



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Motor Listrik

Motor listrik adalah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dimana energi mekanik tersebut berupa putaran dari motor. Menurut sumber tegangan yang digunakan, motor listrik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu motor listrik AC dan DC. Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor listrik. Beban mengacu kepada keluaran tenaga putar / torsi sesuai dengan kecepatan yang di butuhkan. Beban umumnya dapat dikategorikan kedalam tiga kelompok.

#### 2.2 Inverter

Inverter adalah suatu peralatan elektronika daya yang berfungsi untuk mengubah listrik DC menjadi AC. Prinsip kerja inverter adalah mengubah input motor (listrik AC) menjadi DC dan kemudian dijadikan AC lagi dengan frekuensi yang dikehendaki sehingga motor dapat dikontrol sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Dalam industri inverter merupakan alat atau komponen yang cukup banyak digunakan karena fungsinya untuk mengubah listrik DC menjadi AC. Inverter digunakan untuk mengatur kecepatan motor-motor listrik/servo motor atau bisa disebut *converter drive*. Cuma kalau untuk servo lebih dikenal dengan istilah *servo drive*. Dengan menggunakan inverter, motor listrik menjadi *variable speed*. Kecepatannya bisa diubah-ubah atau disetting sesuai dengan kebutuhan. Inverter seringkali disebut sebagai *Variabel Speed Drive (VSD)* atau *Variable Frequency Drive (VFD)*.

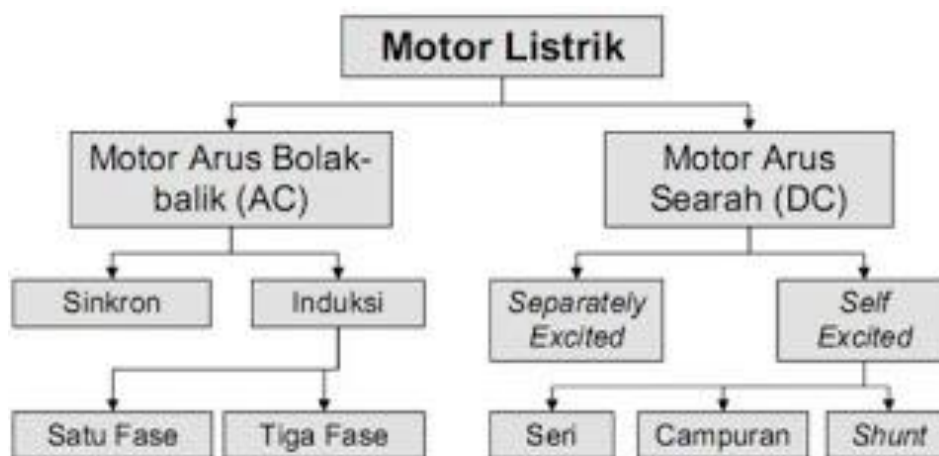
Di dunia otomatisasi industri, inverter sangat banyak digunakan. Aplikasi ini biasanya terpasang untuk proses linear (parameter yang bisa diubah-ubah). Linearnya seperti grafik sinus, atau untuk sistem axis (servo) yang membutuhkan

<sup>1</sup>Ani Mardatila, <https://www.merdeka.com/sumut/fungsi-inverter-pengertian-manfaat-dan-jenisnya-yang-perlu-diketahui-klm.html>.



putaran/aplikasi yang presisi. Prinsip kerja inverter adalah mengubah input motor (listrik AC) menjadi DC dan kemudian dijadikan AC lagi dengan frekuensi yang dikehendaki sehingga motor dapat dikontrol sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.

### 2.3 Jenis- Jenis Motor Listrik



Gambar 2.3.1 Pembagian jenis motor listrik

Berdasarkan peta konsep klasifikasi motor listrik diatas, berikut ini penjelasan singkat mengenai jenis motor listrik tersebut.

