

Penggunaan Converter Frekuensi Untuk Mengatur Putaran Motor Induksi

Hermansyah Alam, Mahrizal Masri, Armansyah

Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UISU

hermansyah.alam@ft.uisu.ac.id; mahrizal@ft.uisu.ac.id; armansyah@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Frekuensi jala-jala tenaga listrik yang digunakan di Indonesia yaitu 50 Hz, pada frekuensi ini jika daya dihubungkan langsung pada kumparan stator motor induksi 4 kutub, maka putaran sinkron motor adalah 1500 rpm. Mengingat perlunya pengaturan putaran motor untuk suatu keperluan tertentu maka salah satu cara yang digunakan adalah dengan menggunakan rangkaian perubah frekuensi yang terlebih dahulu melalui tahap penyearah. Prinsip operasinya : terlebih dahulu supply daya 3 fasa 50 Hz dari jala-jala disearahkan melalui penyearah tiga fasa terkendali. Arus searah yang telah diratakan tersebut diubah kembali menjadi bentuk daya bolak balik melalui rangkaian inverter jembatan 3 fasa. Daya dengan frekuensi yang variable diperoleh dengan cara memperlambat atau mempercepat periode pulsa yang memicu SCR yang diatur melalui rangkaian pengontrol penyalan gate. Pengaturan frekuensi dapat dilakukan dengan menggunakan konverter frekuensi dimana arus bolak balik diubah terlebih dahulu menjadi arus searah dan pada bagian akhir dari proses diubah kembali menjadi arus bolak-balik dengan fekuensi yang dapat diatur. Dalam pengaturan putaran motor induksi dengan mengatur frekuensi ini harus diikuti dengan pengaturan tegangan, hal ini dimaksudkan agar fluksi yang dihasilkan mempunyai harga konstan, pengaturan fekuensi dan pengaturan tegangan yang sebanding ini maka pada pengaturan penyalan inverter digunakan sistem pengaturan modulasi lebar pulsa (Pulsa Width Modulation). Sistem ini bekerja mengatur lebar pulsa sebagai penyalan inverter untuk setiap setengah siklus gelombang sinus. Banyaknya pulsa yang dihasilkan tiap setengah gelombang sinus menentukan besarnya frekuensi dan tegangan output yang dihasilkan inverter. Jadi dengan mengatur lebar pulsa untuk penyalan inverer, frekuensi dan tegangan dapat diatur sekaligus dan akan membangkitkan besar fluksi yang konstan pada celah udara.

Kata Kunci : Converter, Frekuensi, Putaran, Motor Induksi, Tegangan

I. PENDAHULUAN

Penggunaan motor induksi cukup luas, baik di dunia industri maupun rumah tangga. Motor induksi merupakan mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa putaran. Suplay utama energi listrik pada umumnya diperoleh langsung dari sumber pembangkit AC (PLN) dan sebagai salah satu langkah alternatif untuk mendapatkan sumber energi listrik AC dapat diperoleh melalui converter.

Converter banyak digunakan pada perindustrian, misalnya pada motor yang kecepatannya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan dan masih banyak lagi sistem yang memanfaatkan converter pada saat sekarang ini.

Converter adalah suatu alat yang mengubah sumber energi listrik AC menjadi sumber DC dan pada akhir proses dari alat ini smber DC tersebut akan diubah kembali menjadi Sumber AC , fungsi dari converter ini adalah untuk menghasilkan tegangan keluaran AC yang simetris. Frekuensi yang dihasilkan oleh converter sedemikian rupa sehingga perubahan frekuensi arus bolak – balik ini tertentu oleh pulsa yang memicu Thyristor. Dengan mengatur perubahan frekuensi, maka sesuai dengan hubungan antara frekuensi dan putaran maka kecepatan putaran motor dapat diatur.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mempelajari aplikasi converter pada motor induksi yang memberikan berbagai macam keuntungan dan kemudahan dalam pemakaiannya, dan juga mempelajari cara kerja dari rangkaian converter dalam sistem penggerak AC untuk memberikan daya dengan frekuensi dan tegangan yang dapat diatur pada motor AC. Pengaturan frekuensi bertujuan untuk mengatur putaran motor induksi, kecepatan putaran motor induksi ini menentukan besarnya hasil produksi yang dihasilkan oleh mesin produksi pada PT. Health Care Glovindo.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Induksi

