



TAIWAN



THAILAND

SINGAPORE



INDONESIA



PROSIDING SEMINAR NASIONAL



POLINES

NATIONAL ENGINEERING SEMINAR II (PNES II) 2014

PERAN PERGURUAN TINGGI di INDUSTRI MANUFAKTUR MENYONGSONG ERA AEC 2015



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI SEMARANG

Buku II

ISBN 978-979-3514-46-8



Politeknik Negeri Semarang, 12 November 2014



Prosiding Seminar Nasional

Polines National Engineering Semarang (PNES)II 2014 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang



Reviewer

Prof. Dr. Erry Yulian T. Adesta (UIA Malaysia)
Ass Prof. Dr. Sukur Abu Hasan (UTM)
Dr. Drs. Anwar Sukito Ardjo, M.Kom (Polines)
Dr. Eng. Sidiq Syamsul Hidayat, ST, MT. (Polines)
Dr. Bambang Supriyo (UNY)
Dr. Darwin Rio Budi Syaka, ST, MT (UNJ)
Dr. M. Tauviquirrahman ST, MT (UNDIP)
Dr. Rifky Ismail, MT (UNDIP)

Lay Out:

M Denny Surindra, ST, MT
Anis Roihatin, ST, MT

Diterbitkan Oleh:

Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Semarang

ISBN 978-979-3514-46-8

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah kami haturkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa sehingga Polines National Engineering Seminar (PNES) II 2014 dapat terlaksana. PNES merupakan kegiatan yang dilaksanakan rutin setiap dua tahun oleh Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang. PNES II tahun 2014 ini dilaksanakan pada hari Rabu, 12 November 2014 di Plaza Hotel Semarang dan mengambil tema “Peran Perguruan Tinggi di Industri Manufaktur Menyongsong Era AEC 2015”. Dengan tema tersebut, diharapkan dapat menguatkan atmosfer akademik, pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi dari sisi pengembangan SDM yang diarahkan untuk memberikan dukungan pencapaian visi dan misi untuk menyongsong AEC 2015.

Prosiding ini disusun dalam 3 topik utama, yaitu (1) Perancangan, Manufaktur dan Material, Otomotif dan Perawatan Industri, (2) Konversi Energi, Kimia Industri dan Lingkungan, serta (3) Mekatronika dan Elektronika Industri, Teknologi Telekomunikasi dan Teknologi Informasi. Keseluruhan makalah yang termuat dalam prosiding ini berjumlah 106 makalah yang berasal dari 20 institusi perguruan tinggi.

Panitia PNES II 2014 mengucapkan terima kasih kepada jajaran direksi Politeknik Negeri Semarang, para pembicara kunci, para pemakalah yang berkontribusi dalam buku ini, seluruh civitas akademika jurusan Teknik Mesin Khususnya dan Politeknik Negeri Semarang pada umumnya, donatur dan semua partisipan yang menghadiri seminar ini

Panitia PNES 2014 juga menyampaikan permohonan maaf yang setinggi-tingginya apabila ada kesalahan dalam proses editing dan lainnya. Kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pemakalah maupun pembaca pada umumnya.

PANITIA PNES II 2014

**PANITIA SEMINAR NASIONAL
POLINES NASIONAL ENGINEERING SEMINAR (PNES) II 2014
POLITEKNIK NEGERI SEMARANG**

Penanggung Jawab: Sugeng Ariyono, B.Eng, M.Eng, Ph.D.

Ketua Pelaksana : Dr. Totok Prasetyo, B.Eng, MT
Wakil Ketua : Drs. Poedji Haryanto, S.ST, MT

Sekretaris : M Denny Surindra, ST, MT
Anis Roihatin, ST, MT
Ariawan Wahyu P , ST, M.Eng
Hery Tristijanto, ST, M.Eng
Aryo Satito, ST, M.Eng
Drs. Amrul
Joko Mujihartono, ST
Rusli, SE
Mulyono, Amd

Bendahara : Suwarti, ST, MT
Dwiana Hendrawati, ST, MT

Humas : Bambang Sumiyarso, ST, MT
F. Gatot Sumarno, ST, MT

Reviewer Seminar

1. Prof. Dr. Erry Yulian T. Adesta (UIA Malaysia)
2. Ass Prof. Dr. Sukur Abu Hasan (UTM)
3. Dr. Drs. Anwar Sukito Ardjo, M.Kom (Polines)
4. Dr. Eng. Sidiq Syamsul Hidayat, ST, MT. (Polines)
5. Dr. Bambang Supriyo (UNY)
6. Dr. Darwin Rio Budi Syaka, ST, MT (UNJ)
7. Dr. M. Tauviqirrahman ST, MT (UNDIP)
8. Dr. Rifky Ismail, MT (UNDIP)

