

## PERANCANGAN DAN REALISASI PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR *BOOSTER PUMP* MENGGUNAKAN VSD BERBASIS PLC-HMI TERINTEGRASI SCADA

<sup>1</sup>Akmal Farizi, <sup>2</sup>Afianiq R.A., <sup>3</sup>Dhia S.M., <sup>4</sup>Anicetus Damar Aji, <sup>5</sup>Danang Widjajanto

<sup>1-5</sup>Teknik Otomasi Listrik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta

E-mail: danang.widjajanto@elektro.pnj.ac.id

### ABSTRACT

*The greater the debit of water flow out from the pipe network will cause a decrease in fluid pressure which in turn will reduce the output speed of the water flow out at each point of the network. To prevent this from happening, it is necessary to keep the stability of fluid pressure in the pipeline network by using a booster pump. In order for the booster pump to function properly, it is necessary to design a control panel that can maintain water pressure in the pipe network. The process components used in this panel are PLC-VSD with monitoring components used, namely HMI-SCADA and assisted by other components such as relays, push buttons, emergency buttons, selector switches, power supply and voltage injectors as a substitute for water pressure sensors. The desired output is the pressure setting on the booster pump. The control panel created has 2 modes, namely local and remote. In local mode, the operator can operate the booster pump through the physical buttons on the panel and the frequency setting on the VSD is done manually through the display terminal on the VSD. In remote mode, the operator can operate the booster pump via HMI or SCADA with the control center on the PLC. Based on the test, the control works according to the description of the desired way of working, which can adjust the pressure based on setting the frequency value to the rotational speed of the motor..*

*Keywords : Design, Booster pump, Frequency, Motor speed*

### ABSTRAK

Semakin besar debit air keluar dari jaringan pipa akan menyebabkan penurunan tekanan fluida yang pada gilirannya akan menurunkan kecepatan keluaran aliran air pada masing-masing titik jaringan. Untuk menjaga agar hal ini tidak terjadi maka tekanan fluida dalam jaringan pipa perlu dijaga tetap setabil dengan menggunakan booster pump. Agar booster pump dapat berfungsi dengan baik perlu dirancang sebuah panel kontrol yang dapat mempertahankan tekanan air pada jaringan pipa. Komponen proses yang dipakai pada panel ini yaitu PLC-VSD dengan komponen monitoring yang dipakai yaitu HMI-SCADA dan dibantu dengan komponen lainnya seperti relay, push button, emergency button, selector switch, power supply dan voltage injector sebagai pengganti sensor tekanan air. Output yang diinginkan adalah pengaturan tekanan pada booster pump. Kontrol panel yang dibuat memiliki 2 mode yaitu local dan remote. Pada mode local, operator dapat mengoperasikan booster pump ini melalui tombol fisik pada panel dan untuk mengatur frekuensi pada VSD dilakukan secara manual melalui display terminal pada VSD. Pada mode remote, operator dapat mengoperasikan booster pump melalui HMI atau SCADA dengan pusat kontrol pada PLC. Berdasarkan pengujian, kontrol bekerja sesuai dengan deskripsi cara kerja yang diinginkan, yaitu dapat mengatur tekanan berdasarkan pengaturan nilai frekuensi terhadap kecepatan putar motor.

Kata Kunci: Perancangan, Booster pump, Frekuensi, Kecepatan motor

### PENDAHULUAN

Perancangan adalah proses menuangkan ide dan gagasan berdasarkan teori-teori dasar yang mendukung. Perancangan suatu instalasi listrik sangat dianjurkan untuk mengacu pada standar yang berlaku, seperti Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL), *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA), *National Electric Code* (NEC) dan lain sebagainya sesuai dengan kebutuhan aturan yang berlaku di suatu negara. Desain instalasi listrik harus berdasarkan persyaratan dasar dan memperhitungkan serta memenuhi

proteksi untuk keselamatan terhadap kejut listrik, efek termal, arus lebih gangguan voltase dan gangguan elektromagnetik (PUIL, 2011).

