

MITIGASI GETARAN DAN SUARA DENTUMAN PADA PIPA DISCHARGE POMPA MOTOR 3 FASE SISTEM AIR BERSIH

Anto Carmanto¹, Ojak Abdul Rozak², Ronaldo Sinaga³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang
^{1,2,3}Jl. Puspitek, Buaran, Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹ dosen01312@unpam.ac.id

² dosen01314@unpam.ac.id

³ ronaldosinaga400@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 12-04-2023
revisi : 20-04-2023
diterima : 31-05-2023
dipublish : 30-06-2023

ABSTRAK

Sistem *plumbing* gedung bertingkat merupakan salah satu bagian terpenting dalam menyediakan air bersih. Air bersih pertama kali ditampung pada *ground water tank*, kemudian dikirim ke *roof tank* menggunakan pompa melalui pipa *discharge*. Ketika pompa motor induksi 3 fase ON dan OFF, terjadi suara dentuman dan getaran yang keras pada pipa *discharge* pompa air bersih. Hal ini sebagai permasalahan yang membuat para *tenant* tidak nyaman dan dapat merusak pipa *discharge* karena terjadinya benturan akibat perbedaan kecepatan aliran fluida pada komponen pipa *discharge* atau disebut *water hammer*. Perlu diperbaiki kecepatan aliran fluidanya agar konstan. Mengubah metode sistem kontrol motor dari pengasutan *StarDelta* menjadi pengasutan *variable speed drive* (VSD). Tujuan merubah akselerasi dan deselerasi motor sehingga suara dentuman dan getaran pipa *discharge* hilang dan tidak terjadi lonjakan (*surge*) fluida pada pipa *discharge*. Hasil pengujian pengasutan *StarDelta* menimbulkan suara dentuman dan getaran baik saat motor ON maupun OFF, sementara pada pengasutan VSD tidak terjadi getaran. Suara dentuman dan getaran akibat sistem pengasutan *StarDelta* dapat dihilangkan dengan mengubah metode sistem kendali menjadi sistem pengasutan VSD.

Kata kunci: Plumbing; dentuman; getaran; stardelta, variable speed drive

ABSTRACT

Mitigation of Vibration and Banging in Discharge Pipe of 3 Phase Motor Pump Clean Water System. The plumbing system of multi-storey buildings is one of the most important parts in providing clean water. Clean water is first collected in the ground water tank, then sent to the roof tank using a pump through a discharge pipe. When the 3-phase induction motor pump is ON and OFF, there is a loud banging sound and vibration in the discharge pipe of the clean water pump. This is a problem that makes tenants uncomfortable and can damage the discharge pipe due to collisions due to differences in fluid flow velocities in the discharge pipe components or what is called a water hammer. It is necessary to improve the fluid flow velocity so that it is constant. Changing the motor control system method from StarDelta starting to variable speed drive (VSD) starting. The goal is to change the acceleration and deceleration of the motor so that the booming sound and vibration of the discharge pipe disappear and there is no fluid surge in the discharge pipe. The results of the StarDelta starting test produced a thumping sound and vibration when the motor was ON and OFF, while there was no vibration when starting the VSD. The booming and vibration noise caused by the StarDelta starting system can be eliminated by changing the control system method to a VSD starting system.

Keywords: Plumbing, boom, vibration, stardelta, variable speed drive

PENDAHULUAN

Mekanikal *plumbing* secara umum merupakan suatu alat untuk menyalurkan air bersih dan air buangan di dalam bangunan. Mekanikal *plumbing* juga dapat didefinisikan sebagai sesuatu yang berhubungan dengan pelaksanaan pemasangan pipa maupun peralatan di dalam gedung. Atau sesuatu yang berhubungan dengan air bersih dan air buangan yang dihubungkan dengan sistem saluran kota (Suhardiyanto, 2016). Saat ini sistem penyediaan air bersih yang banyak digunakan dapat dikelompokkan menjadi sistem sambungan langsung dan sistem tangki atap (M. Sinaga, 2021).