<sup>2</sup>*Elektronika Dasar, [elektronika-dasar.web.id/jenis-jenis-motor-listrik/](http://elektronika-dasar.web.id/jenis-jenis-motor-listrik/)*

#### 2.3.1 Motor listrik arus bolak-balik AC



*Gambar 2.3.1.1 Motor Listrik AC*

Motor listrik arus bolak-balik adalah salah satu jenis motor listrik yang di suplai oleh sumber tegangan arus bolak balik(AC). Motor listrik arus bolak-balik (AC) tersebut dapat dibedakan lagi jenis-jenisnya sebagai berikut.

#### **A. Motor sinkron**

Motor sinkron adalah salah satu jenis motor listrik arus bolak balik (AC) yang bekerja pada kecepatan tetap dan konstan pada sistem frekuensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) sebagai pembangkit daya dan memiliki torsi awal yang cukup rendah, oleh karena itu motor sinkron digunakan untuk penggunaan awal dengan beban yang rendah, seperti kompresor udara, generator motor dan perubahan frekwensi. Motor listrik sinkron memiliki kelebihan untuk memperbaiki faktor daya dalam sistem, sehingga motor listrik jenis ini biasa digunakan pada sistem yang memakai banyak listrik.

#### **B. Motor induksi**

Motor induksi merupakan salah satu jenis motor listrik bolak balik (AC) yang bekerja berdasarkan prinsip kerja induksi medan magnet antara stator dan rotor. Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu :



### 1. Motor induksi satu fasa

Motor induksi jenis ini hanya memiliki satu gulungan pada stator, beroperasi dengan pasokan daya satu fasa serta memiliki rotor kandang tupai dan memerlukan sebuah komponen tambahan untuk menghidupkan motornya. Motor listrik jenis ini merupakan jenis motor induksi yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti mesin cuci, kipas angin dan pengering.

### 2. Motor induksi tiga fase

Medan magnet pada rotor yang berputar dihasilkan oleh suplai tegangan tiga fasa yang seimbang. Motor listrik jenis tersebut memiliki kemampuan daya yang cukup tinggi, dan memiliki kandang tupai ataupun gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai) dengan penyalaan sendiri. Diperkirakan kurang lebih sekitar 70% motor yang digunakan pada industri menggunakan motor listrik jenis ini, sebagai contoh kopressor, pompa, jaringan listrik, belt conveyor dan grinder dengan kemampuan daya 1/3 hingga mencapai ratusan Hp.

### 2.3.2 Motor listrik arus searah DC



*Gambar 2.3.2.1 Motor Listrik DC*

Motor listrik arus searah (DC) adalah salah satu jenis motor listrik yang beroperasi dengan menggunakan sumber tegangan arus listrik searah (DC). Motor listrik arus searah (DC) ini dapat dibedakan lagi jenis-jenisnya sebagai berikut.



### **A. Motor DC sumber daya terpisah (*Separately Excited*)**

Motor listrik DC sumber daya terpisah adalah salah satu jenis motor DC yang sumber arus medan di suplai dari sumber yang terpisah, sehingga motor listrik DC jenis ini disebut motor listrik DC sumber daya terpisah.

### **B. Motor DC sumber daya sendiri (*Self Excited*)**

Motor DC sumber daya sendiri adalah salah satu jenis motor DC yang sumber arus medannya disupply oleh sumber yang sama dengan sumber kumparan motor listrik, sehingga motor listrik DC jenis ini disebut motor DC sumber daya sendiri.

Motor DC sumber daya sendiri ini dibedakan menjadi 3 jenis berdasarkan konfigurasi suplai medan dengan kumparan motornya yaitu sebagai berikut.