Sekretariat

Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang
Semarang, Indonesia 50275
Telp.(024) 7473417, 7499585
Email: pnespolines@gmail.com
Web: www.polines.ac.id/pnes2-2014

DAFTAR ISI

PENGGUNAAN VSD PADA POMPA BOOSTER UNTUK PENGHEMATAN PEMAKAIAN DAYA LISTRIK Adhi kusmantoro' Agus Nuwolo	C.1
KONDUKTIFITAS LISTRIK SAMBUNGAN BAHAN PADUAN TEMBAGA DAN PADUAN ALUMINIUM PADA SAMBUNGAN FRICTION WELDING Adhi Purnomo	C.9
ANALISIS TINGKAT KEBISINGAN SESAAT KERETA API BARANG DI STASIUN PRUJAKAN Agus Margiantono	C.22
IBM UNTUK PERPUSTAKAAN SEKOLAH DIKOTA SEMARANG Agus Margiantono	C.32
PENGGUNAAN TEKNIK INFRARED THERMOGRAPHY UNTUK MENGETAHUI KINERJA PANEL UTAMA PT.BINTANG GASING PERSADA Agus Nuwolo, Adhi kusmantoro	C.39
REKONFIGURASI JARINGAN DALAM MENGISOLASI GANGGUAN SHORT CIRCUIT PADA SISTEM MICROGRID Andarini Asri, Yanuar Mahfudz S., Ontoseno Panangsang, Rony Seto Wibowo	C.48
APLIKASI LOGIKA FUZZY UNTUK MENGETAHUI KADAR GAS KARBON MONOKSIDA (CO) DAN KARBON DIOKSIDA (C02) SEBAGAI OPTIMASI KUALITAS UDARA Andi Kurniawan N, Diah Setyati B	C.57
PREDIKSI ENERGI ARC FLASH UNTUK PEMILIHAN PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT (PPE) MENGGUNAKAN METODE BACKPROPAGATION LAVENBERG MARQUARDT Andikta Dwi Hirlanda , Margo Pujiantara , Ardyono Priyadi	C.74
GREY FORECASTING UNTUK MENENTUKAN JUMLAH KEDATANGAN WISATAWAN Anung Kharista M, Adhistya Erna P, Indriana Hidayah	C.81
EKSPLORASI DBMS SPATIO-TEMPORAL UNTUK PENANGANAN UNPREDICTABLE DATA DAN MOVING OBJECT Atika Yusuf, Nisa'ul Hafidhoh , Hira Laksmiwati , Yani Widayani	C.88
PEMANFAATAN TEKNOLOGI MIKROSTRIP UNTUK RANCANG BANGUN ANTENA LOOP ARRAY 4 ELEMEN Budi Basuki Subagio	C.95
DESAIN 3 D (TIGA DIMENSI) MEDIA PEMBELAJARAN ILMU PENGETAHUAN ALAM (TATA SURYA) Budi Suyanto	C.100

SERTIFIKASI MULTIMEDIA KLASSTER DIGITAL ANIMATOR 3D BERDASARKAN SKKNI Candra Irawan, Agus Winarno	C.106
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN INSPECTING STATION YANG TERINTEGRASI DENGAN STORAGE STATION DI LAB. OTOMASI POLMAN ASTRA Djoko Subagio, Lin Prasetyani, Muhammad Chaerullah	C.110
KESTABILAN TEGANGAN DENGAN PENERAPAN KONVERTER PADA MODEL SISTEM PLTB (TURBIN GORLOV) Dwiana Hendrawati, Suwarti	C.119
PEMANFAATAN TERALIS BESI SEBAGAI PENANGKAL GELOMBANG ELEKTROMAGNET (SANGKAR FARADAY) Eddy Triyono	C.125
ANALISIS APLIKASI PERALATAN LISTRIK RUMAH TINGGAL BERBASIS ELEKTRONIK SEBAGAI BEBAN PADA RUMAH TINGGAL Heri Budi Utomo, Agus Sofwan	C.132
PEMELIHARAAN JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN MENENGAH 20 KV Hery Setijasa	C.141
APLIKASI PEMANDU WISATA VIRTUAL SEBAGAI LAYANAN INFORMASI WISATA DI JAWA TENGAH Mardiyono, Arum Dwiariyanti, Ari Sriyanto Nugroho	C.155
PEMANFAATAN SMS BANKING UNTUK KONFIRMASI PEMBAYARAN E- COMMERCE Muhammad Arifin	C.163
OPTIMASI PEMAKAIAN BAHAN BAKAR DAN PRODUKSI EMISI BERBASIS PARTICLE SWARM OPTIMIZATION PADA PEMBANGKIT HIDRO-TERMAL Pramesti K, Muhammad Haddin Supari	C.170
DYNAMIC OPTIMAL POWER FLOW MENGGUNAKAN PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO) Rosyidatul Makmuria , Adi Soeprijanto, Rony Seto Wibowo1	C.178
RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KETINGGIAN DAN PH AIR DALAM TANGKI DENGAN TRANSMISI DATA NIRKABEL Rusiana, Novie Ayub W, Javan Aristianto P	C.191
GENERATOR NADA PADA ARDUINO UNTUK PENGGUBAHANMELODI LAGU Samuel Beta	C.192