Motor induksi merupakan suatu motor yang dicatu oleh arus bolak-balik pada statornya secara langsung dan pada rotornya dengan imbas atau induksi dari stator. Jadi motor induksi adalah motor arus bolak balik yang prinsip kerjanya berdasarkan induksi elektromagnetik. Motor induksi tiga fasa banyak digunakan dikalangan industri, ini berkaitan dengan beberapa keuntungan dan kerugian yang dimilikinya.

Keuntungan diantaranya adalah :

- Sangat sederhana dan daya tahan kuat (konstruksinya jarang mengalami kerusakan).

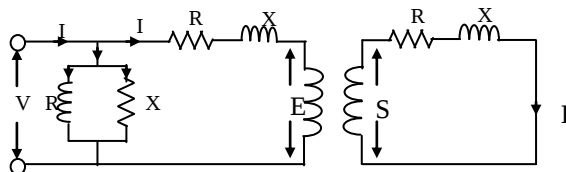
- Harga relatif murah dan perawatannya mudah.
- Efisiensi tinggi. Pada kondisi berputaran normal, tidak dibutuhkan sikat dan karenanya rugi daya yang diakibatkan dapat dikurangi.
- Tidak memerlukan starting tambahan dan tidak harus sinkron.

Sedangkan kerugiannya antara lain :

- Kecepatan tidak dapat berubah tanpa mengalami kerugian efisiensi.
- Tidak seperti motor DC atau motor shunt, kecepatannya menurun seiring dengan pertambahan beban.
- Kopel awal mutunya rendah dibanding dengan motor DC shunt.

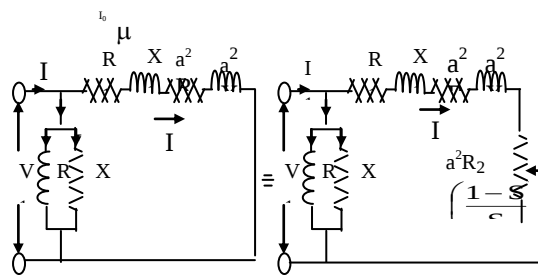
2.2 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi

Kerja motor induksi seperti juga kerja transformator adalah berdasarkan prinsip kerja induksi magnetik. Oleh karena itu motor induksi dapat dianggap sebagai transformator dengan rangkaian sekunder yang berputar. Sehingga rangkaian motor induksi dapat dilukiskan seperti Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian ekuivalen motor induksi

Sedangkan rangkaian ekuivalen motor induksi ditinjau dari sisi rotor dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian motor induksi ditinjau dari sisi rotor.

2.3 Putaran Motor Induksi

Motor induksi pada umumnya berputar dengan kecepatan konstan, mendekati kecepatan sinkronnya. Meskipun demikian, pada penggunaan tertentu dikehendaki juga adanya pengaturan kecepatan putarannya.

Berdasarkan persamaan $n_s = \frac{120.f}{p}$, maka

pengaturan putaran motor ini dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain yaitu:

1. Mengubah jumlah kutub motor.
2. Mengubah frekuensi jala – jalanya.
3. Mengatur tegangan jala – jalanya.

2.4 Mengubah Jumlah Kutub Motor

Karena $n_s = \frac{120.f}{p}$, perubahan jumlah kutub

(p) atau frekuensi akan mempengaruhi putaran. Jumlah kutub dapat diubah dengan merencanakan kumparan stator sedemikian rupa, sehingga dapat menerima tegangan masuk pada posisi kumparan yang berbeda – beda. Biasanya diperoleh dua perubahan kecepatan sinkron dengan mengubah jumlah kutub dari 2 menjadi 4.