#### **1. Motor DC shunt (Paralel)**

Pada motor listrik DC jenis shunt, gulungan medan disambungkan secara paralel dengan gulungan pada motor listrik. Oleh karena itu jumlah arus dalam jalur rangkaian merupakan penjumlahan antara arus medan dan dinamo

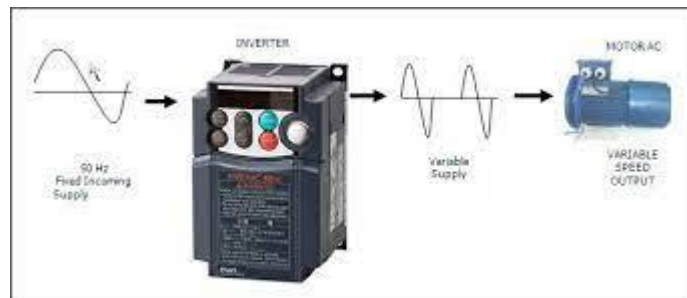
#### **2. Motor DC seri**

Pada motor listrik DC jenis seri, gulungan medan dihubungkan secara seri dengan gulungan pada kumparan motor. Oleh karena itu, arus dinamo sama dengan arus medan.

#### **3. Motor DC kompon (Gabungan)**

Motor listrik DC jenis kompon merupakan penggabungan antara motor jenis seri dan shunt. Pada motor DC kompon, gulungan medan dihubungkan secara seri dan paralel dengan gulungan motor listrik. Sehingga, pada motor DC kompon memiliki torsi awal yang cukup baik dengan kecepatan stabil.

## **2.4 Sistem Kerja Inverter pada Motor Listrik**



Gambar 2.4.1 Sistem kerja inverter sampai ke motor listrik

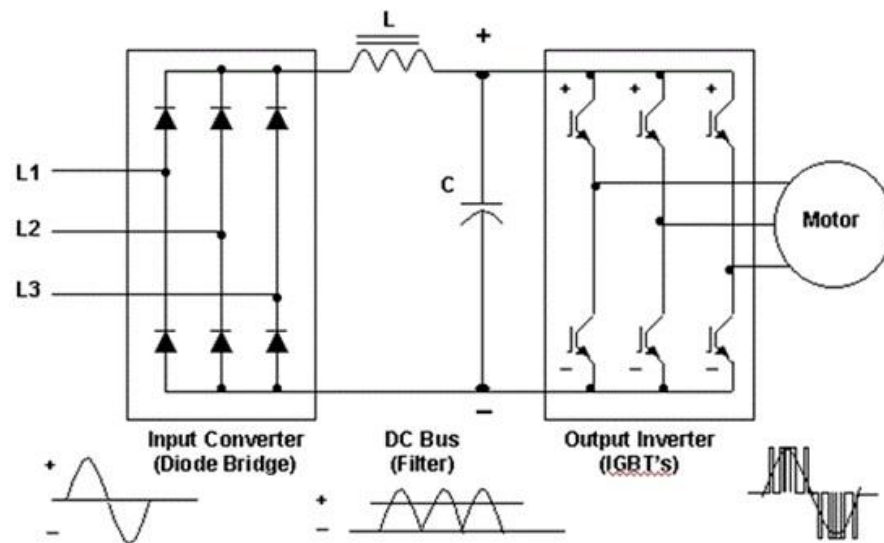
Pengendalian motor listrik adalah salah satu bagian penting dari sistem otomasi industri. Karena motor listrik mengisi hampir di semua sistem penggerak pada peralatan atau mesin di industri. Sebelum anda terlalu jauh belajar tentang otomasi industri, terutama pengendalian motor listrik dengan perangkat kendali yang berteknologi tinggi, pastikan anda mempelajari terlebih dahulu teknik – teknik dasarnya. Pada artikel sebelumnya telah dibahas tentang pengendalian motor AC 3 fasa dengan Direct Online dan juga pengendalian Motor AC 3 fasa dengan Star/Delta.

Adapun rumus prinsip utama pengaturan kecepatan motor AC :

$$n_s = \frac{120f}{P} \dots\dots\dots(2-1)$$

Dengan melihat rumus di atas, maka pengaturan kecepatan paling mudah dilakukan dengan melakukan perubahan frekuensi yang masuk pada motor. Variable Frequency Drive (VFD) memang lebih sering dikenal dengan nama Inverter di pasaran, atau di kalangan pelaku proyek industry. Hal ini dimungkinkan adanya prinsip inverting di dalam VFD tersebut. Secara sederhana prinsip dasar VFD untuk dapat mengubah frekuensi menjadi lebih kecil atau lebih besar ditunjukkan pada gambar di bawah.