SOLAR ENERGY ELECTRIC 10KW WITH “SLIVER 3000” AND CHANGEVER SWITCH BASED PLC FESTO AND GREEN POWER GAS GENERATOR SET WITH GRID LINE LPG FUEL Suprpto Widodo' Gunoro' M. Syahrudin	C.201
PERANCANGAN DAYA PADA STATOR DINAMOMETER ARUS EDDY Supriyo	C.212
PERANCANGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS PENDISTRIBUSIAN BERAS UNTUK RAKYAT MISKIN (RASKIN) DI KABUPATEN KUDUS Supriyono	C.217
RANCANG BANGUN ALAT BANTU PEMBELAJARAN SIMULASI VARIASI GERAK SILINDER PNEUMATIK BERBASIS MIKROKONTROLER Suyadi, Wahyu Djalmono	C.224
RANCANG BANGUN ROBOT BERODA BERBASIS ANDROID MENGUNAKAN KOMUNIKASI WIRELESS Syahid	C.233
EVALUASI DAMPAK ALGA PADA ISOLATOR POLIMER Teguh Aryo Nugroho, I Made Yulistya N, Dimas Anton Asfani	C.244
PENGARUH SOIL TREATMENT TERHADAP PENURUNAN TAHANAN PENTANAHAN PADA ELEKTRODE BATANG TUNGGAL Wiwik Purwati W, Niepa Martatieh, Aswin Bahar	C.250
STUDI BEBAN SECTION DAN PERBANDINGAN DROP TEGANGAN UNTUK MENENTUKAN ALTERNATIF MANUVER JARINGAN PENYULANG PT PLN (PERSERO) UNIT LAYANAN SALATIGA Aji Hari Riyadi	C.256
RANCANG BANGUN <i>AUTOMATIC WATER LEVEL RECORDING</i> (AWLR) BERBASIS ATMega 128 Andi Kurniawan Nugroho, Edy Susilo, Diah Setyati Budiningrum	C.262
STUDI KASUS: KERUSAKAN BAGIAN PROFIL ULIR LUAR <i>DRAWBAR</i> PADA MESIN FREIS ACIERA TIPE F3 DI BENGKEL MESIN POLINES Lorentius Yosef Sutadi	C.269



**TOPIK C. MEKATRONIKA, ELEKTRONIKA INDUSTRI,
TEKNOLOGI TELEKOMUNIKASI DAN
TEKNOLOGI INFORMASI**



ProsidingPNES II2014
JurusanTeknikMesinPoliteknikNegeri Semarang
ISBN 978-979-3514-46-8

PENGUNAAN VSD PADA POMPA BOOSTER UNTUK PENGHEMATAN PEMAKAIAN DAYA LISTRIK

Oleh :

