

INVERTER MOTOR POMPA PADA PDAM TIRTA MUSI PALEMBANG

Dina Fitria, Muhni Pamuji^{*)}

Abstrak: Air bersih merupakan kebutuhan pokok hidup manusia, karena itu dibutuhkan peralatan bantu yang mampu menyuplai air sesuai dengan kapasitas kebutuhan. Pompa air dapat mengalirkan air dari permukaan rendah ke permukaan tinggi. Namun sering kali pemakaian pompa tidak sebanding dengan kapasitas kebutuhan dan pompa sering kali dioperasikan secara terus menerus sehingga ada daya listrik dan air terbuang percuma. Dalam penelitian ini, pemakaian pompa air akan dikontrol, putaran motor penggerak pompa dapat diatur sehingga debit output pompa sesuai dengan beban pemakaian air. Pengaturan putaran motor dilakukan oleh inverter dengan merubah frekuensi.

Kata Kunci: Inverter, Motor Pompa, Frekuensi.

Abstract: Clean water is a basic requirement of human life, therefore needed assistive devices that are able to supply water according to the capacity needs. The water pump can drain off water from the low level to a high level. But often the use of the pump is not proportional to the needs and capacity of the pump is often in running continuously so there is a power outage and the water wasted. In this study, the use of a water pump will be controlled, spin the motor pump can be set so that the driving force of the discharge of the pump according to the output load discharging water. Setting the rotation of the motor is done by inverter with changing frequencies.

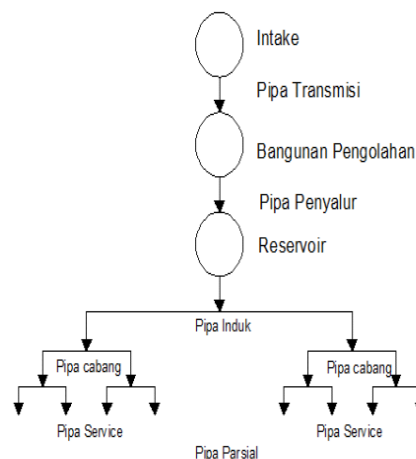
Keywords: Pump Motor, Inverter, Frequency.

PENDAHULUAN

Proses pengolahan air bersih pada PDAM Tirta Musi terdiri dari beberapa tahap yaitu dimulai dari pengambilan air baku dari sungai musu yang dipompakan dari Intake Karang Anyar ke Case Cade (Rangkaian air terjun kecil) yang terdapat pada Instalasi Pengolahan Air Karang Anyar, kemudian dilanjutkan proses pembubuhan suatu zat kimia melalui pipa koagulant yang berlubang kecil. Proses ini untuk membantu proses flokulasim, dimana akan terjadi gumpalan flok yang akan membesar untuk mempermudah proses pengendapan yang terjadi di bak sedimentasi, air jernih yang dihasilkan kemungkinan masih terdapat sisa flok dan kotoran untuk menjernihkan dianjurkan dilanjutkan proses filtrasi dalam bak filter, dimana kualitas air masih sekitar 80% kemudian untuk lebih meningkatkan kualitasnya pada bak pengawasan kualitas air dibubuhkan gas chlor

dan kapur. Air yang telah diberi bahan kimia terlebih dahulu dilakukan proses jartest di laboratorium guna menjaga kualitasnya sebelum siap distribusikan ke pelanggan.

LANDASAN TEORI



Gambar 1. Umum Sistem Penyediaan Air Bersih

^{*)} Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Tridnanti Palembang

Keterangan:

1. Intake adalah bangunan penangkap / pengambil air kontinuitas sumbernya baik dari sumber air permukaan (Sungai, danau, sumur dan bendungan) maupun air bawah tanah (mata air).
2. Pipa Transmisi (Pipa air baku / raw water pipa) adalah pipa yang berfungsi mengalirkan air baku dari sumber air menuju bangunan pengolahan.
3. Bangunan pengolah adalah bangunan tempat pengolahan air baku di proses seperti koagulasi, flokuasi, sedimentasi dan filtrasi sehingga menjadi air bersih sebelum di alirkan ke reservoir.
4. Reservoir adalah bangunan yang berfungsi menampung sementara air bersih dari pengolahan sebelum di distribusikan ke konsumen.
5. Pipa induk adalah pipa yang mengalirkan air bersih dari bangunan reservoir kemudian di alirkan dengan sistem gravitasi atau pemompaan menuju pipa cabang.
6. Pipa cabang adalah pipa yang berfungsi untuk mendistribusikan air dari pipa Induk ke tempat-tempat pelayanan.
7. Pipa service adalah pipa yang membagikan air dari pipa cabang ke konsumen atau sambungan rumah.
8. Pipa parsil adalah saluran / Instalasi pipa yang mensuplai air ke rumah-rumah, sekolah, kantor, pabrik, ataupun kran umum.