<sup>3</sup>Zulfikar, Zulfikar, et al. "Analisis Perubahan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Inverter



Gambar 2.4.2 Rangkaian kendali dasar sistem otomatis

Dengan mengatur penyaklaran pada IGBT maka polaritas dari kutub L1, L2 dan L3 dapat diatur, begitu juga dengan mengatur kecepatan penyaklaran maka output inverter akan menghasilkan frekuensi yang diharapkan. Selanjutnya Jago otomasi akan membahas salah satu inverter untuk pengendalian motor induksi AC 3 fasa dengan merk Toshiba dengan seri VF-nC3, dengan kapasitas yang kami gunakan adalah 0,75 kW. Gambar di bawah adalah inverter Toshiba VF-nC3.



Gambar 2.4.3 Inverter Toshiba VF-nC3

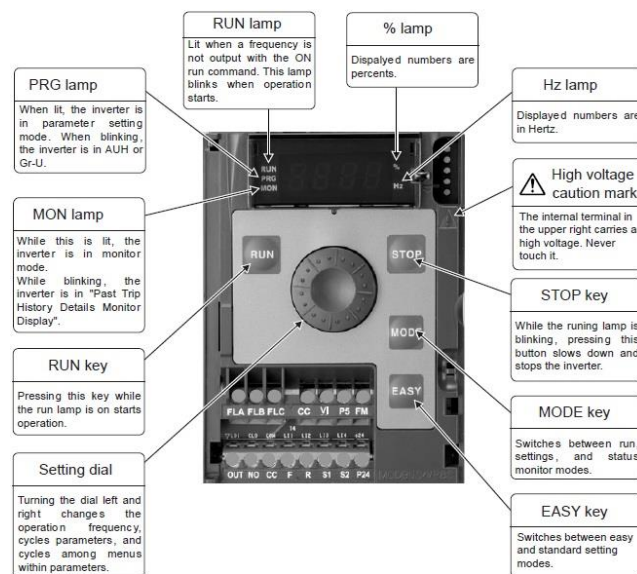
Bagian Utama dari Inverter / VFD dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu panel kontrol dan terminal. Pada panel kontrol terdapat tombol – tombol

operasional dan pengaturan, lampu indicator dan display parameter. Panel kontrol pada inverter Toshiba ditunjukkan oleh gambar di bawah ini.

Rumus di bawah adalah prinsip utama untuk mencari daya pada motor :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots(2-2)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} \dots\dots\dots(2-3)$$



*Gambar 2.4.5 Bagian-bagian pada inverter*

Tombol utama yang perlu diketahui fungsinya dalam pengoperasian inverter adalah :

1. Tombol *RUN*, Jika tombol ini ditekan, maka lampu *RUN* akan menyala berkedip dan Inverter akan memulai operasional motor. *Inverter / VFD* menyambungkan tegangan dan frekuensi ke motor AC 3 fasa.
2. Tombol *STOP*, saat lampu *RUN* menyala berkedip, menekan tombol *STOP* akan menyebabkan inverter berhenti memberikan output tegangan dan frekuensi, sehingga motor akan diperlambat dan berhenti.





3. Tombol *MODE*, berfungsi untuk mengubah tampilan mode *RUN*, Setting dan monitor. Melalui tombol ini, kita dapat masuk ke menu pengaturan/setting pada *inverter*
4. *SETTING DIAL*, berfungsi untuk *scroll up* atau *down* dalam memilih jenis pengaturan, atau menaikkan atau menurunkan nilai. Pada bagian tangan Setting Dial juga terdapat tombol yang jika ditekan berfungsi sebagai Enter (pengeksekusi pilihan)
5. *EASY*, tombol ini digunakan untuk memilih mode pengaturan secara sederhana atau standar.