Panel kontrol dirancang sedemikian rupa agar dapat mengontrol *booster pump* agar mampu mempertahankan tekanan fluida di jaringan distribusi air (Alavi Shoushtari et al., 2013) (Furqon et al., 2012). *Booster pump* termasuk jenis pompa sentrifugal yang menggunakan gaya sentrifugal untuk memompa cairan yang efeknya dapat mempercepat aliran dan meningkatkan tekanan didalam jaringan pipa. Pompa ini juga dikenal sebagai *Pressure Pump* karena kemampuannya untuk meningkatkan tekanan air atau fluida lainnya. Salah satu penggunaan pompa ini adalah pada sistem pendistribusian air bersih. Tujuan sistem distribusi air bersih adalah untuk memindahkan atau mengalirkan air dari sumber ke suatu atau beberapa tempat tujuan diperlukan dengan cara melengkapinya dengan *Booster Pump* (Perelman et al., 2023). Selain untuk distribusi air bersih pada sebuah lokasi booster pump juga sering sekali dibutuhkan untuk keperluan lain seperti semprotan air pemadam kebakaran, di industri kimia untuk mengalirkan berbagai jenis cairan kimia.

Agar *booster pump* dapat mengatur tekanan air maka perlu dibuat sistem kontrol untuk mengatur kecepatan motor dari penggerak booster pump agar sesuai dengan kebutuhan (Muravyova & Enikeeva, 2019). Untuk mengatur kecepatan motor diperlukan sebuah alat yang bernama Variable Speed Drive atau dikenal dengan VSD (Latchoomun et al., 2019). Variable Speed Drive dapat mengkonversi tegangan dan arus searah menjadi tegangan bolak balik dengan keluaran tegangan dan frekuensi yang dapat diatur, sehingga kecepatan motor dapat dikendalikan melalui pengaturan frekuensi pada Variable Speed Drive (VSD) (Evalina et al., 2018).

Perintah operasi Variable Speed Drive (VSD) harus dapat dilakukan oleh operator baik melalui panel dengan menekan tombol fisik maupun melalui remote dengan menekan tombol pada HMI atau SCADA, sehingga operator dapat menjalankan dan memantau mesin tanpa harus berada di dekat field device (Cantor, 2009).

## METODE

Metode penelitian yang dilakukan yaitu dengan melakukan perancangan sistem, perhitungan dan pemilihan komponen, merancang Single Line Diagram, pengujian sistem tanpa dan menggunakan beban, pengolahan data, serta membuat kesimpulan. Gambar 1 menunjukkan diagram alir dari penelitian yang telah dilakukan.



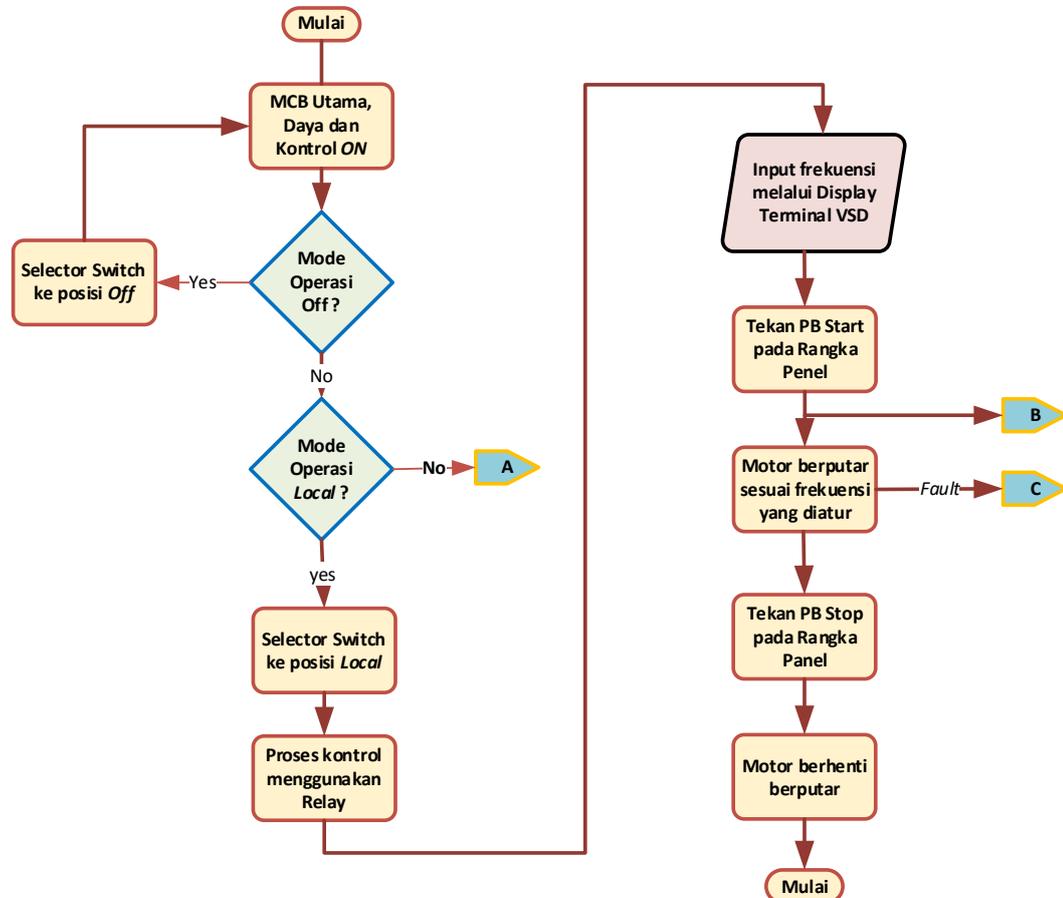
Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