Sehingga jika kutub dikurangi, maka kecepatan motor akan bertambah. Demikian juga sebaliknya apabila jumlah kutub ditambah maka kecepatan motor akan menurun.

2.5 Mengubah Frekuensi Jala–Jala

Sebuah cara yang baik untuk mengontrol kecepatan motor adalah dengan merubah frekuensi supply ke stator. Dalam metode ini sangat penting memberikan atau menyediakan sumber yang terpisah yang mana frekuensi dan tegangan dapat diatur secara terpisah.

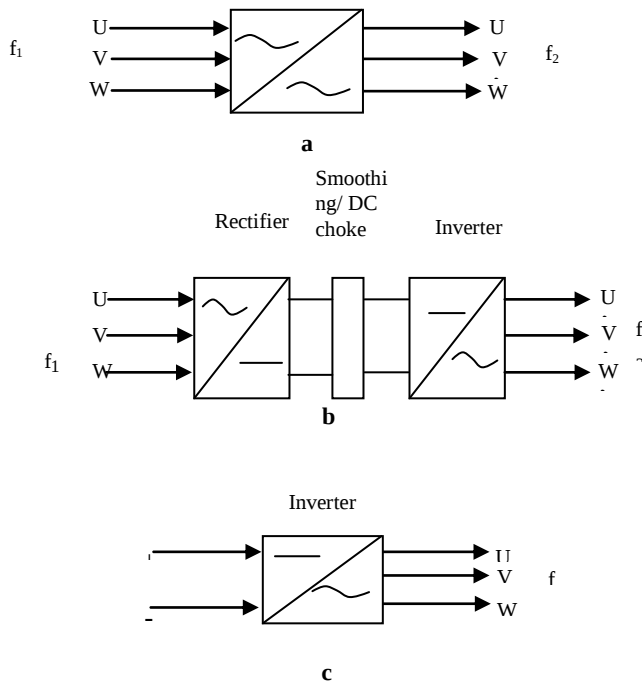
Pemakaian perubahan frekuensi untuk memperoleh pengaturan kecepatan dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain :

- a Dengan mengubah frekuensi langsung yang dapat mengubah daya AC pada satu frekuensi ke daya AC pada frekuensi lainnya melalui konversi AC – AC tanpa melalui hubungan konversi (Cycloconverter).
- b Dengan merubah arus bolak balik melalui tahap arus searah., kemudian diubah kembali menjadi tegangan arus bolak-balik (dc-link konverter).
- c Dengan merubah langsung arus searah menjadi arus bolak-balik (inverter).

Pengaturan frekuensi dapat dilakukan dengan menggunakan sebuah cyclo converter. Sebagaimana terlihat pada gambar 2.7.a dibawah ini. Dalam hal ini suatu sistem arus putar U, V, W dengan frekuensi f_1 diubah oleh cyclokonverter langsung menjadi arus putar U',V',W' dengan frekuensi f_2 .

Sedangkan dengan cara lain adalah dengan menggunakan arus searah sebagai langkah antara, sebagaimana terlihat pada Gambar 3.b. Dengan cara ini suatu sistem arus putar U, V, W dengan frekuensi f_1 diubah oleh penyerah menjadi arus searah untuk kemudian diubah kembali melalui inverter menjadi arus bolak balik dan menjadi arus putar U',V',W' dengan frekuensi f_2 .

Gambar 3.c memperlihatkan suatu skema dari suatu cara yang merubah arus searah menjadi sistem arus putar U', V', W' dengan frekuensi f. Pada dasarnya cara ini merupakan bagian akhir dari cara Gambar 3.b.