Lampu dan Indikator Utama yang perlu diketahui dalam pengoperasian inverter adalah :

1. Lampu *RUN*, akan menyala saat inverter tidak mengeluarkan output, dan menyala berkedip saat mengeluarkan output tegangan dan frekuensi untuk mengendalikan motor
2. Lampu *PRG*, akan menyala saat inverter dalam mode pengaturan. Misalnya sedang dipilih mode pengoperasian, pengaturan batas frekuensi dan lain – lain.
3. Lampu %, mengindikasikan nilai persentase yang dikeluarkan.
4. Lampu *Hz*, mengindikasikan nilai frekuensi yang dikeluarkan oleh inverter.
5. Layar display Utama, fungsinya untuk menunjukkan tampilan pilihan mode, frekuensi yang sedang berjalan, dan lainnya.

Berikut ini adalah Terminal pada Rangkaian Power. Bagian atas adalah sumber utama yang masuk ke dalam Inverter dan bagian bawah adalah keluaran yang menuju motor Induksi 3 phasa.



*Gambar 2.4.6 Inverter merk SEW Gambar 2.4.7 Motor Conveytor (Sanding area)*

Inverter tersebut bisa mengoperasikan motor berdaya 2,2kw, inverter memiliki 3 input dan 3 output pada setiap inverter, dalam prinsip kerjanya inverter adalah suatu kapasitor yang mana arus akan di simpan di kapasitor tersebut dan baru siap untuk di salurkan ke motor listrik, jadi daya yang di butuhkan sangatlah terminalisir dengan baik, serta efesiensi biaya

Disini juga tak hanya motor yang ber daya besar, tetapi motor yang memiliki daya 5kw memerlukan inverter untuk pengoperasian nya.



*Gambar 2.4.8 Rangkaian 3 phasa*

*Gambar 2.4.9 Penyambungan inverter*

## 2.5 Pengaturan Motor Induksi dengan *Inverter*

### Pengaturan Motor Induksi dengan *Inverter (Variable Speed Drive)*



*Gambar 2.5. Inverter Variable Speed Drive*

Motor induksi merupakan salah satu peralatan yang banyak digunakan di Industri untuk keperluan penggerak berbagai proses yang ada di industri diantaranya adalah: Pompa, Kompresor, Fan, Blower, Konveyor, dan penggerak proses produksi lainnya. Hal ini disebabkan karena motor induksi memiliki banyak keunggulan dibanding motor sinkron atau motor DC yaitu konstruksi sederhana, tahan lama, perawatan mudah dan efisiensinya tinggi. Dibalik keunggulannya terdapat juga kelemahan yaitu dalam hal pengaturan kecepatan dan torsi awal yang rendah. Untuk mengatasi permasalahan ini dapat digunakan Sistem kontrol dengan mengatur Tegangan input dan Frekuensinya untuk mendapatkan pengaturan kecepatan dan torsi sesuai dengan kebutuhan proses produksi di Industri. Tutorial ini akan membahas sedikit topik tentang pengaturan kecepatan dan motor induksi dengan Inverter (*Variable Frequency Drive*).

Parameter yang dibutuhkan dari motor induksi adalah pengaturan kecepatan dan torsi motor. Untuk itu dibutuhkan pengaturan yang fleksibel dengan cara mengubah frekuensi inputannya dari 50 Hz (Standar PLN) menjadi frekuensi yang diinginkan agar motor dapat berputar pada kecepatan yang diinginkan.

Sumber Listrik dari PLN ataupun pembangkit sendiri mempunyai frekuensi yang konstan, dengan standar 50 Hz. Nah bagaimana cara merubah frekuensi 50 Hz menjadi lebih kecil atau lebih besar?. Salah satu langkah yang bisa ditempuh yaitu dengan mengubah sumber AC menjadi DC dahulu. Untuk itu dibutuhkan



Rangkaian *Rectifier* (Penyearah) atau *Converter* (Penyearah Terkendali). Pada umumnya digunakan konverter (penyearah terkendali) untuk mendapatkan Sumber DC dari listrik AC. (Untuk materi lengkap Penyearah Terkendali dapat melihat materi Elektronika Daya).