Proses Pengolahan Air bersih di PDAM Tirta Musi.

Proses pengolahan air baku menjadi air bersih yang bebas dari bakteri penyakit melalui beberapa tahapan proses, yaitu:

1. Pengolahan secara fisik, yaitu proses pengolahan yang bertujuan mengurangi kotoran yang relatif besar yang terdapat

didalam air baku dengan menggunakan filter.

2. Proses pengolahan secara kimia, yaitu proses pengolahan air baku dengan menggunakan zat kimia Alumunium Sulfat $AL_2(SO_4)_3$ sesuai dosis, biasanya berkisar antara 17 sampai 21 ppm, dengan tujuan untuk mengikat kotoran kecil yang terkandung didalam air sehingga terbentuk gumpalan-gumpalan kecil yang mana sering disebut dengan proses koagulasi. Gumpalan-gumpalan itu akan bersatu dan membentuk flok-flok dan mudah terpisah dengan air, yang mana proses ini disebut flokulasi.
3. Proses pengolahan bakteriologi, yaitu proses pengolahan yang bertujuan membunuh bakteri yang ada didalam air bersih dengan jalan membubuhkan kaporit atau gas chlor (CL_2).

Proses pengolahan air baku menjadi air bersih diatas terbagi lagi dalam tahapan-tahapan pengolahan sebagai berikut:

a. Raw water Intake Station

PDAM Tirta Musi Palembang mengambil air bakunya dari sungai Musi. Station ini mengalirkan air baku ke WTP (Water Treatment Proses). Air baku yang dialirkan dari Intake disalurkan ke bak pelimpahan air baku



Gambar 2. Perpipaan Intake Karang Anyar



Gambar 3. Pompa Intake Karang Anyar

b. Proses Pembubuhan $AL_2(SO_4)_3$ dan Koagulasi

Langkah awal dari proses penjernihan adalah dengan memberikan Alumunium Sulfat kedalam air baku yang tertampung dalam suatu unit penjernihan. Pemberian Alumunium Sulfat ini berfungsi untuk membentuk flok-flok dari kotoran yang ada didalam air baku untuk mempermudah proses pengendapan. Proses pencampuran ini memerlukan waktu yang cepat ± 5 detik dengan memakai bak yang disebut Case Cade.



Gambar 3. Bak Case Cade

c. Proses Flokulasi

Dari bak koagulasi air dialirkan kedalam bak flokulasi dimana pada bak ini terjadi penggumpalan partikel yang semakin besar.

Makin lama flok-flok semakin besar seiring dengan bertambah luas permukaan aliran sehingga waktu pengaliran akan semakin lama dan reaksi yang terjadi semakin sempurna dan flok yang terbentuk semakin besar dan berat.



Gambar 4. Bak Flokulasi

d. Proses Sedimentasi

Pada proses ini, diusakan agar flok yang mempunyai berat jenis besar yang mengendap agar terpisah dengan air. Hal ini dikarenakan pengaruh gravitasi dengan tekanan aliran dan perbedaan berat jenis flok tersebut



Gambar 5. Bak Sedimentasi

e. Proses Filtrasi

Proses ini adalah proses penyaringan, dimana air bersih yang dihasilkan dengan jalan sedimentasi masih terdapat sisa flok dan yang mengembang, sisa flok ini disaring dengan bantuan kotoran bak filter. Filter ini terbentuk dari bahan-bahan seperti pasir dan koral. Untuk menjaga kualitas penyaringan yang baik dan cepat, pada jadwal tertentu bak ini dicuci dengan cara menyemprotkan air bersih kedalam bak tersebut.

