

Analisis Penggunaan Variable Speed Drive (VSD) pada Motor Kompresor

Tresna Umar Syamsuri^a, Harrij Mukti K.^a, Rohmanita Duanaputri^a

(Artikel diterima:September 2021, direvisi:Oktober 2021)

Abstrak: Variable Speed Drive (VSD) adalah perangkat yang mengatur kecepatan dan gaya rotasi, atau torsi keluaran peralatan mekanis. VSD meningkatkan efisiensi dengan memungkinkan motor dioperasikan pada kecepatan ideal untuk setiap kondisi beban. Dalam banyak aplikasi, VSD mengurangi konsumsi listrik motor sebesar 30-60%. Potensi penghematan energi motor listrik sangat besar karena sistem motor menggunakan lebih dari 60% daya listrik yang dikonsumsi oleh industri. Dari kelebihan inilah VSD dapat digunakan untuk mengontrol kecepatan motor kompresor sehingga dapat meningkatkan kinerja dari motor kompresor. Motor Kompresor merupakan sebuah alat yang mengkompresi udara dan menaikkan tekanannya Untuk mengkompresi udara kompresor membutuhkan tenaga penggerak, dan salah satunya adalah motor. Ketika tekanan udara output pada kompresor melebihi nilai tertentu, relief valve akan terbuka secara otomatis. Sehingga udara di dalam tangki tetap meskipun motor masih berputar. Dalam pengoperasian kompresor, motor selalu dihidupkan dengan arus start yang tinggi sehingga daya yang dibutuhkan juga akan tinggi, sehingga dibutuhkan kontrol pada motor kompresor.

Kata-kata kunci : Variable Speed Drive (VSD), Motor, Kompresor

1. Pendahuluan

Sebagian besar fasilitas industri, udara terkompresi diperlukan untuk manufaktur. Biaya operasional tahunan kompresor udara, pengering, dan peralatan pendukung, dapat mencapai 70% hingga 90% dari total tagihan listrik. Udara terkompresi menyumbang sebanyak 10% dari konsumsi listrik industri di Uni Eropa. Udara terkompresi mungkin merupakan bentuk energi paling mahal di pabrik, karena hanya 19% dari dayanya yang dapat digunakan. Di AS, sistem udara terkompresi menyumbang sekitar 10% dari total penggunaan energi industri. Di Afrika Selatan, udara terkompresi mengkonsumsi sekitar 9% dari total konsumsi energi.[1]

Salah satu alat pada industri yang penggunaannya dengan udara terkompresi adalah kompresor. Kompresor adalah mesin untuk memampatkan udara atau gas. Secara umum biasanya mengisap udara dari atmosfer, yang secara fisika merupakan campuran beberapa gas dengan susunan 78% Nitrogen, 21% Oksigen dan 1% Campuran Argon, Karbon Dioksida, Uap Air, Minyak, dan lainnya. Motor kompresor biasanya memiliki dua mode kecepatan, berhenti atau diam dan kecepatan penuh. Motor kompresor selalu bekerja pada kecepatan penuh meskipun kompresor tidak dibebani dengan beban penuh. [2-3]

Berbagai metode kontrol telah digunakan untuk meningkatkan fleksibilitas dan konsistensi proses manufaktur. Metode konvensional, seperti mengendalikan motor dengan dua kecepatan adalah cara yang tidak efisien yang menghabiskan banyak energi, sehingga untuk mengefisienkan tersebut dapat menggunakan peralatan yang bernama *Variable Speed Drive* (VSD). *Variable Speed Drive* (VSD) adalah perangkat yang mengatur kecepatan dan gaya rotasi, atau torsi keluaran peralatan mekanis. VSD meningkatkan efisiensi dengan memungkinkan motor dioperasikan pada kecepatan ideal untuk setiap kondisi beban. Dalam banyak aplikasi, VSD mengurangi konsumsi listrik motor sebesar 30-60%. Potensi penghematan energi motor listrik sangat besar karena sistem motor menggunakan lebih dari 60% daya listrik yang dikonsumsi oleh industri. [4]