Adhi kusmantoro¹ Agus Nuwolo²

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang

Jl. Sidodadi Timur No.24 – Dr.Cipto Semarang

¹Email : adhitekNIK@gmail.com

²Email : agusnuwolo150461@gmail.com

Abstrak

VSD (Variable Speed Drive) yang lebih dikenal dengan inverter berfungsi untuk mengatur kecepatan motor induksi baik satu fasa maupun tiga fasa. Pengaturan kecepatan dilakukan dengan mengubah frekuensi masukan menjadi frekuensi yang diinginkan. Pompa booster berfungsi untuk mentransfer kebutuhan air dari bak tandon air menuju beberapa tempat yang diinginkan. Pompa booster banyak yang menggunakan sistem pengendali DOL (Direct Online) sehingga arus start motor cukup tinggi, apalagi motor pompa booster seringkali dilakukan starting. Hal ini menyebabkan konsumsi daya yang juga cukup besar dan sistem pengendali pompa booster bekerja tidak efisien. Untuk mengatasi konsumsi daya yang besar maka pada panel pengendali pompa booster digunakan perangkat VSD atau inverter. Pada saat kita memerlukan air pada tempat yang diinginkan motor pompa booster bekerja pada kecepatan penuh atau sesuai frekuensi motor. Pada saat kebutuhan air sudah terpenuhi maka motor pompa booster berputar pada frekuensi rendah, sehingga konsumsi daya yang diperlukan rendah. Di samping itu dengan menggunakan VSD arus starting motor pompa booster lebih rendah jika di bandingkan menggunakan sistem DOL. Penggabungan zelio smart relay dan VSD menghasilkan kinerja yang baik untuk menghasilkan penghematan daya listrik.

Kata Kunci : VSD, Booster pump, Pengendali DOL, Smart Relay

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi elektronika daya pada saat sekarang sudah mengalami perkembangan yang cukup cepat. Hal ini terbukti dari teknologi inverter yang dikenal dengan VSD (*variable speed drive*) dan bidang automation (PLC), baik dari Siemens, Mitsubhisi, Schneider, Teco, Omron yang setiap waktu terus berkembang teknologinya. Perkembangan tersebut tidak hanya dilihat dari sisi teknologi tetapi juga dalam pemakaian daya listrik atau penghematan energi listrik. Pompa merupakan alat mekanis yang berfungsi untuk memindahkan cairan dari suatu tempat menuju tempat lain. Selain itu pompa berfungsi untuk meningkatkan kecepatan dan tekanan cairan serta ketinggian cairan. Pompa booster digunakan untuk menambah tekanan cairan. Hal ini banyak digunakan pada gedung seperti hotel, rumah sakit yang seringkali membutuhkan tekanan cairan agar sampai pada tempat yang diinginkan. Pemakaian pompa booster yang semula menggunakan sistem pengendali DOL (*Direct Online*) pada saat sekarang sudah mulai menggunakan VSD. Metode pengendalian pompa booster sudah mulai menggabungkan antara VSD dengan PLC. Hal ini dilakukan agar efisiensi penghematan energi listrik dapat dilakukan secara maksimum.

Inverter yang digunakan untuk motor induksi baik satu fasa maupun tiga fasa berfungsi untuk mengatur kecepatan motor dengan cara mengubah frekuensi masukan yang tetap menjadi frekuensi keluaran yang dapat di atur. Konsep pengaturan kecepatan motor induksi mengikuti persamaan sebagai berikut :

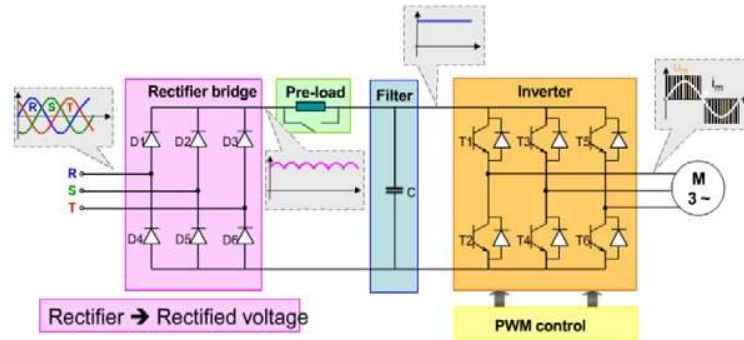
$$f = \frac{n \times p}{120} \dots\dots\dots(1.1)$$

Dimana :

f = frekuensi (hertz)