Prinsip kerja dari bak filter ini akan diuraikan sebagai berikut:

Gravitasi bumi menyebabkan air mengalir kebawah melalui lapisan pasir setebal 0,8 m dan batu koral setebal 1,2 m. Kotoran yang tersisa akan tertahan oleh lapisan pasir tersebut. Butiran pasir yang bermuatan negatif akan menarik kotoran kecil yang bermuatan positif: Besi, Mangan, dan Aluminium. Akibatnya butiran pasir akan tertimbun muatan positif dan mampu menarik kotoran yang bermuatan negatif seperti bakteri. Demikian proses ini berlangsung terus menerus. Air bersih yang dihasilkan akan disalurkan melalui saluran dibawah bak filtrasi.



Gambar 6. Bak Filtrasi

f. Bak penampungan air bersih (Reservoir)

Setelah mengalami beberapa proses maka diperoleh air bersih yang terjamin kesehatannya. Selanjutnya air tersebut ditampung pada bak.



Gambar 7. BakReservoir WTP



Gambar 8. Bak Reservoir
Booster U.P KM4

Reservoir adalah bak penampungan air bersih yang siap didistribusikan. Kapasitas tiap-tiap bak adalah $\pm 12000 \text{ M}^3$. Untuk mengontrol

kadar air didalam reservoir kita dapat melihatnya diruang kontrol. Ruangan ini adalah tempat untuk mengetahui dan mendeteksi keadaan:

1. Debit air yang tersedia di reservoir
2. Tekanan didalam pipa-pipa distribusi
3. Level air didalam reservoir
4. Volume reservoir dan alam kontrol

METODE PENELITIAN

Inverter

Inverter secara etimologi berasal dari bahasa Inggris yang berarti pembalik. Jadi menurut pengertian ini, yang dimaksud dengan inverter adalah semua alat pembalik. Dalam istilah kelistrikan dikenal adanya converter, rectifier, dan inverter. Konverter (to convert = mengubah) adalah alat pengubah, baik dari DC ke AC (DC to AC Converter) maupun dari AC ke DC (AC to DC Converter). Rectifier berarti penyearah, alat ini berfungsi untuk menyearahkan tegangan AC (bolak-balik) menjadi tegangan DC (searah) atau AC to DC Converter. Sedangkan inverter secara istilah

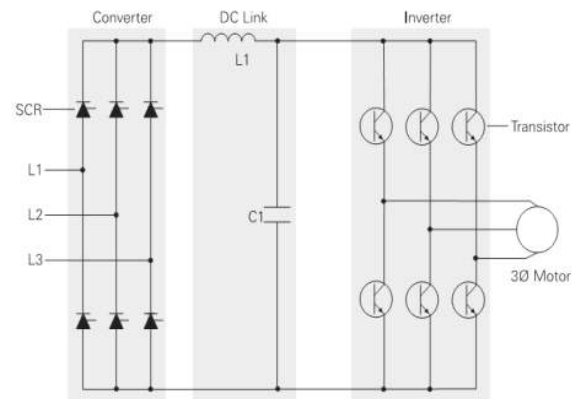
Jenis – Jenis Inverter

Jenis – Jenis Inverter yaitu:

- a. variable voltage inverter (VVI)
- b. current source inverter (CSI)
- c. pulse width inverter (PWM)

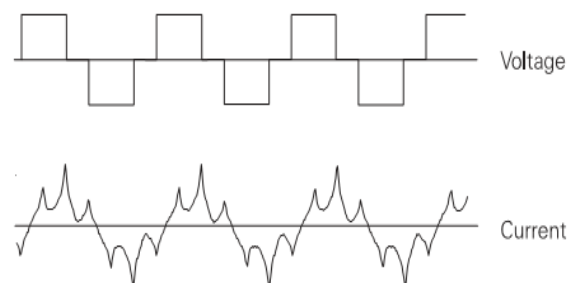
Variable Voltage Inverter (VVI)

Jenis inverter ini menggunakan konverter jembatan SCR untuk mengubah tegangan input AC ke DC. Gambaran berikut menunjukkan inverter yang menggunakan transistor bipolar. Pengatur logika, biasanya dalam bentuk kartu elektronik, yang memiliki komponen utama sebuah mikroprosesor akan mengatur kapan waktu transistor-transistor inverter hidup atau mati untuk menghasilkan tegangan dan frekuensi yang bervariasi untuk dilanjutkan ke motor sesuai bebannya.