## Perancangan Kontrol Sistem

Sistem kontrol *booster pump* disusun menjadi 2 mode kerja yaitu mode “Remote” dan mode” Local”.

### A. Mode Local

Pada mode *local*, pengoperasian alat dilakukan dengan menggunakan *push button*. Diagram alir mode *Local* dapat dilihat pada Gambar 2.

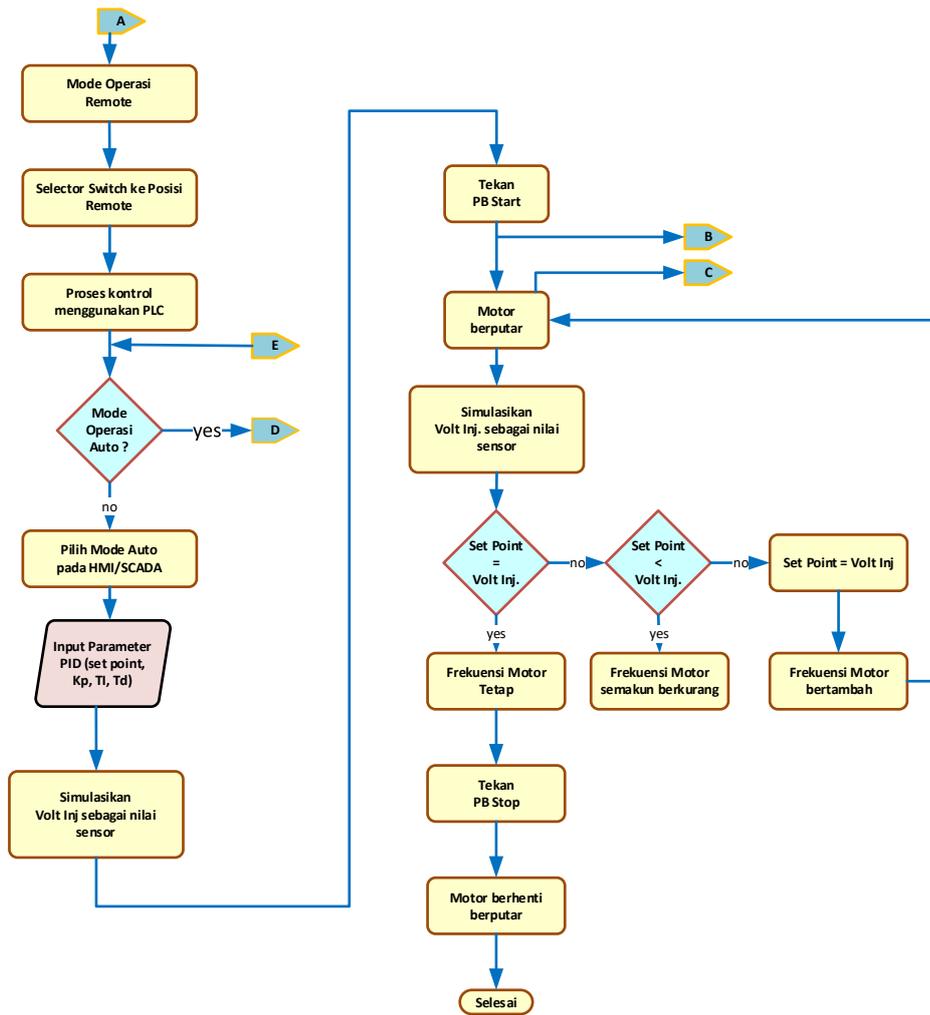


Gambar 2. Diagram Alir Mode Local

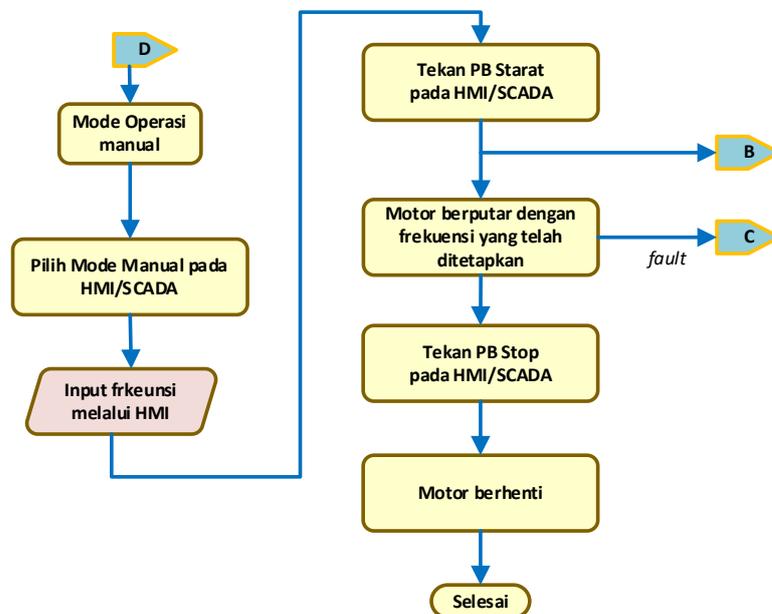
Pada Gambar 2, apabila sistem masih dalam kondisi awal (motor belum berputar), maka sistem dapat dikatakan dalam keadaan stop, sehingga lampu indikator stop pada panel maupun HMI dan SCADA akan menyala. Ketika tombol start ditekan, maka relay R01R akan bekerja, dan motor bekerja. Ketika motor bekerja, VSD akan mengaktifkan coil relay R01S sebagai status drive running, sehingga lampu indikator run pada panel maupun HMI dan SCADA akan menyala.

### B. Mode Remote

Pada mode *remote*, pengoperasian dilakukan dengan menekan tombol yang terdapat pada HMI atau SCADA. Pada mode ini, terdapat 2 mode pengoperasian motor, yaitu *auto* dan *manual*. Diagram alir mode *remote* dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Diagram Alir Mode Auto Pada Remote



Gambar 4. Diagram Alir Mode Manual Pada Remote

Sama halnya seperti mode local. Ketika motor belum berputar, maka lampu indikator akan berwarna merah (keadaan stop), dan akan berwarna hijau (keadaan run) apabila motor bekerja. Jika pada mode local membutuhkan relay R01R untuk menjalankan motor, pada mode remote menggunakan drive object MC\_Jog\_ATV untuk membuat motor bekerja.