Setelah listrik AC diubah jadi sumber DC maka perlu dilakukan perataan bentuk gelombang DC yang masih mengandung *ripple* (riak) AC. Caranya dengan menambahkan DC Link atau semacam regulator. Hal ini berfungsi untuk meratakan bentuk gelombang DC agar berbentuk lurus dan stabil tidak terjadi naik turun (riak).

Setelah didapatkan listrik DC yang murni, langkah berikutnya adalah mengubah Listrik DC menjadi listrik AC dengan rangkaian inverter. Inverter sebenarnya berisi rangkaian flip flop yang melakukan pensaklaran secara bergantian terhadap listrik DC sehingga menghasilkan listrik AC. Bentuk gelombang yang dihasilkan dengan rangkaian inverter bisa gelombang kotak atau gelombang sinus. Untuk menghasilkan Listrik AC dari Output rangkaian inverter dengan gelombang sinus diperlukan rangkaian *PWM* (*Pulse Width Modulator*). Rangkaian ini yang akan mencacah listrik DC menjadi listrik AC dengan bentuk gelombang mendekati sinus.

Kenapa harus gelombang sinus? Listrik AC dengan gelombang non sinus sebenarnya bisa digunakan untuk sumber peralatan listrik seperti lampu, pemanas dan peralatan lainnya. Tetapi untuk motor listrik, gelombang AC non sinus akan mempengaruhi kualitas dayanya dan berefek pada panas yang ditimbulkan sehingga menyebabkan peralatan cepat panas dan rusak.

Dengan menggunakan inverter, maka akan banyak diperoleh keuntungan secara teknis bila dibandingkan dengan cara lain. Beberapa keuntungan tersebut antara lain: Mempunyai jangkauan kecepatan yang lebih lebar, mempunyai beberapa pola untuk hubungan tegangan dan frekuensi, mempunyai fasilitas penunjukan meter, mempunyai lereng akselerasi dan deselerasi yang dapat diatur secara independen, kompak, serta sistem lebih aman.

Di pasaran terdapat banyak produk Inverter (VSD atau VFD) diantaranya adalah

- Toshiba



- Altivar
- Hitachi
- LG
- Omron
- Yaskawa
- Siemen
- Mitsubishi
- Fuji

## **2.6 Keuntungan Penggunaan Inverter**

### **2.6.1 Meminimalkan lonjakan arus starting motor listrik**

Penggunaan inverter dapat menurunkan tingginya lonjakan arus starting motor listrik. Dan sistem starting motor dengan inverter jauh lebih baik dibanding dengan sistem starting motor lainnya, seperti sistem starting motor listrik AC 3 Phases dengan direct On line (DOL), star delta, Auto transformer dan sistem starting motor lainnya.

### **2.6.2 Inverter sangat baik digunakan untuk proses automation dalam industri**

inverter dapat digunakan sebagai pengatur sistem otomatis pada pompa air, blower, fan, dan lainnya. Untuk mendapatkan putaran motor listrik yang berubah-ubah sesuai dengan kebutuhan suatu proses.

### **2.6.3 Penggunaan inverter dapat memberikan berbagai penghematan**

#### **A. Hemat energi listrik**

Karena starting motor listrik membutuhkan daya dan arus yang sangat tinggi, penggunaan inverter dapat meminimalkan pemakaian energi listrik dapat di hemat. Disamping itu, di beberapa aplikasi motor listrik yang tidak menggunakan inverter kecepatan putaran (RPM) suatu motor listrik selalu berada pada max speed, sedangkan kebutuhan suatu mesin tidak selalu harus pada kecepatan penuh. Dengan



menggunakan inverter dapat menyesuaikan kecepatan putaran (RPM) motor listrik sesuai dengan yang di butuh kan suatu mesin / proses, sehingga mencegah terjadinya tenaga putar yang terbuang sia-sia. Dan menghemat energi listrik.