2. Perencanaan Pembuatan

Perencanaan VSD untuk mengontrol motor pada kompresor menggunakan VSD vacon tipe NXP dibagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian perencanaan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

2.1 Perencanaan Hardware

2.1.1 Variable Speed Drive (VSD)

Variable Speed Drive (VSD) yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- VACON NXP 00075A2HSSSA1A2000000
- IP 21/NEMA1
- Control Unit type: CSASA1A2000000
- Power Unit type: PA000752H1SSS
- Motor Induksi 3 Fasa

2.1.2 Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah motor induksi 3 fasa jenis rotor sangkar. Dengan spesifikasi motor sebagai berikut:

- Type Motor : JW 8014
- Fasa : 3
- Daya : 0.5 HP
- Rpm : 1400
- Tegangan / Frek : 220/380 V / 50 Hz
- Conn - Amp : Δ / Y - 1.9 / 1.1

2.1.3 Kompresor Angin

Pemilihan kompresor angin berdasarkan kemampuan motor induksi dalam pembebanan. Dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Model : PH-01
- Power : 0.25 HP 0.2 kW
- Work Pressure : 6 kg/cm²
- Max Pressure : 10 kg/cm²
- Tank Cap : 30 l

2.1.4 Sensor Tekanan

Sensor yang digunakan adalah sensor tekanan dengan

* Korespondensi: tresna.umar@polinema.ac.id

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141

keluaran arus, dikarenakan VSD membaca sinyal masukan sebagai indikator umpan balik adalah arus. Spesifikasi sensor adalah sebagai berikut:

- a. Merk : Autonics
- b. Type : PSAN – 1 CA
- c. Rated Pressure Range : 0 – 1.000 kPa
- d. Applied Fluid : Air, Non Corrosive Gas
- e. Power Supply : 12 – 24 V DC
- f. Control Output : NPN open collector output
- g. Analog Current Output : DC 4-20 mA + 2%
- h. Protection : IP 40 (IEC Specification)

2.1.5 Penghantar

Penghantar digunakan untuk menghubungkan sumber tegangan dengan beban. Kawat penghantar yang baik umumnya terbuat dari logam. Untuk penghantar sirkit akhir yang mensupply motor tunggal tidak boleh mempunyai kemampuan hantar arus (KHA) kurang dari 125% dari arus pengenalan beban penuh.

Tabel 2.1. KHA Terus Menerus Kabel Isolasi [5]

1	2	3
LUAS PENAMPANG (mm ²)	KHA KABEL (A)	NOMINAL PENGAMAN
1,5	18	10
2,5	26	20
4	34	25
6	44	35
10	61	50
16	82	63
25	108	80
35	135	100
50	168	125
70	207	160
95	250	200
120	292	250
150	335	250
185	382	315
240	453	400
300	504	400

Maka perhitungan KHA penghantar adalah sebagai berikut:

$$KHA = 125\% \times In \text{ Motor } (1)$$

Keterangan:

KHA : kemampuan hantar arus (A)

In : arus nominal motor (A)

$$KHA = 125\% \times 1.1 A$$

$$KHA = 1.375 A$$

Setelah mengetahui nilai KHA utama diatas, maka luas penampang penghantar dapat diketahui. Secara umum, perhitungan luas penampang penghantar berdasarkan jarak dan beban, untuk beban 3 Fasa adalah:

$$A = \frac{\sqrt{3 \cdot I \cdot \cos\phi}}{x \cdot \Delta V} \quad (2)$$

Keterangan:

A : luas penampang (mm²)

l : panjang penghantar

I : arus beban (A)

x : dari penghantar (untuk tembaga adalah 56)

ΔV : drop tegangan yang diijinkan (≤ 5%)

cosφ : faktor daya

$$A = \frac{\sqrt{3 \cdot 2.1 \cdot 1.0,79}}{56 \cdot 11}$$

$$A = \frac{\sqrt{5,214}}{616}$$

$$A = 0,00376 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan dan tabel 2.1, maka minimal penghantar yang digunakan adalah penghantar berdiameter 1,5 mm². Namun dipilih 2,5 mm² dengan pertimbangan keamanan.