Gambar 3. Skema perubahan frekuensi

2.6 Konverter Frequency

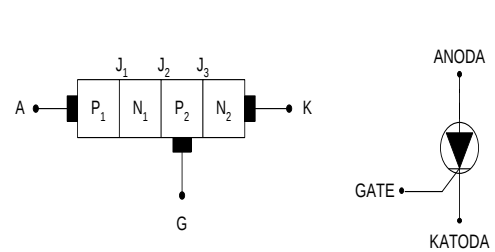
Perubahan frekuensi daya yang diberikan pada kumparan stator dalam hal ini bertujuan untuk pengaturan putaran motor induksi 3 fasa. Pengaturannya dilakukan dengan cara membuat frekuensi yang variabel melalui suatu pengubah frekuensi statis. Adapun cara atau sistem yang dilakukan yaitu dengan mengkonversikan daya arus bolak balik kedalam arus searah yang kemudian menjadi daya bolak balik kembali. Rangkaian dan komponen utama dari rangkaian tersebut akan dijelaskan dibawah ini.

2.7 Silicon Controlled Rectifier (SCR)

Silicon controlled rectifier (SCR) dikenal juga dengan sebutan thyristor yaitu sebuah bahan semikonduktor 4 lapis yang menggunakan umpan balik dalam (internal) untuk mendapatkan perilaku penahanan (latching)

SCR adalah salah satu dari sekian banyak komponen elektronika daya yang banyak digunakan sebagai piranti pengatur kecepatan putaran rotor. SCR dalam pembahasan ini merupakan komponen semikonduktor daya utama yang terdapat dalam dalam rangkaian konverter statis khususnya dalam membangkitkan daya dengan frekuensi yang variabel. Dimana SCR ini tersusun membentuk satu piranti yang menjadi satu kesatuan dalam rangkaian yang disebut sebagai rangkaian konverter frekuensi .

Seperti yang tersebut di atas, bahwa SCR merupakan peralatan semikonduktor silikon yang terdiri dari empat lapisan $P_1 - N_1 - P_2 - N_2$ dan tiga sambungan J_1, J_2 dan J_3 . Lapisan P_1 dihubungkan dengan terminal anoda (A) dan lapisan N_2 dihubungkan dengan terminal katoda (K) dan terminal ketiga merupakan gerbang (G). Seperti yang terlihat pada gambar berikut (Gambar 4).



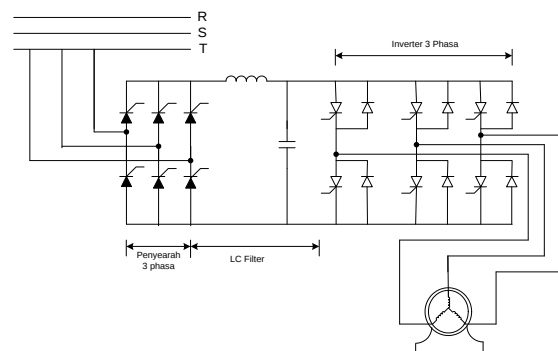
Gambar 4. Bagan dan lambang SCR atau thyristor

SCR ataupun thyristor akan bekerja atau konduksi bila anoda lebih positif daripada katoda dan gerbang (gate) diberi tegangan pemicu ataupun dengan cara penyalaan (proses penyalaan). Dengan demikian arus akan mengalir dari anoda ke katoda . Pada kondisi ini sambungan J_1 dan J_3 dalam keadaan maju (panjangan maju) dan SCR akan menghantarkan arus. Jika arus gate dipadamkan maka SCR akan padam (turn-off). Mengenai proses pemecutan dan penyalaan serta proses pemadaman dengan menurunkan tegangan catu dibawah arus holding (arus genggam SCR) dan pemadaman dengan pemecutan pra-tegangan balik akan dijelaskan selanjutnya.