#### B. Hemat biaya

Dengan menggunakan inverter untuk sistem dan control motor listrik, pemkaian berbagai material untuk pembuatan panel control motor (MCC) dapat diminimalkan. Karena pada sistem starting interview tidak lagi membutuhkan material yang biasa dipakai dalam panel MCC seperti magnetic contactor, thermal overload relay , pilot lamp,push button, dan wiring. Sehingga dapat menghemat biaya pembuatan panel minimal perawatan :

##### 1. Penggunaan inverter juga memiliki sistem pengamanan yang baik :

Seperti, pengaman terhadap kebocoran listrik, pengaman beban lebih, pengaman gangguan tegangan, pengaman tegangan lebih(over voltage), atau tegangan kurang (Under Voltage). dengan sensitifitas proteksi pengaman yang dapat di atur sesuai kebutuhan. Inverter juga memberikan pengaman yang sangat baik terhadap motor listrik, sehingga dapat meminimalkan berbagai gangguan yang menyebabkan kerusakan terhadap motor listrik tersebut.

##### 2. Inverter memiliki berbagai kemampuan daya

Tersedia dari ukuran daya (KW) 0,37kw sampai daya (KW) yang besar sekitar 500kw atau lebih. Dapat dihubungkan dengan berbagai perangkat instrument. Inverter memiliki kelebihan yaitu dapat dihubungkan ke berbagai instrument baik analog input, digital input dan digital out put. Sehingga sngat mudah untuk dirangkaikan dalam sistem sensor dan contro system. Masih banyak lagi berbagai keuntungan dan keunggulan yang bisa kita peroleh dengan menggunakan perangkat inverter ini.

<sup>4</sup>*RahmadAzly,duniaberbagiilmuuntuksemua.blogspot.com/2016/11/keunggulan-inverter-vfd-variable-speed-drives.html*

## 2.7 Perhitungan Daya Kerja Motor Induksi

Fungsi motor induksi yang terdapat di dalam unit mesin pendingin central (fan and pump) adalah sebagai penggerak atau sebagai sumber energi listrik yang



di rubah menjadi energi mekanik, bahwa motor listrik tersebut berfungsi guna melayani kehendak beban yang sesungguhnya, agar seluruh system dapat beroperasi sesuai kehendak. Di dalam perhitungan beban motor induksi memungkinkan adanya perbedaan karakteristik beban pada motor yang akan menyebabkan kegagalan maupun kerusakan dalam proses kerja mesin (*fan and pump*). Transmisi sebagai pemindah daya energi yang di hasilkan pada motor induksi di teruskan melalui sambungan (*Couple, V-belt and V-belt Pulley*) dapat menimbulkan- beberapa perbedaan karakteristik putaran (*slip*). Beban penggerak dalam pemilihan Motor Induksi digunakan dalam suatu unit yang sangat diperlu diperhatikan adalah karakteristkik kecepatan putaran, selain itu pula tergantung dari keadaan pada saat *start (torque)*, berhenti atau pengereman jika ada (*breaking unit*), akselerasi dan deseleraksi (*speed*), frekuensi (Hz), pemidah daya (*transmision*), perubahan putaran motor induksi (rpm) hal ini dapat di tentukan berdasarkan perhitungan dasar pada motor induksi.

<sup>5</sup>Kesuma,Indra."AplikasiVSD Inverter Dalam Penghematan Konversi Energi *ejournal.istn.ac.id*

## **2.8 Kegagalan Umum pada Penggunaan inverter**

### **2.8.1 Tegangan berlebih dan penurunan tegangan**

Sebuah VSD memiliki kode diagnostik, yang mengidentifikasi penyebab kegagalan dalam sistem pengoprasian. Secara umum, mereka diklasifikasikan sebagai kelebihan tegangan *overvolt*, penurunan tegangan *under volt*, atau kelebihan arus tegangan *over-current*. Kedip tegangan pada input Inverter/VSD dapat disebabkan penurunan tegangan dari eksternal atau sumber arus. Masalah juga bisa terjadi pada internal dengan arus DClink Capacitor dan atau DC reaktor. Dalam banyak hal VSD terdapat piont tes untuk mengukur tegangan DC/AC. Untuk memeriksa tegangan Capacitor, gunakan min / max fungsi multimeter digital, atau yang lebih disukai, fungsi trand dari analisa kualitas listrik atau alat tes ScopeMeter untuk memantau kinerja Inverter/VSD dengan mengukur Arus yang bekerja di dalamnya.