### **C. Mode Gangguan**

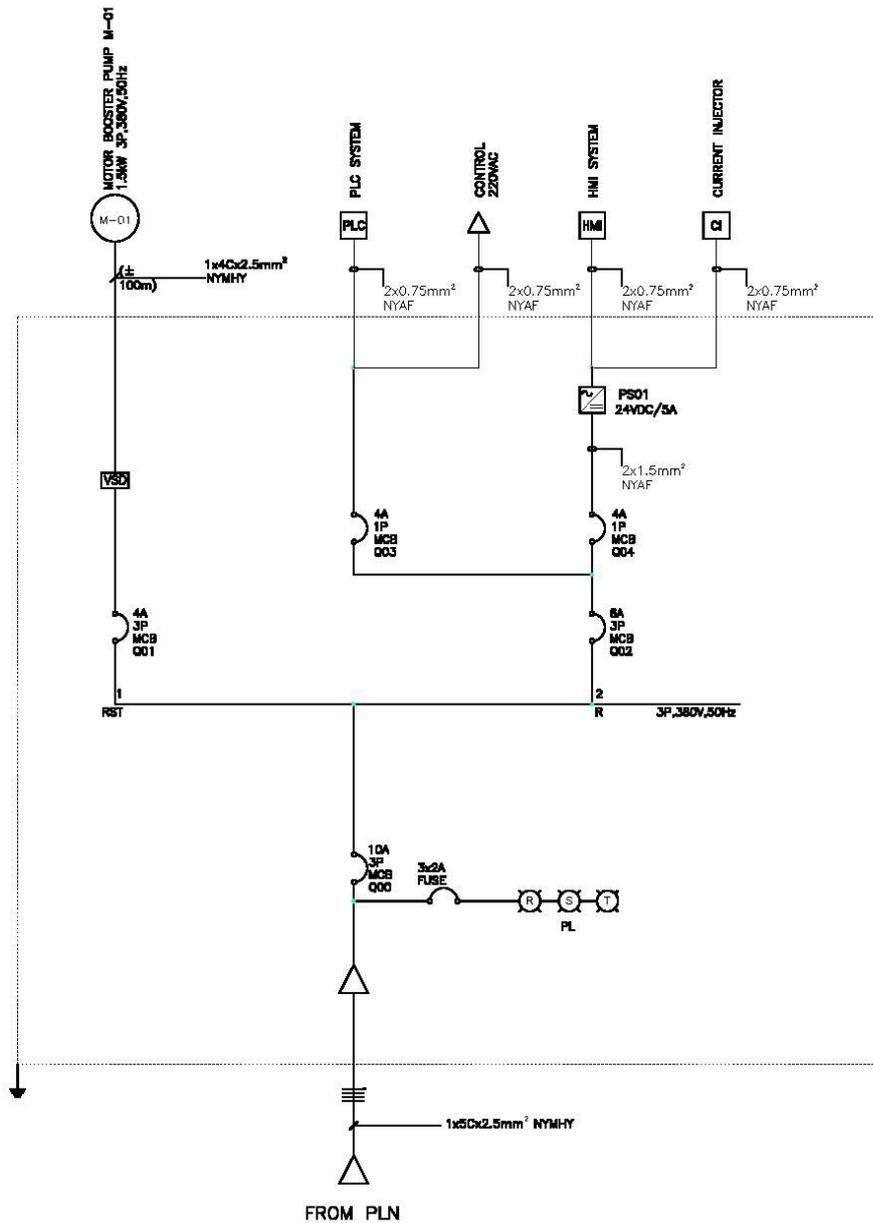
Pada mode gangguan, sistem akan membunyikan *buzzer*, menyalakan lampu indikator *fault*, serta motor berhenti berputar. Mode gangguan terjadi jika terdapat keadaan abnormal pada segala mode. Jika terjadi gangguan pada mode *Local*, maka untuk mematikan *buzzer* dilakukan dengan menekan *emergency* button. Jika gangguan terjadi ketika mode *Remote*, untuk mematikan *buzzer* dilakukan dengan menekan tombol off *buzzer*, lalu tekan tombol stop pada HMI apabila gangguan sudah teratasi. Sistem dapat dijalankan kembali apabila gangguan sudah diperbaiki dan sistem direset

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bagian ini akan dijelaskan single line diagram, blok diagram, cara kerja alat serta hasil pengujian alat. Komponen-komponen utama yang digunakan adalah kabel, Fuse, MCB, VSD, PLC, HMI, SCADA, Power Supply