III. PEMBAHASAN

3.1 Rangkaian Sistem

Rangkaian sstem pengaturan frekuensi dalam mengatur putaran motor mulai dari sumber daya bolak balik sampai ke motor dapat dilihat pada Gambar 5. Dalam proses ini terjadi perubahan daya bolak balik dengan frekuensi f_0 sampai daya keluaran bolak balik dengan fekuensi f_n yang terlebih dahulu melalui penyerah kemudian filter dan terakhir inverter yang keluaran frekuensinya dapat diatur



Gambar 5. Diagram dasar Converter Frekuensi

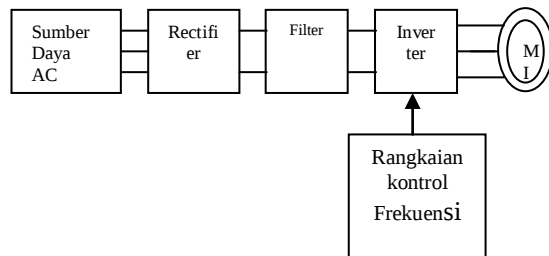
3.2 Prinsip Operasi Konverter Frekuensi

Frekuensi jala-jala tenaga listrik yang digunakan di Indonesia yaitu 50 Hz, pada frekuensi ini jika daya dihubungkan langsung pada kumparan stator motor induksi 4 kutub dan dengan menggunakan persamaan $n_s = \frac{120 \cdot f}{p}$, maka putaran sinkron motor adalah 1500 rpm. Mengingat perlunya pengaturan putaran motor untuk suatu keperluan tertentu maka salah satu cara yang digunakan adalah dengan menggunakan

rangkaian perubah frekuensi yang terlebih dahulu melalui tahap penyearah.

Prinsip operasinya : terlebih dahulu supply daya 3 fasa 50 Hz dari jala-jala disearahkan melalui penyearah tiga fasa terkendali. Output tegangan penyearah ini masih terdapat ripple maka bentuk gelombang arusnya perlu lebih diratakan lagi untuk mengurangi factor ripple yang terjadi, hal ini dilakukan dengan menggunakan suatu rangkaian filter dalam hal ini yaitu LC filter.

Arus searah yang telah diratakan tersebut diubah kembali menjadi bentuk daya bolak balik melalui rangkaian inverter jembatan 3 fasa. Daya dengan frekuensi yang variable diperoleh dengan cara memperlambat atau mempercepat perioda pulsa yang memicu SCR yang diatur melalui rangkaian pengontrol penyalan gate.

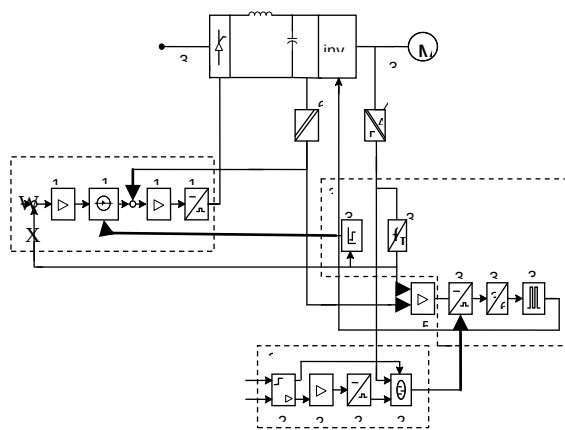


Gambar 6. Blok diagram pengoperasian Konverter

3.3 Kontrol Dan Pengaturan

Regulator terdiri dari kontrol kecepatan dan disampingnya terdapat kontrol arus. Kontrol kecepatan disupply oleh nilai referensi dengan nilai tetap (W_N) dan nilai kontrol (X_N) pada titik penjumlahan A. Nilai kontrol X_N dibentuk dengan menkonversikan frekuensi sinyal digital detektor tegangan motor kedalam nilai analog pada konverter frekuensi tegangan. keluaran dari kontrol kecepatan adalah nilai yang dipakai sebagai referensi untuk kontrol arus. Konverter kebanyakan beroperasi pada beban penuh unruk mencapai kecepatan yang diperlukan dengan waktu yang sesingkat mungkin.