Gambar 9. Tegangan Variabel Inverter Sirkuit.

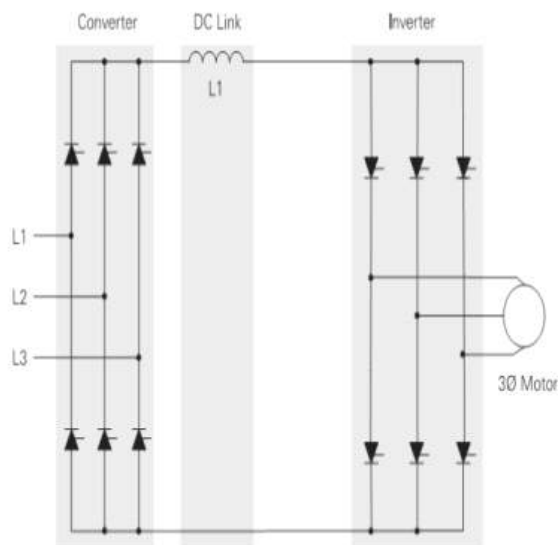
Tipe inverter ini menggunakan enam langkah untuk menyelesaikan satu putaran 360° (6 langkah masing-masing 60°). Oleh karena hanya enam langkah, inverter tidak sinusoidal sempurna mengakibatkan pemanasan berlebih di motor yang mengakibatkan motor mesti dijalankan di bawah nilai *rating*-nya.



Gambar 10. Gelombang Output Inverter Tegangan

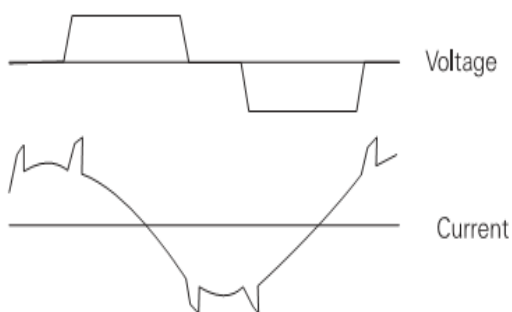
Current Source Inverter (CSI)

Jenis inverter satu ini menggunakan SCR untuk menghasilkan tegangan DC-link yang bervariasi untuk suplai ke bagian inverter yang juga terdiri dari SCR untuk menyaklarkan keluaran ke motor. Beda dengan VVI yang mengontrol tegangan, CSI justru mengontrol arus yang akan disuplai ke motor.. Berikut gambaran sederhana inverter sumber arus.

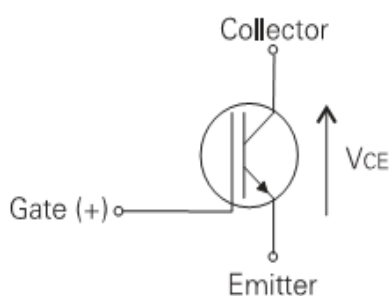


Gambar 11. Sumber Arus Inverter

Percikan arus akibat proses penyaklaran dapat dilihat pada keluaran jika kita mengukurnya menggunakan *oscilloscope*. Pada kecepatan rendah sifat arus yang pulsatif dapat mengakibatkan motor tersendat 'cog'.