2.1.6 Pengaman

Karena motor yang digunakan adalah motor rotor sangkar, maka penentuan pemutus berdasarkan perhitungan:[5]

$$I = 250\% \times In \text{ (motor)} \quad (3)$$

$$I = 250\% \times 1.1$$

$$I = 2,75 A$$

Meskipun sebenarnya nilai pemutus tidak boleh melebihi perhitungan diatas, tapi untuk beban 3 fasa, nilai pemutus hanya ada minimal 6A. Sehingga pemutus yang digunakan adalah pemutus dengan rating 6A.

2.1.7 Komponen Pendukung

Komponen pendukung yang diperlukan untuk alat ini sebagai berikut :

1. Terminal blok

Pemilihan terminal blok berdasarkan ukuran kabel yang akan masuk ke dalam terminal blok. Ada 2 spesifikasi terminal blok yang digunakan, yaitu 6 A (untuk terminal sumber 3 fasa , dan untuk terminal daya menuju motor kompresor dari VSD) dan terminal blok 3 A (untuk terminal sensor tekanan, NXOPTA1 dan NXOPTA2 dari VSD).

2. Lampu Indikator

Lampu indikator yang digunakan memiliki spesifikasi tegangan 24 V DC. Lampu indikator dalam alat ini ada 3, yaitu lampu indikator untuk kondisi READY, RUN, dan untuk kondisi FAULT. Dipilih 24 V DC karena output tegangan dari VSD adalah 24 VDC.

3. Saklar Toggle

Saklar toggle berfungsi sebagai sinyal input untuk diproses

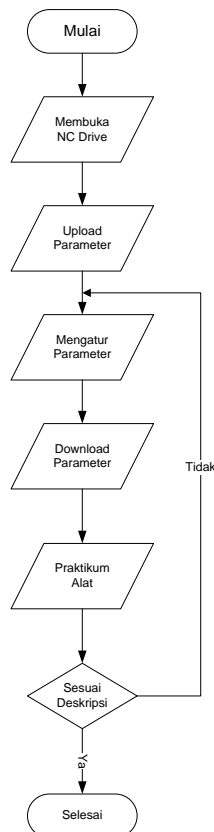
lebih lanjut oleh VSD. Pemilihan saklar toggle berdasarkan kemampuan memutuskan dan menyambung arus dalam rangkaian. Karena *input* VSD yang tersambung oleh saklar toggle adalah *input* digital, jadi hanya membutuhkan sinyal 1 dan 0 sehingga saklar toggle yang digunakan harus mampu dilewati tegangan 24 V.

2.2 Perencanaan Software

Software yang digunakan adalah NC *drive*. NC *drive* merupakan sebuah software untuk pengaturan parameter VSD VACON. Terdapat dua cara untuk mengatur VSD, yaitu dengan menggunakan keypad yang sudah tersedia, dan menggunakan software bantu. Software bantu yang dimaksud antara lain NC Load dan NC *Drive*. NC Load berfungsi untuk mendownload aplikasi tertentu yang diinginkan, option card software, dan system software. Sedangkan NC *Drive* berfungsi untuk mengatur parameter yang tersedia pada suatu aplikasi tertentu (programmable). Pengaturan parameter yang dalam pengaturan kecepatan motor kompresor 3 fasa dalam aplikasi PID adalah sebagai berikut:

1. Min frequency
2. Max frequency
3. Actual input 1
4. AI2 signal inversion
5. PID reference
6. PID – Control Gain
7. PID – I time

Diagram alir pemograman menggunakan NC Drive adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1. Diagram Alir Pemograman Menggunakan NC Drive