### **2.8.2 Refleksi terhadap tegangan berlebih**

Bagian yang terpenting dari pulsa PWM (Pulse Widht Motor) dapat memiliki nilai puncak jauh lebih tinggi (hingga 200 persen secara teori) dari normal. Ini lebih dari refleksi tegangan yang dapat menyebabkan kerusakan pada gulungan motor. Solusi di tentukan dalam tiga kategori:

- a. Memperpendek panjang kabel Inverter/VSD ke Motor Induksi.
- b. Menggunakan motor dengan Isolasi (*coil*) kelas yang lebih tinggi.
- c. Menggunakan Harmonic filter.

### **2.8.3 Kebocoran arus pada motor induksi**

Frekuensi tinggi dapat menyebabkan peningkatan kebocoran antara gulungan stator dan frame motor. Arus *grounding* atau kebocoran arus dapat mengganggu sinyal kontrol dan sistim komunikasi VSD.Solusi yang umum adalah penggunaan kabel peredam *insulator* EMI atau modus umum tersedak. Alat-alat penting dan efektif diperlukan untuk Pemeliharaan VSD dalam rangka untuk mempertahankan sistem VSD agar bekerja secara efektif, ada beberapa alat penting



bahwa para teknisi harus selalu menyediakan alat-alat tersebut di dalam *toolbox* mereka, diantaranya:

A. Digital Multi Meter (DMMs)

Pengembangan model *Digital Multi Meter* biasanya memiliki lima digit display atau memiliki kapasitas jumlah yang lebih tinggi untuk pengukuran yang lebih akurat, dapat menangkap dan menyimpan pengukuran nanti melihat, dapat dihubungkan ke PC/komputer untuk *download* pengukuran, atau menyertakan fitur berarah yang memungkinkan pengukuran yang dilakukan dari waktu ke waktu yang akan ditampilkan sebagai satu baris pada grafik. Hal ini juga harus memiliki fitur pada penyaring tegangan liar (dikenal sebagai *Ghost Voltage*) yang menginduksi dari kabel energi yang berdekatan. Untuk mengukur dari sistem VSD di mana ada frekuensi tinggi, *built-in Low Pass Filter* (LPF) fitur ini akan berguna untuk menyaring noise frekuensi tinggi yang tidak diinginkan dan memastikan pengukuran akurat.

B. Pengukur kualitas *power meters power quality meters*

Argometer kualitas daya adalah alat tes yang mengukur, tampilan kinerja inverter serta daya kerja Motor Induksi, dan pencatatan tegangan saat bekerja, dan kekuatan selain masalah listrik khusus seperti mengecilnya, membengkak, transien, dan harmonik. Daya meter berkualitas yang tersedia di kedua model fase tunggal dan tiga fase. Model tunggal-fase dapat digunakan untuk menguji sirkuit tiga fase dengan menghubungkan meter uji mengarah ke fase yang berbeda dalam rangkaian.

C. *Oscilloscope portabel*

Osiloskop portabel memiliki bandwidth yang jauh lebih tinggi pengukuran dan sampling rate daripada kekuasaan meter kualitas, yang sangat ideal untuk mencari masalah listrik, elektronik, dan digital dalam sirkuit yang kompleks. Hal ini juga penting untuk memiliki masing-masing saluran yang akan diisolasi untuk memastikan keamanan para teknisi ketika bekerja di tegangan tinggi tersebut dan lingkungan yang tinggi saat ini. Osiloskop portabel merupakan alat tes yang paling efektif yang mengukur dan menampilkan bentuk gelombang tegangan tinggi, kontrol tegangan rendah, dan sinyal digital.