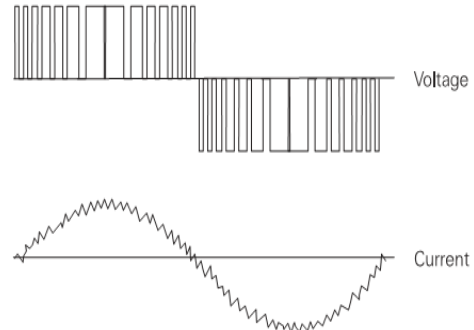


Gambar 12. Gelombang Output Inverter Sumber Arus



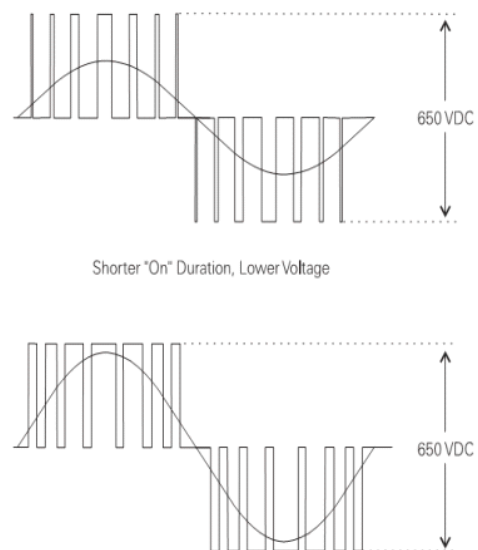
Gambar 13. Gerbang Transistor Bipolar

Berikut gambaran gelombang keluaran inverter PWM. Penjelasan PWM sendiri adalah di luar dari bahasan kita kali ini.



Gambar 14. Gelombang PWM

Untuk frekuensi rendah yang membutuhkan tegangan rendah, durasi ini akan diperpendek hingga pembentukan arus dan tegangan motor akan lambat.



Gambar 15. Gelombang untuk mengendalikan amplitudo tegangan PWM

PEMBAHASAN

Inverter

Inverter merupakan alat untuk mengatur kecepatan putaran motor dengan cara mengubah frekuensi listrik sesuai dengan kecepatan motor yang diinginkan. Secara

sederhana prinsip dasar dari Inverter (Variabel Frequency Drive) 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.

Inverter ini sendiri terdiri dari beberapa sirkuit penting yaitu sirkuit converter (yang berfungsi untuk mengubahnya daya komersial menjadi DC serta menghilangkan ripple atau kerut yang terjadi pada arus ini) serta sirkuit inverter (frekuensi yang dapat diatur-atur). Inverter juga memiliki sebuah sirkuit pengontrol.

Inverter juga dapat dibedakan dengan cara pengaturan tegangan-nya, yaitu:

- Voltage Fed Inverter (VFI) yaitu inverter dengan tegangan input yang diatur konstan
- Current Fed Inverter (CFI) yaitu inverter dengan arus input yang diatur konstan
- Variable dc linked inverter yaitu inverter dengan tegangan input yang dapat diatur.

Berikut rumus dasar pengaturan RPM yang tergantung dari frekuensi dan jumlah kutub (pole):

$$N_s = 120.f/p$$

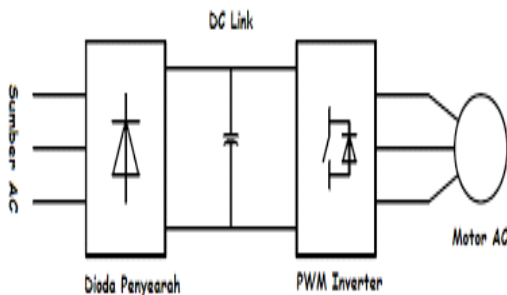
Ket:

n : Kecepatan Motor (rpm)

f : Frekuensi Listrik (Hz)

P : Jumlah Kutub Motor

Prinsip Kerja Inverter



Gambar 16. Bagian Utama dari Inverter

Sumber Arus AC masuk ke rangkaian rectifier (penyearah) untuk menjadikan arus AC ke DC kemudian listrik AC yang telah 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. 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. Setelah itu arus dialirkan ke motor listrik dengan mengubah frekuensi listrik untuk mengatur kecepatan motor listrik yang diinginkan.



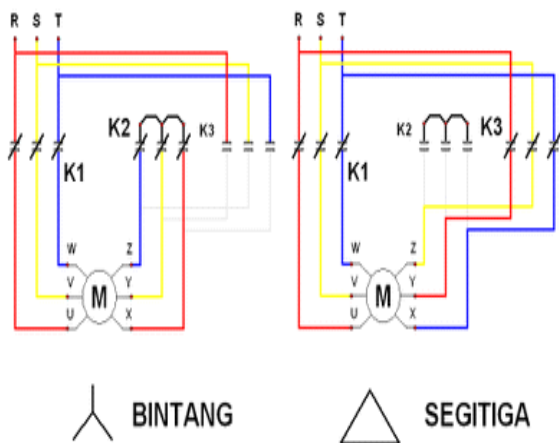
Gambar 17. Panel Inverter di PDAM Tirta Musi Unit Pelayanan KM IV Palembang



Gambar 18. Inverter di Unit Pelayanan KM4 PDAM Tirta Musi Palembang

Rangkaian Start Star Delta

Rangkaian star delta adalah suatu rangkaian utk menjalankan motor listrik, dimana pada saat start menggunakan hubungan star dan beberapa saat kemudian berubah menjadi delta. Tujuannya adalah untuk mengurangi arus start yg cukup tinggi



Gambar 19. Rangkaian Star Delta

Rangkaian star delta ini diawali dengan hubung star terlebih dahulu, setelah itu baru terhubung delta.