Blok diagram yang digambarkan pada Gambar 7 mengilustrasikan kontruksi rangkaian pengaturan dari konverter.



Gambar 7. Rangkaian Kontrol Konverter

3.4 Analisa

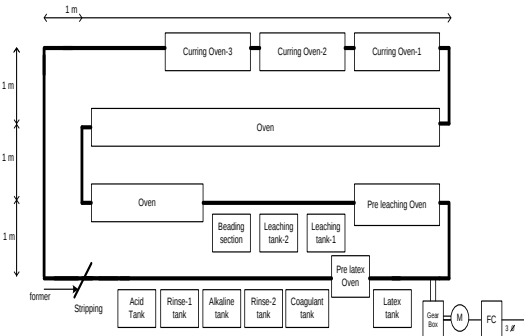
Data Hasil Pengamatan :

a. Motor Induksi 3 Fasa

Merk	: Benzler
Type	: FC. 112 MT FE / 4
Rpm	: 1500
Daya	: 5,5 KW
Ins. CLB	: I _p 55
Power	: 380 V
Arus	: 12 A
Conn	: Y
No	: 6503089

b. Converter Frekuensi Tipe ACS 400

Merk	: ABB
Type	: ACS 401000632
Code	: 63996611
Voltage Rating	: 380 V
Frekuensi	: 48 – 63 Hz
Arus	: 11,6 / 12,8 A



Gambar 8. Blok Diagram Mesin Produksi Sarung Tangan

Dari Gambar 8 diatas dapat dihitung bahwa panjang lintasan yang dilalui sebuah former dalam 1 putarannya adalah 203 meter, dimana dalam 1 m terdapat 16 buah former, dimana 8 berada disebelah kanan dan 8 disebelah kiri berarti jarak antar former adalah 12,5 cm. Jadi jumlah keseluruhan former dalam 1 mesin produksi adalah 3248 former.

Dari hasil pengamatan dilapangan saat converter frekuensi diset pada frekuensi 32 Hz, lamanya waktu yang diperlukan oleh sebuah former untuk melakukan satu kali putaran mesin produksi adalah 20 menit. Sehingga jumlah sarung tangan yang dihasilkan dalam waktu satu jam adalah 9744.

Dari hasil di atas dapat kita ketahui kecepatan motor induksi pada saat diset pada frekuensi 32 Hz.:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p} = \frac{120 \cdot 32}{4} = 960 \text{ rpm}$$

Dimana putaran motor induksi ini dikopel dengan sebuah gear box dengan perbandingan 10 : 4 (maksudnya 10 putaran pada motor induksi diubah menjadi putaran pada gear box) Hasil perputaran gear box inilah yang akan mengerakkan

mesin produksi. Sehingga kecepatan gear box adalah :

$$N_g = \frac{960}{2,5} = 384 \text{ rpm}$$

Dari sini kita dapat menentukan berapa jumlah sarung tangan yang dihasilkan oleh mesin produksi pada saat motor induksi bergerak dengan kecepatan 1 rpm.

$$X = \frac{9744}{960} = 10,15 = 10 \text{ sarung tangan}$$

Jadi dengan kecepatan 1 rpm dalam tiap jamnya akan dihasilkan 10 sarung tangan.

