupakan suatu jenis PLC yang menawarkan kemudahan dalam pemakaian karena :

1. Mempunyai pilihan tipe banyak sehingga kita mempunyai banyak pilihan sesuai kebutuhan dan aplikasi
2. Sistem pemrograman cukup mudah dengan program LSS ataupun dengan *Programming Console* yang bahasanya cukup mudah dipelajari
3. Kompatibel dengan peralatan pendukung lainnya seperti PC, inverter, *Cassette*, dan sistem SCADA
4. Terdapat fasilitas Monitor apakah program kita sudah berjalan dengan baik melalui lampu LED di sisi input maupun sisi output PLC

4.3.1 Spesifikasi OMRON Sysmac C28P

Tabel 2.4²⁵

Spesifikasi Omron Sysmac C28P

Power Supply	Input	output	Memory
24 VDC	16 buah, 24 VDC input, 2 Common. 14 input – 1 COM 2 input-HiSpeed – 1 COM	12 relay output dengan soket, 6 Common. 4 output – tiap output punya 1 COM 8 output – tiap 4 output punya 1 COM	RAM dan EEPROM

4.3.2 Instruksi Ladder Diagram PLC memerlukan instruksi *Ladder Diagram* untuk menjalankan keperluan aplikasi kita. Karena itu PLC menyediakan slot *memory internal* dalam CPU PLC, bisa berupa RAM dan EEPROM. RAM tentunya menyimpan data sementara, bila PLC *Off* maka data tersebut dapat hilang. Tapi dengan adanya EEPROM maka data dapat disimpan secara paten. Data EEPROM bisa terhapus bila kita menumpuki dengan *Ladder Diagram* yang baru. *Ladder Diagram* ini dapat kita buat melalui PC dengan software *LSS(Ladder Support Software)* *under* DOS ataupun dengan *Programming Console* yang dipasang di Slot Eksternal dari Omron Sysmac sesuai dengan tipe PLC kita. Untuk PLC Omron Sysmac C28P, harus digunakan konsol PLC bermerek OMRON

²⁵ OMRON, *Sysmac H Series Programmable Controller*, hal. 263.

jenis PRO 15 dimana setiap instruksi dasar sudah tersedia melalui tombol-tombol yang mudah digunakan dan hasilnya bisa kita lihat di layar LCD konsol.

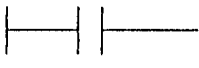
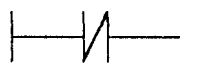
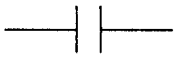
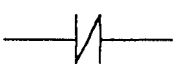
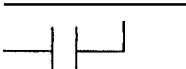
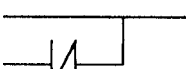
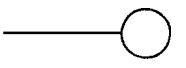
Tabel 2.5

Keuntungan dan kerugian Media Pemrograman

Jenis Media Pemrograman	Keuntungan dan kerugian
PC lewat program LSS	○ Dapat dikontrol lewat PC waktu program dieksekusi ○ Tidak memerlukan PC canggih karena under DOS ○ Ladder diagram dapat kita lihat secara Visual dan dapat di-print ○ Kurang praktis karena PLC kita menjadi susah dibawa bila terhubung PC
Programming Console	○ Praktis dan PLC mudah dibawa kemana saja karena konsol menempel pada PLC ○ Waktu pembuatan program relatif singkat daripada dengan LSS ○ Program dapat kita Monitor ○ Ladder Diagram tidak dapat di-print dan hanya terlihat secara text di LCD konsol

Tabel2.6

Instruksi Dasar LADDER Diagram

Nama Mnemonic	Simbol	Data Area	Keterangan
Load LD		Bit : IR, SR, AR, HR, TC, LR, TR	Kontak Normally Open(NO)
Load Not LD NOT		Bit : IR, SR, AR, HR, TC, LR	Kontak Normally Close(NC)
And AND		Bit : IR, SR, AR, HR, TC, LR	Kontak NO seri yang harus didahului kontak lain
And Not AND NOT		Bit : IR, SR, AR, HR, TC, LR	Kontak NC seri yang harus didahului kontak lain
Or OR		Bit : IR, SR, AR, HR, TC, LR	Kontak NO paralel, muncul di bawah kontak lain
Or Not OR NOT		Bit : IR, SR, AR, HR, TC, LR	Kontak NC paralel, muncul di bawah kontak lain
output OUT		Bit : IR, SR, AR, HR, TC, LR	Coil out eksekusi ON setelah kontak dijalankan
Output Not OUT NOT		Bit : IR, SR, AR, HR, TC, LR	Coil out eksekusi OFF setelah kontak dijalankan

Keterangan tambahan :

- **IR** (*Internal Relay*)
adalah I/O terminal
- **SR** (*Special Relay*)
sebagai bit Flag
- **TR** (*Temporary Relay*)
sebagai penyimpan sementara kondisi *On Off*
- **HR** (*Holding Relay*)
Relay yang menahan kondisi tetap On/Off walau suplai PLC mati
ketika operasi *Start/Stop*
- **AR** (*Auxilliary Relay*)
Sebagai bit *Flag*
- **TC** (*Timer Counter*)
Untuk manajemen Timer/Counter bila ada instruksi TIM dan CNT
- **LR** (*Link Relay*)
Dapat digunakan sebagai *share data* bila PLC *di-link ke* PLC lain