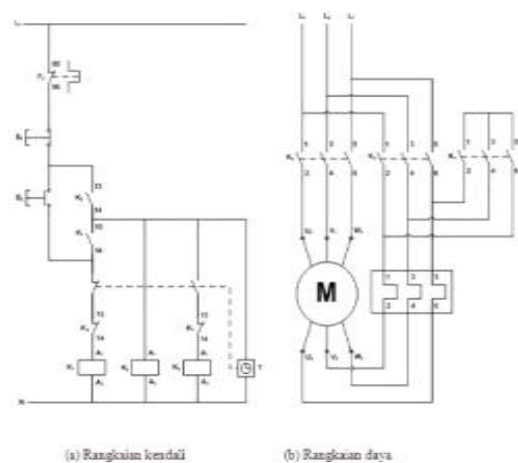
Penjelasan:

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa wiring star delta menggunakan 3 buah kontaktor utama yang terdiri dari K1 (input utama) K2 (hubung star) dan K3 (hubung delta). Dan semua itu disebut juga rangkaian utama.

Pada gambar, ketika K1 dan K2 aktif atau berubah menjadi NC maka hubungan yang terjadi pada motor menjadi hubung star, dan ketika K2 menjadi NO maka K3 pada saat yang bersamaan menjadi NC. Dan perubahan ini menyebabkan rangkaian pada motor menjadi hubung delta.

Prinsip Kerja Rangkaian Start Star Delta

1. Kondisi off: semua kontaktor belum aktif dan anak kontaknya masih diposisi normalnya
2. Kondisi Star: Kontaktor utama K3 dan dan bintang k1 akan aktif dengan kontaktor delta tidak aktif. Belitan motor akan terhubung bintang dengan konsumsi arus sekitar 1/3 dari arus DOL
3. Kondisi Delta: Kontaktor utama K3 dan delta K2 aktif sementara kontaktor K1 tidak aktif. Motor akan terhubung delta mendapatkan tegangan dan daya serta torsi penuh dari supply.
4. Berikut Gambar Rangkaiannya:



Gambar 20. Rangkaian Start Star Delta

Cara kerjanya: jika tombol start S2 ditekan, arus mengalir melalui F2 – S1 – S2 – kontak bantu timer T (NC) – kontak bantu K3 – K1. Kontaktor magnetik 1 (K1) bekerja dan motor terhubung dalam lilitan bintang. Saat itu juga kontak bantu K1 (NC) membuka dan kontak bantu K1 (NO) menutup sehingga arus mengalir melalui F2 – S1 – S2 – kontak bantu K1 (NO) – K2. Kontaktor magnetik 2 (K2) bekerja dan motor terhubung pada sumber tegangan. Pada saat yang sama kontak bantu K2 (NO) menutup dan timer T bekerja. Setelah t detik kontak bantu T (NC) membuka sehingga K1 tidak dilewati arus (K1 tidak bekerja), kontak bantu T (NC) menutup, arus mengalir melalui F2 – S1 – kontak K2 (NO) – kontak bantu T (NO) – kontak bantu K1 (NC) – K3. Kontaktor magnetik K3 bekerja, motor terhubung dalam belitan delta. Tombol S1 digunakan untuk melepaskan motor dari sumber tegangan.