### **A. Single Line Diagram**

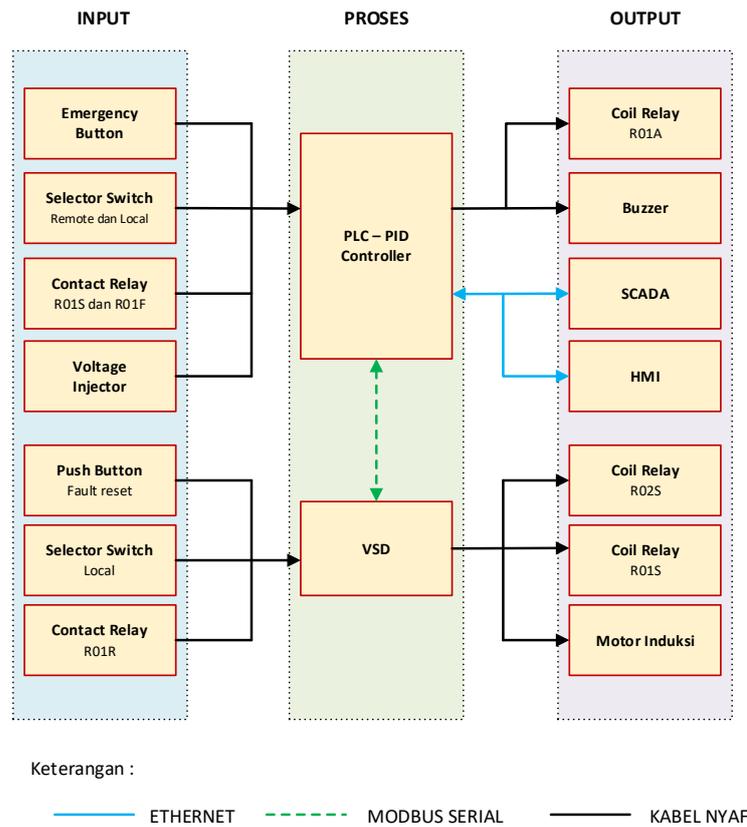
Gambar. 5 berikut ini menunjukkan single line diagram kelistrikan pada panel kontrol yang menunjukkan suplay daya listrik pada berbagai komponen peralatan yang telah dibuat (Saputro, 2015). Disini ditunjukkan konfigurasi suplay daya listrik ke masing-masing komponen utama peralatan. Komponen yang memerlukan suplay daya listrik terdiri dari Booster pump via VSD, sistem HMI, PLC, current/voltage injector (Crispin, 1997).



Gambar 5. Single Line Diagram

### B. Diagram Blok

Gambar diagram blok dibawah ini dapat memberikan penjelasan singkat mekanisme kerja dari peralatan yang dibuat. Diagram blok ini menunjukkan bagaimana komponen-komponen peralatan disimbolkan dalam bentuk blok saling terhubung satu sama lain dan melakukan fungsi masing-masing.



Gambar 6. Diagram Blok

### C. Hasil Pengujian

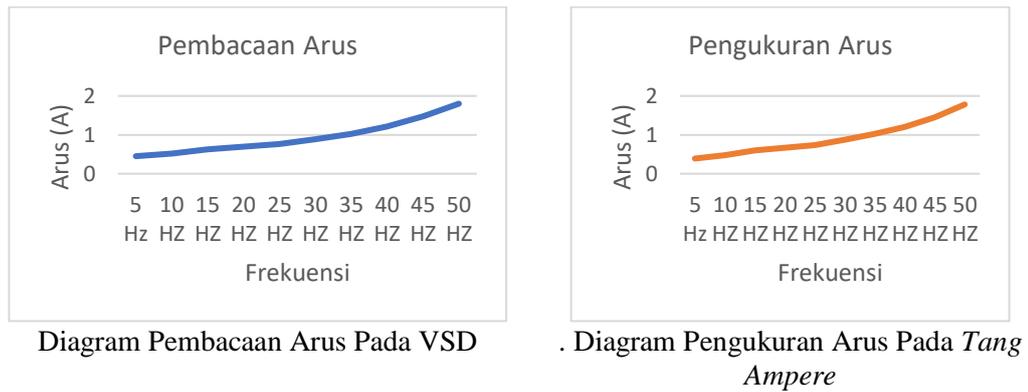
Hubungan frekuensi dengan arus :