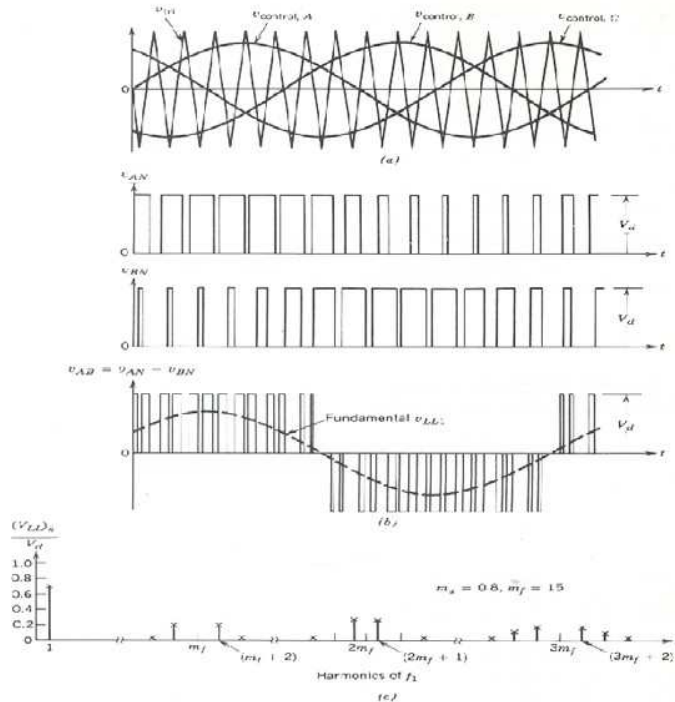
p = jumlah kutub

n = kecepatan motor (rpm)



Gambar 1.1 Rangkaian daya VSD

Dari gambar 1.1 terlihat VSD terdiri dari rangkaian penyearah dengan filter kapasitor (C) yang berfungsi untuk menyearahkan sumber listrik tiga fasa menjadi tegangan searah. Rangkaian utama dari VSD ini adalah rangkaian jembatan transistor yang berfungsi untuk mengubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak – balik (AC). Tegangan AC dari VSD ini yang digunakan untuk menjalankan motor listrik. Pengaturan frekuensi pada tegangan keluaran VSD dilakukan dengan pengendali PWM (PWM control) (Aryanto DA, 2014).



Gambar 1.2 Bentuk gelombang inverter tiga fasa

Inverter yang banyak digunakan untuk menjalankan motor pompa menggunakan metode modulasi lebar pulsa (PWM). Untuk membangkitkan sinyal PWM digunakan gelombang sinusoida dengan

frekuensi dari 0 sampai dengan 50 Hz dan gelombang segitiga sebagai gelombang pembawa. Sinyal PWM dihasilkan dengan membandingkan gelombang sinusoida dengan tegangan $V_{control}$ dan gelombang segitiga. Sinyal PWM yang dihasilkan digunakan untuk *switching* transistor pada rangkaian jembatan inverter (Issa Batarseh, 2004). Dalam inverter tiga fasa terdapat indeks modulasi amplitudo dan frekuensi yang dinyatakan dengan persamaan :

$$m_a = \frac{V_{control}}{V_{tri}} \dots\dots\dots(1.2)$$

$$m_f = \frac{f_s}{f_1} \dots\dots\dots(1.3)$$

Sedangkan tegangan keluaran inverter tiga fasa dapat dinyatakan dengan :

$$V_{AN} + V_{BN} + V_{CN} = 0 \dots\dots\dots(1.4)$$

$$V_{AN} = \frac{1}{2} (2V_{A0} - V_{B0} - V_{C0}) \dots\dots\dots(1.5)$$

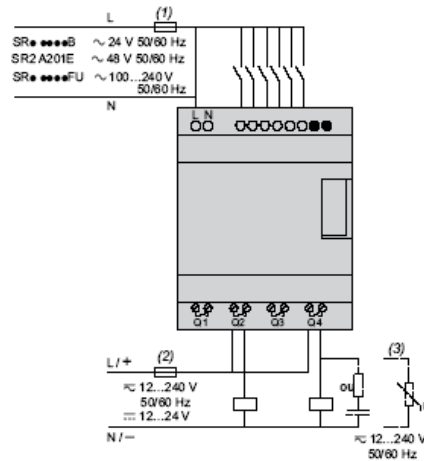
$$V_{BN} = \frac{1}{2} (2V_{B0} - V_{A0} - V_{C0}) \dots\dots\dots(1.6)$$

$$V_{CN} = \frac{1}{3} (2V_{C0} - V_{A0} - V_{B0}) \dots\dots\dots(1.7)$$

Smart relay merupakan perangkat kendali yang digunakan untuk menggantikan kontrol relay yang biasanya banyak digunakan untuk sistem otomasi sederhana. Zelio adalah smart relay yang juga merupakan keluarga PLC yang dikeluarkan oleh *schneider electric* yang tersedia dalam bentuk *compact* atau bentuk *modular*. Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh smart relay adalah :

1. Mudah digunakan terutama untuk aplikasi otomasi yang sederhana.
2. Mudah dalam merancang dan mengubah program.
3. Pada aplikasi otomasi sederhana membutuhkan biaya yang lebih murah.
4. Dapat diandalkan untuk aplikasi otomasi yang lebih rumit.