Gambar 21. Panel Star Delta di PDAM Tirta Musi Unit Pelayanan KM IV Palembang

Perhitungan konsumsi pemakaian listrik dengan Start star delta

Untuk Mencari daya

$$\begin{aligned} P &= V.I \\ &= 380V \times 200A \\ &= 76000 \text{ Watt (76KW)} \end{aligned}$$

Jika perhitungan tarif PLN perjam Rp.680 = dihidupkan selama 8 jam perhari dalam 30 hari kerja. Maka pemakaian listrik sebulan :tarif/ kWh x kW

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 680 \times 76 \\ &= \text{Rp.}51.680/\text{jam} \end{aligned}$$

Jadi besar daya pemakaian energi listrik untuk mengoperasikan 1 pompa dengan start star delta dalam satu bulan (30hari) bekerja selama 24 jam penuh adalah:

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 51.680 \times 1 \text{ pompa} \times 24 \text{ jam} \times \text{satu bulan (30 hari)} \\ &= \text{Rp. } 37.209.600,- \end{aligned}$$

Jika seandainya 9 pompa semuanya = Rp. 51.680 x 9 pompa x 24 jam x satu bulan (30 hari) = Rp. 334.886.400,-

*sampel ini diambil pada tanggal 25 April 2014 pada pompa transfer kenten di Booster Unit Pelayanan Km4 Palembang.

Perhitungan konsumsi pemakaian listrik menggunakan Inverter

Untuk Mencari daya

$$\begin{aligned} P &= V.I \\ &= 380V \times 190 A \\ &= 72200 \text{ Watt (72KW)} \end{aligned}$$

Jika perhitungan tarif PLN perjam Rp.680 = tarif/kWH x kW

$$= \text{Rp. } 680 \times 72 = \text{Rp.}48.960/\text{jam}$$

Jadi besar daya pemakaian energi listrik untuk mengoperasikan 1 pompa dengan start star delta dalam satu bulan (30hari) bekerja selama 24 jam penuh adalah:

= Rp. 48.960 x 1 pompa x 24 jam x satu bulan (30 hari)

= Rp. 35.251.200,-

Jika seandainya 9 pompa semuanya dihidupkan selama 8 jam perhari dalam 30 hari kerja. Maka pemakaian listrik sebulan :

= Rp. 48.960 x 9 pompa x 24 jam x satu bulan (30 hari)

= Rp. 317.260.800,-

*sampel ini diambil pada tanggal 25 April 2014 pada pompa transfer kenten di Booster Unit Pelayanan Km4 Palembang.

Persentase penghematan biaya antara menggunakan inverter dan start star delta

Jumlah biaya total dari konsumsi pemakaian listrik menggunakan inverter Rp. 317.260.800,-

Jumlah biaya total dari konsumsi pemakaian listrik menggunakan start star delta Rp. 334.886.400,-

=Rp.334.886.400-Rp.317.260.800

= Rp. 17.625.600,-

Jadi persentasenya

= 100 %

= 20 %

$$\frac{Rp.17.625.600,-}{Rp.334.886.400} =$$

Rp. 334.886.400

Jadi persentase penghematan biaya antara menggunakan inverter dan start star delta adalah 20 %.

KESIMPULAN

Kesimpulan

a. Untuk mengurangi arus start yg cukup tinggi. Star asalnya dari hubungan (connection) yg berbentuk bintang.delta

asalnya dari hubungan yg berbentuk segi tiga.

- b. Keuntungan dari menggunakan inverter adalah dapat mengubah putaran motor melalui perubahan frekuensi dan memperkecil arus sebaliknya jika dengan start star delta arus yang digunakan lebih besar.

Saran

1. Sebaiknya semua motor pompa menggunakan inverter
2. Motor pompa yang sudah tua sebaiknya diganti secara berkala agar menghindari terjadinya keterlambatan penyaluran air.
3. Untuk menghindari hal yang tak diinginkan seperti lampu padam, sebaiknya di tiap unit menggunakan generator untuk mendukung kelangsungan penyaluran air.

DAFTAR PUSTAKA

Albert Paul Malvino, Ph.D, *Prinsip-prinsip Elektronika*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1985.

Nur Ali Amin, *Modul Pengendalian Motor Dc*, Laporan Kerja Praktek, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, 2000.

William Hayt H Jr, Kemmerley Jack, *Rangkaian Listrik I*, diterjemahkan oleh Silaban, Erlangga, Jakarta,1985.

Heres Deny Wasito “Pengaturan tekanan pada pompa air PDAM untuk menjaga kestabilan pelayanan konsumen dan pengaruh pada manajemen energi listrik”, 2002.

Rizki Jafhianita “Pengaturan motor induksi 3 phasa sebagai penggerak listrik menggunakan inverter”, 2008.