Hasil pengujian frekuensi dengan arus dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pembacaan dan Pengukuran Arus

Frekuensi (Hz)	Hasil Pembacaan VSD (A)	Hasil Pengukuran Tang Ampere (A)	Error (%)
5	0,45	0,39	12,82
10	0,52	0,47	10,64
15	0,62	0,60	3,33
20	0,69	0,67	0,00
25	0,76	0,74	4,05
30	0,88	0,87	1,15
35	1,03	1,02	0,98
40	1,22	1,20	1,67
45	1,47	1,45	1,38
50	1,80	1,78	1,12

Pada pengujian ini, digunakan mode manual pada *remote* dengan membandingkan hasil pembacaan arus pada VSD terhadap hasil pengukuran *Tang Ampere*.



Gambar 7. Diagram Pembacaan Arus Pada VSD dan Tang Ampere

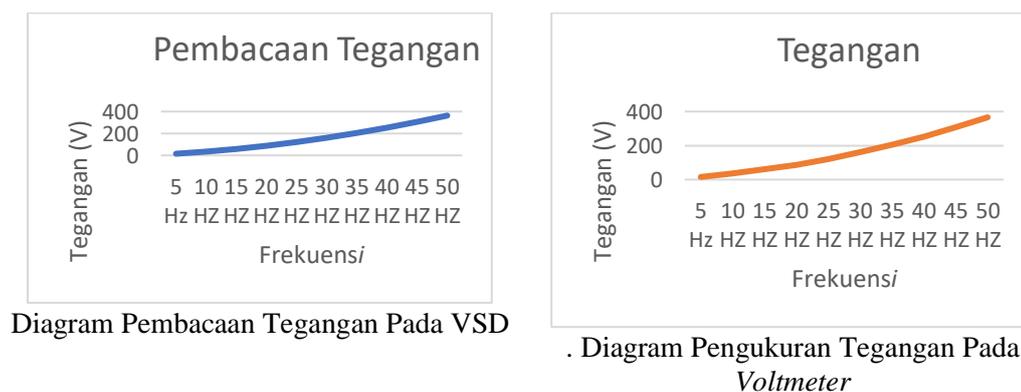
Hubungan frekuensi dengan tegangan :

Hasil pengujian frekuensi dengan arus dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pembacaan dan Pengukuran Tegangan

Frekuensi (Hz)	Hasil Pembacaan VSD (V)	Hasil Pengukuran Voltmeter (V)	Error (%)
5	15,0	15,3	1,96
10	34,0	34,7	2,02
15	58,0	60,6	4,29
20	86,0	87,7	1,94
25	120	121	0,83
30	159	160	0,63
35	203	204	0,49
40	251	253	0,79
45	305	307	0,98
50	363	366	0,82

Pada pengujian ini, dilakukan perbandingan hasil pembacaan arus pada VSD terhadap hasil pengukuran Volt meter.



Gambar 8. Diagram Pembacaan Tegangan Pada VSD dan Tang Ampere

Arus dan tegangan berbanding lurus dengan kenaikan frekuensi, pembacaan alat ukur menggunakan multimeter dengan pembacaan pada VSD tidak sama, karena adanya toleransi terhadap alat ukur yang dipakai rentan terjadi kesalahan pembacaan terutama untuk alat ukur analog.

Hubungan frekuensi Terhadap Kecepatan :

Pembacaan pada VSD dengan *Tachometer* berbeda, karena pembacaan pada VSD merupakan pembacaan kecepatan sinkron sedangkan pada *Tachometer* merupakan pembacaan kecepatan rotor. Perbandingan Nilai  $N_s$  dan  $N_r$  adalah lebih besar nilai  $N_s$ , jika  $N_r$  lebih besar maka itu bukan motor melainkan generator. Nilai  $N_s$  dan nilai  $N_r$  tidak akan sama karena tidak adanya slip yang menyebabkan motor tidak akan berputar lihat rumus 3. Nilai kecepatan motor akan semakin tinggi ketika frekuensi dinaikkan yang dapat dikatakan bahwa panel yang dibuat sesuai dengan sistem kerjanya yang dapat mengatur kecepatan motor.