Smart relay memiliki dua jenis masukan, yaitu masukan yang bersifat diskret dan masukan yang bersifat analog. Smart relay yang membutuhkan sumber tegangan searah (DC) memiliki dua jenis masukan (masukan diskret dan masukan analog). Smart relay dengan sumber tegangan AC hanya memiliki masukan diskret saja. Untuk membuat program otomasi dengan smart relay dapat dilakukan secara langsung pada layar (*console programming*) dan menggunakan komputer (PC). Jenis program yang dibuat dapat dibuat dengan ladder diagram (LD) dan fuction block diagram (FBD) menggunakan software zelio soft 2. Tidak semua smart relay dapat diprogram menggunakan function block diagram (schneider, 2005).



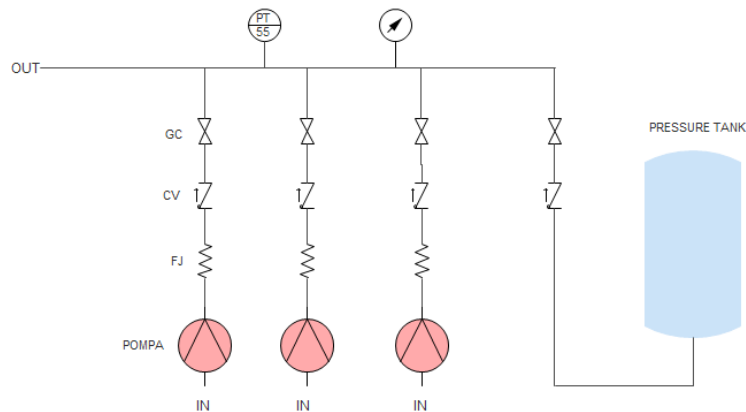
Gambar 1.3 Wiring diagram zelio smart relay

II. METODE PENELITIAN

Observasi Data

Dalam melakukan perancangan pengendali pompa booster menggunakan VSD dibutuhkan data sebagai berikut :

1. Motor pompa (3 x 5,5 KW).
2. Type pompa 50 x 40 FSH.
3. Kapasitas pompa 3 x 200 liter/menit.
4. Lokasi pompa di gedung Best Western (BWS) Semarang.



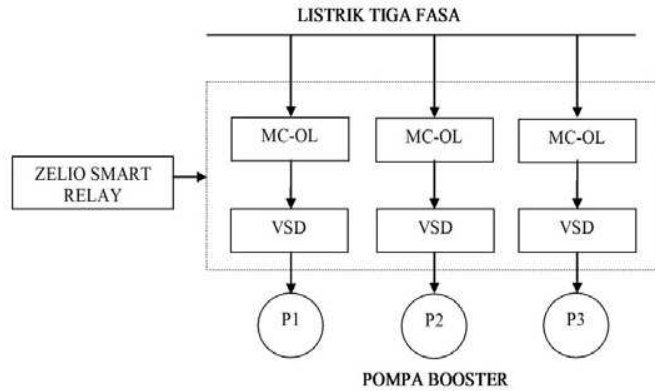
Gambar 2.1 Instalasi pompa booster

Perancangan Rangkaian Pengendali

Dalam melakukan perancangan pengendali pompa booster dibutuhkan perangkat sebagai berikut :

1. Zelio SR2A201FU.
2. Pressure transmitter (0 – 25 mA).
3. VSD ATV212.
4. Kontaktor tiga fasa tipe TeSys D.
5. Thermal overload relay.