Jadi apabila Suatu mesin produksi diharuskan memproduksi sarung tangan sejumlah 12.000 dalam tiap jamnya maka terlebih dahulu kita harus mengetahui berapa kecepatan yang dibutuhkan oleh motor induksi, dimana kecepatan motor induksi dapat dicari dengan persamaan :

$$N_s = \frac{\text{Jumlah sarung tangan yang akan diproduksi}}{\text{Jumlah sarung tangan yang dihasilkan pada saat kecepatan 1 rpm}}$$

$$N_s = \frac{12000}{10,15} = 1182,27 \text{ rpm}$$

Berarti motor induksi harus melakukan putaran dengan kecepatan 1182,27 rpm

Dengan demikian dapat ditentukan besarnya frekuensi yang harus diberikan pada motor induksi:

$$f = \frac{N_s \cdot p}{120} = \frac{1182,27 \cdot 4}{120} = 39,41 \text{ Hz}$$

Jadi apabila suatu mesin produksi harus menghasilkan 12000 sarung tangan dalam tiap jamnya maka converter frekuensi harus diset pada frekuensi 39,41 Hz.

V. KESIMPULAN

Dari analisa yang telah diuraikan dapat diambil beberapa kesimpulan, yakni :

1. Bahwa salah satu cara yang dapat dilakukan dalam pengaturan putaran motor induksi tiga fasa adalah dengan mengatur frekuensi sumber tegangan yang dihubungkan ke input stator.
2. Pengaturan jenis ini berprinsip pada pengaturan kecepatan medan putar yang dihasilkan oleh kumparan stator.
3. Pengaturan frekuensi dapat dilakukan dengan menggunakan konverter frekuensi dimana arus bolak balik diubah terlebih dahulu menjadi arus searah dan pada bagian akhir dari proses diubah kembali menjadi arus bolak-balik dengan frekuensi yang dapat diatur.
4. Dalam pengaturan putaran motor induksi dengan mengatur frekuensi ini harus diikuti dengan pengaturan tegangan, hal ini dimaksudkan agar fluksi yang dihasilkan mempunyai harga konstan, sebab bila fluksi

tidak konstan akan menghasilkan harga medan putar yang bervariasi sehingga tidak menghasilkan putaran yang konstan pada suatu kecepatan tertentu.

5. Untuk mendapatkan pengaturan frekuensi dan pengaturan tegangan yang sebanding ini maka pada pengaturan penyalan inverter digunakan sistem pengaturan modulasi lebar pulsa (*Pulsa Width Modulation*). Sistem ini bekerja mengatur lebar pulsa sebagai penyalan inverter untuk setiap setengah siklus gelombang sinus.
6. Beberapa hal yang menguntungkan dalam pengaturan frekuensi melalui tahap arus searah ini, yakni :
 - a. Instalasi yang lebih mudah, sebab tidak diperlukan ruangan yang besar atau fondasi yang kuat.
 - b. Tidak menimbulkan kebisingan.
 - c. Pemeliharaan yang lebih mudah sebab tidak ada bagian yang bergerak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ACS 400 *Frequency Converter*, ABB Oy, Finland, 2001.
- [2]. Fitzgerald, A.E, 1986, *Mesin-Mesin Listrik*, alih bahasa Ir. Djoko Achyanto Msc. EE, Penerbit Erlangga.
- [3]. Lander, Cyril W, 1981, *Power Electronics*, Mc Graw-Hill Book Company (UK) Limited, 1981.
- [4]. Malvino, A.P.Ph.D, 1994, *Prinsip-Prinsip Elektronika*, alih bahasa Hanapi Gunawan, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [5]. Rashid, Haronur, 1980, *Power Electronics, Circuit, Devices and Application*, Practice Hall Inc, England Cliffs, New Jersey.
- [6]. Sen. PC, *Power Electronics*, Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 1987.
- [7]. Muhammad H Rashid, 1999, *Elektronika Daya*, Edisi Bahasa Indonesia, Penerbit PT. Ptrenhjallindo, Jakarta.
- [8]. Zuhail, 1993, *Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, Penerbit PT Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.
- [9]. Rimbawati, R., Harahap, P., & Putra, K. U. 2019. *Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Karakteristik Generator (Aplikasi Laboratorium Mesin-Mesin Listrik Fakultas Teknik-Umsu)*. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 37–44. <https://doi.org/10.30596/rele.v2i1.3647>.