Hubungan frekuensi dengan rpm terhadap tekanan :

Sama seperti kecepatan, tekanan akan naik jika frekuensi dinaikkan. Untuk tekanan *range* dapat diatur dari 0 hingga 10 bar. Dikarenakan penggunaan *voltage injector* sebagai sensor mempunyai *range* tegangan output yang dapat diinjeksikan yaitu 0-10 V, sehingga saat frekuensi 50Hz otomatis tekanan yang dihasilkan akan maksimal yaitu 10 bar.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan pengalaman perancangan dan realisasi pembuatan alat dan hasil pengujiannya dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hubungan antara frekuensi dengan arus dan tegangan yaitu berbanding lurus. Semakin tinggi frekuensi, maka semakin tinggi juga nilai arus dan tegangan yang dihasilkan.
2. Hubungan antara frekuensi dengan kecepatan yaitu berbanding lurus, semakin tinggi frekuensi, maka semakin cepat juga kecepatan yang dihasilkan, begitu juga dengan tekanan.
3. Nilai kecepatan putar rotor ( $N_r$ ) lebih kecil daripada nilai kecepatan putar stator ( $N_s$ ). Jika nilai keduanya bernilai sama, maka tidak ada slip yang menyebabkan motor tidak dapat berputar.
4. Motor akan berhenti berputar ketika set point bernilai lebih kecil dari voltage injector. Jika yang terjadi sebaliknya, maka motor akan terus berputar hingga kecepatan maksimumnya.
5. Motor akan berhenti berputar dengan kecepatan yang stabil ketika set point bernilai sama dengan voltage injector.
6. Tidak adanya feedback yang real karena panel yang dibuat merupakan simulasi dari realnya tetapi kerja sistem sudah sesuai.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Alavi Shoushtari, A., Ranjbar, K., Mousavi, S. M., & Azimi Yancheshmeh, D. (2013). Study on failure analyses and material characterizations of a damaged booster pump. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 13(4), 489–495. <https://doi.org/10.1007/s11668-013-9704-3>
- Cantor, A. F. (2009). Water Distribution System Monitoring. In *Water Distribution System Monitoring*. <https://doi.org/10.1201/9781439800539>
- Crispin, A. J. (1997). *Programmable Logic Controllers and their Engineering Applications* (Second). The Mc Graw Hill Companies.
- Evalina, N., H, A. A., & Zulfikar. (2018). Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller. *Journal of Electrical Technology - Fakultas Teknik - Universitas Islam Sumatera Utara*, 3(2).
- Furqon, G. R., Ihsan, S., & Banjarmasin, M. A. A. (2012). Rancang bangun sistem pompa booster air bersih menggunakan sinkronizing inverter untuk gedung betingkat di rsud ulin banjarmasin skripsi. *Teknik Mesin Uniska*.
- Latchoomun, L., Sockalingum, T., Poulle, K. V., King, R. T. F. A., Busawon, K. K., & Barbot, J. P. (2019). Design of a water pressure boosting system for pressure-driven demand in a distribution network. *Proceedings of the 2018 5th International Symposium on Environment-Friendly Energies and Applications, EFEA 2018*. <https://doi.org/10.1109/EFEA.2018.8617085>
- Muravyova, E., & Enikeeva, E. (2019). Analysis of the power consumption of the booster pump station using simulation models of fluid control. *Proceedings - ICOECS 2019: 2019 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICOECS46375.2019.8950021>
- Perelman, G., Ostfeld, A., & Fishbain, B. (2023). Robust Optimal Operation of Water Distribution Systems. *Water (Switzerland)*, 15(5). <https://doi.org/10.3390/w15050963>
- PUIL. (2011). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik* (2011th ed.).
- Saputro, S. (2015). *Rancangan Bangun Pembuatan Alat Panel Listrik Ats ( Automatic Transfer Switch ) – Amf ( Automatic Main Falure ) Sopyan Saputro Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta*.