6. Relay RSL1PVBU.
7. MCB tiga fasa 20 A.
8. MCCB tiga fasa 32 A.



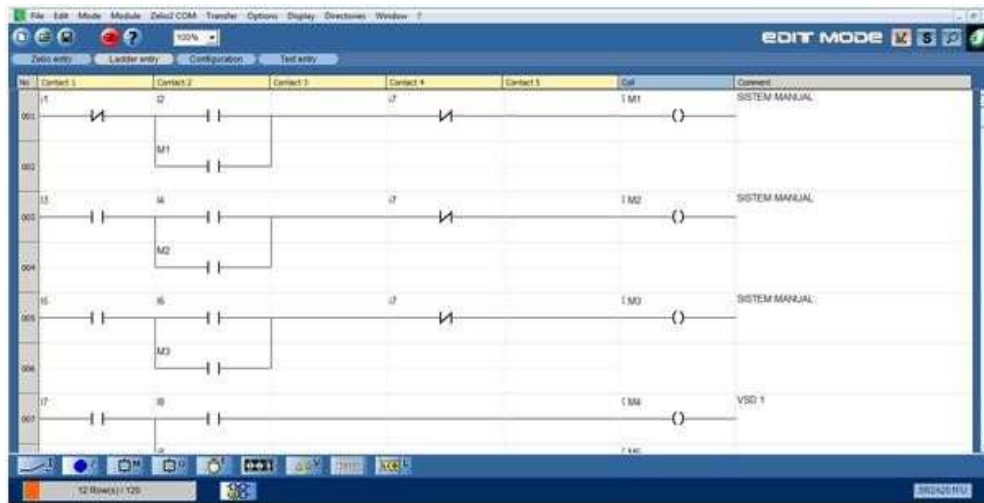
Gambar 2.2 Blok diagram rangkaian utama

Dalam blok diagram rangkaian utama zelio smart relay digunakan untuk mengendalikan VSD, baik secara manual maupun secara *automatic*. Untuk mengendalikan tiga pompa digunakan tiga VSD dengan tipe yang sama. Kecepatan motor pompa dapat berubah menjadi rendah atau tinggi tergantung dari tekanan air di dalam jaringan pipa. Dalam perancangan tekanan air di atur pada tekanan 2 bar. Jika pompa 1 tidak dapat memenuhi tekanan 2 bar maka pompa 2 akan berputar pada kecepatan penuh untuk membantu supaya tekanan 2 bar tercapai. Jika dengan pompa 2 masih belum bisa mencapai tekanan 2 bar, pompa 3 akan berputar pada kecepatan penuh. Jika tekanan air sudah tercapai maka pompa 1 sampai dengan pompa 3 akan berputar pada kecepatan yang paling rendah.



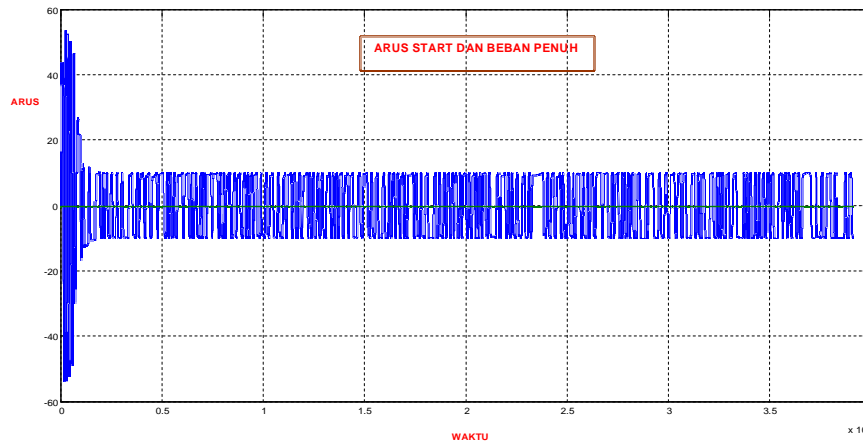
Gambar 2.3 Algoritma proses pengendalian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