3. Analisis

Kontrol motor kompresor menggunakan *Variable Speed Drive* (VSD) dengan cara mengubah kecepatan motor kompresor, dalam hal ini yang berubah adalah masukan motor induksi yang berupa frekuensi *output* dari VSD tersebut. Berikut adalah hasil pengambilan data dari motor kompresor:

Tabel 3.1. Hasil Pengambilan Data Motor Kompresor

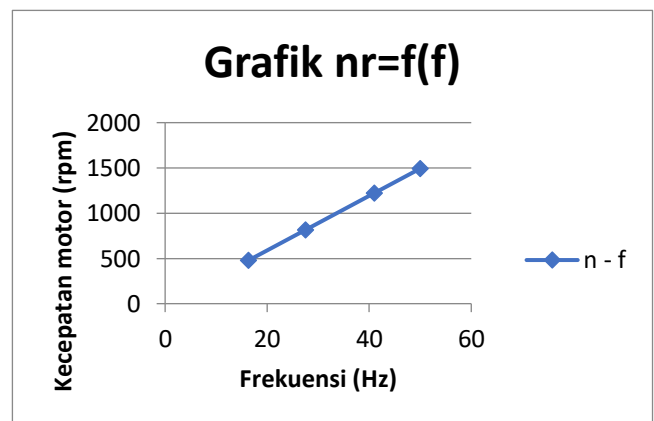
f (hz)	50	41	27.5	16.25
I (A)	1.41	1.55	1.52	1.30
Nr (rpm)	1492	1221	814	475
T (Nm)	0.92	1.16	1.19	1.55
V (V)	399	328	220	130
Cos phi	0.36	0.42	0.50	0.61
Ns (rpm)	1500	1230	825	487.5
s (%)	0.48	0.69	1.28	2.49
Pout (W)	144	149	101	77
Pin (W)	616	633	498	308
η (%)	23.37	23.53	20.29	25.08

Keterangan tabel:

- f : Frekuensi *output* dari VSD (Hz)
- I : Arus *input* motor (A)
- Nr : Kecepatan putar rotor (rpm)
- T : Torsi putar motor (Nm)
- V : Tegangan motor (V)
- Cos phi: faktor daya dari motor
- Ns : Kecepatan putar stator (rpm)
- s : slip motor (%)
- Pout : Daya *output* motor (W)
- Pin : Daya *input* motor (W)
- η : Efisiensi Motor (%)

3.1 Pengaruh Frekuensi terhadap Kecepatan

Frekuensi pada dasarnya merupakan parameter sangat krusial karena akan berpengaruh banyak terhadap peralatan listrik. Pengaruh frekuensi terhadap kecepatan putar motor.



Gambar 3.1. Grafik Frekuensi terhadap Kecepatan

Frekuensi berpengaruh terhadap kecepatan putar motor, pada

dasarnya motor berputar karena adanya prinsip kerja elektro magnetik, dimana ketika terdapat arus yang mengalir pada suatu penghantar maka akan timbul medan magnet yang mengelilingi penghantar tersebut yang dikenal dengan kaidah tangan kanan dimana ibu jari mewakili arah arus dan keempat jari lainnya mewakili arah medan. Sehingga arah arus mempengaruhi arah medan. Lilitan pada stator akan menjadikan inti besi pada stator menjadi magnet dengan kutub tertentu tergantung arah melilitkan lilitan kawatnya.

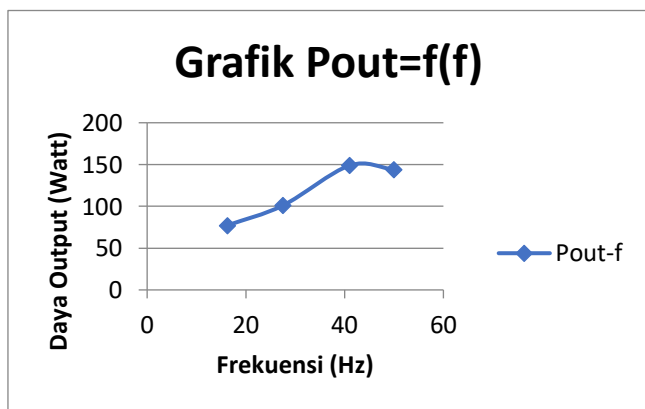
Jika ada penghantar yang memotong medan magnet tersebut maka akan timbul ggl induksi, sehingga bila penghantar tersebut menjadi suatu rangkaian tertutup maka akan timbul arus. Jika ada arus yang terdapat di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya dorong yang disebut dengan gaya Lorentz.

Kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/loop, maka kedua sisi loop, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/ torsi untuk memutar kumparan. Karena perubahan arah arus yang cepat (50 kali tiap detik) maka gaya yang bekerja untuk memutar penghantar tersebut juga semakin cepat. Sehingga jika nilai kecepatan perubahan arah arus lebih lambat maka proses terjadi prinsip kerja elektromagnetik dari motor juga berjalan lebih lambat sehingga mempengaruhi kecepatan putar motor.

Dengan demikian maka jika mengubah nilai frekuensi maka akan seperti mengubah kecepatan motor listrik. Dengan nilai perubahan yang linear. [6] Oleh karena itu, grafik memperlihatkan ke-linear-an hubungan frekuensi dengan kecepatan motor seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.

3.2 Pengaruh Frekuensi Terhadap Daya Output

Nilai frekuensi juga berpengaruh terhadap daya output. [6] sebelumnya dijelaskan bagaimana frekuensi dapat mengubah kecepatan motor. Kecepatan motor berpengaruh terhadap besar dan kecilnya nilai omega. Nilai omega ini akan mempengaruhi nilai daya output, sebagaimana daya output diperoleh dari perkalian nilai torsi dan omega. Semakin besar omega maka daya output juga akan semakin besar, sehingga dengan kita mengubah nilai frekuensi maka daya output juga akan berubah. Hal ini sesuai dengan gambar 3.2.



Gambar 3.2. Grafik Frekuensi terhadap Daya Output

4. Kesimpulan

Variable Speed Drive (VSD) dapat digunakan untuk mengontrol

kecepatan pada motor kompresor. Tipe VSD yang digunakan adalah VACON tipe NXP. Software yang digunakan adalah NC drive. NC Drive berfungsi untuk mengatur parameter yang tersedia pada suatu aplikasi tertentu (programmable). Dengan VSD, motor kompresor dapat diubah daya output dan kecepatannya dengan cara mengubah input frekuensi motor kompresor dari VSD. Semakin besar frekuensi keluaran VSD maka semakin besar pula nilai kecepatan yang dihasilkan oleh motor kompresor begitu juga sebaliknya. Daya output motor kompresor juga dipengaruhi oleh frekuensi output dari VSD.

Daftar Pustaka

Jurnal/Prosiding/Disertasi/Tesis/Skripsi

- [1] Saidur R, Rahim N, Hasanuzzaman M. "A review on compressed-air energy use and energy savings," in Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, 2009, 14,1135-1153.
- [2] Puspawan A. "Analysis Of Compressor Isentropic Efficiency Type Sullair Screw Air Compressor In Factory Of Hot Strip Mill Case Study In PT. Krakatau Steel (Persero) Cilegon by Using Computer Aided Thermodynamics Table 2 (CATT2)," di TEKNOSIA Jurnal Ilmiah Bidang Sains-Teknologi, 2014, Vol. 2, No. 14, ISSN No. 1978-8819
- [3] Aldi Huda Irawan, Dedet Candra Riawan, dan Teguh Yuwono, "Penghematan Energi pada Kompresor Menggunakan Variable Speed Drive (VSD)" di Jurnal Teknik POMITS, 2013, Vol. 1, No. 1
- [4] Saidur R., Mekhilef S., Ali M., Mohammed H., "Applications of variable speed drive (VSD) in electrical motors energy savings", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012, 16, 543-550

Buku

- [5] Anonim, "PUIL 2000", 2000
- [6] Stephen J. Chapman, "Electric Machinery Fundamentals", McGraw Hill Companies, 2005