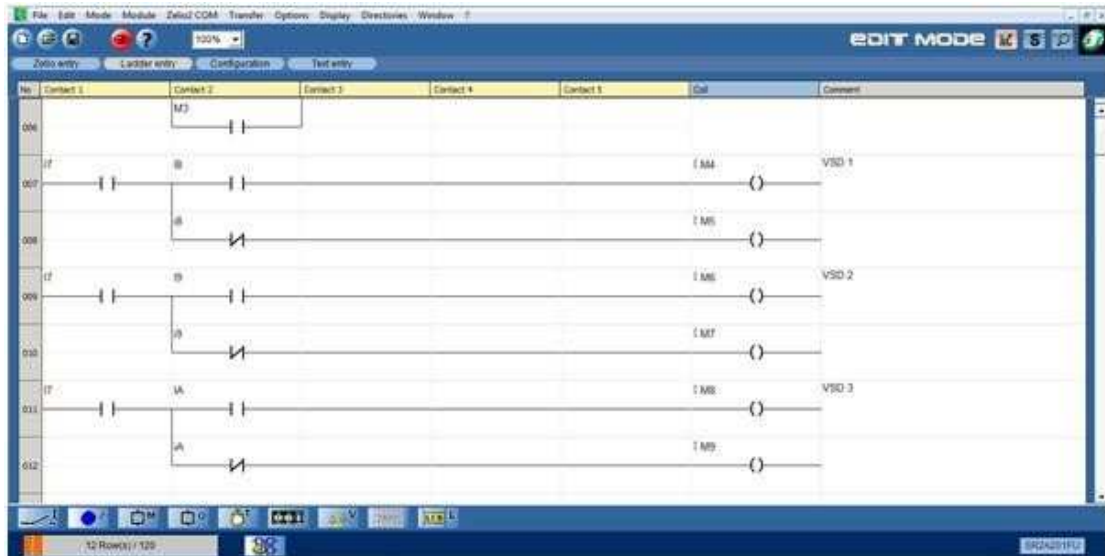


Gambar 3.1 LD pompa bekerja secara manual

Pada perancangan LD pompa secara manual, pompa booster dapat dioperasikan dan dihentikan secara manual menggunakan tombol push button. Masing – masing pompa booster mempunyai tombol start dan stop sendiri. Gambar 3.2 memperlihatkan arus starting motor dengan DOL dan tanpa VSD. Metode ini menghasilkan arus starting yang tinggi yaitu 54 A dalam waktu 0,15 detik. Motor yang digunakan bekerja pada arus beban penuh 10A.

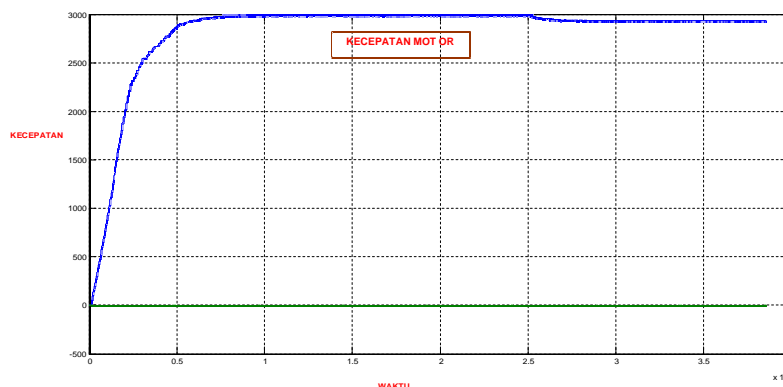


Gambar 3.2 Arus start dengan DOL



Gambar 3.3 LD pompa menggunakan VSD

LD pompa booster menggunakan VSD diatur oleh sensor tekanan dan dioperasikan secara *automatic*. Pompa 1 sampai dengan pompa 3 berputar pada kecepatan penuh atau pada kecepatan rendah secara berurutan. Grafik kecepatan motor pompa diperlihatkan pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Grafik kecepatan motor pompa

IV. KESIMPULAN

1. Zelio smart relay dapat digunakan sebagai pengendali utama pada VSD untuk mengatur proses kerja pompa booster.
2. Penggabungan antara zelio smart relay dan VSD membuat proses pengendalian pompa booster berjalan secara efektif.
3. Dengan menggunakan VSD dalam menjalankan pompa booster dapat membuat arus starting motor rendah jika dibandingkan menggunakan sistem DOL atau star delta, sehingga terjadi penghematan konsumsi daya listrik.
4. Sensitivitas sensor untuk mengetahui dan mendeteksi tekanan air dalam jaringan pipa akan berpengaruh terhadap kinerja VSD.

DAFTAR PUSTAKA

- Ewald F. Fuchs, Mohammad A. S. Masoum : Power Quality in Power Systems and Electrical Machines. Elsevier Academic Press, 2008.
- Issa Batarseh : Power Electronic Circuits. New York : John Wiley, 2004.
- J. Arrillaga, N. R. Watson : Power System Harmonics. New York: John Wiley, 2003.
- J. Arrillaga, N.R. Watson, S. Chen: Power System Quality Assessment. New York : John Wiley, 2000.
- Leonard L. Grigsby : Power Systems. CRC Press, 2007.
- Oktavianus Dwi Artyanto, VSD dan Soft Starter, Schneider electric, 2014.
- PPPTK, VEDC, Mesin Listrik , Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- Rashid, M.H., 1993, "Power Electronics: Circuit, Devices, and Application", Prentice Hall International, INC., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Schneider, 2005. Zelio-Logic Smart Relay (catalogue).
- Wilson E. Kazibwe and Mucoke H. Senduala : Electric Power Quality Control Techniques. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.