Untuk fluida yang bergerak dengan kecepatan tertentu dan dengan kecepatan sudut (berputar) perubahan keduanya dapat menyebabkan adanya getaran pada sebuah sistem. Perubahan kecepatan sudut dapat mengindikasikan adanya peningkatan atau

penurunan amplitudo dari pipa (Wicaksono, dkk., 2021). Adanya pergerakan fluida ini akibat dorongan dari suatu pompa dengan menggunakan motor induksi 3 fase.

Sehingga diperlukan kendali *variable frequency drive* pada motor untuk dapat menghemat energi sehingga mengurangi biaya listrik. Bentuk rangkaian dari *variable speed drive* (VSD) terdiri dari *rectifier* DC link (Atmam, dkk., 2018). Mengubah AC ke DC yang diatur dengan suatu teknik *switching* untuk mengubah DC menjadi variasi tegangan dan frekuensi keluaran AC yang sesuai dengan kecepatan putar motor (A. Multi and E. Febryane, 2012).

Berdasarkan latar belakang tersebut, sistem kendali motor induksi 3 fase pada pompa jika tidak ditangani dengan baik, akan menimbulkan fenomena berbenturan berupa suara dentuman dan getaran keras akibat adanya perbedaan kecepatan aliran

fluida pada komponen pipa *discharge* (*water hammer*). Sehingga perlu dilakukan suatu perubahan metode kendali pompa motor induksi 3 fase dari sistem kendali StarDelta menjadi VSD. Tujuannya untuk merubah akselerasi dan deselerasi motor sehingga suara dentuman dan getaran hilang dan tidak terjadi lonjakan (*surge*) fluida pada pipa *discharge*.

TEORI

Motor induksi 3 fase dioperasikan pada sistem tenaga 3 fase dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas besar (R. S. Kuddus dan U. Wiharja, 2016). Salah satunya sebagai penggerak pompa. Pengasutan motor induksi 3 fase adalah termasuk ke dalam pengontrolan motor pada saat dijalankan bertujuan untuk mengurangi arus mula jalan (*arus starting*). Motor induksi adalah salah satu jenis motor yang bekerja berdasarkan induksi elektromagnet (N. C. E. Wibowo, dkk, 2014).

Motor induksi memiliki kecepatan medan putar yang sinkron antara stator dan rotornya pada keadaan tanpa beban sehingga putaran poros rotornya sama dengan kecepatan medan putar stator (H. Kurnia dan H. Hariman, 2021). Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor, sehingga pada kumparan rotorakan timbul tegangan induksi atau gaya gerak listrik (ggl) per fase.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membalik arah putaran motor induksi adalah tidak langsung membalik arah putaran motor ketika motor dalam keadaan berputar pada kecepatan maksimum. Jika hal itu dilakukan, maka akan menyebabkan kejutan pada motor sehingga berpengaruh terhadap lifetime dari motor itu sendiri dan juga dapat membuat motor jadi panas (menimbulkan

arus urutan negatif). Untuk itu, kita harus men-stop putaran motor terlebih dahulu sebelum membalik arah putarannya (D. T. Sukmadi and Y. Christyono, 2013).

Perbedaan kecepatan antara medan putar stator dengan rotor tergantung pada besarnya beban motor tersebut. Perbedaan putaran ini disebut dengan slip (*S*) yang dinyatakan dalam (%). Harga slip selalu berubah-ubah tergantung dari besarnya beban yang dipikul yaitu dari 100% saat *start* sampai dengan 0% saat diam ($n_s = n_r$) (R. Berlianti, 2015). Sementara torsi adalah kekuatan yang menghasilkan suatu rotasi (putaran). Hal ini menyebabkan objek untuk berputar yang terdiri dari gaya dan jarak ($lb - ft$) (M. Suartika, 2021).

METODOLOGI

Variabel data terdiri dari: (1) variabel bebas dalam penelitian ini adalah tegangan, arus listrik, daya listrik dan kecepatan motor listrik. (2) variabel terikat dalam penelitian ini adalah *overshoot* dari proses *starting* motor 3 fase (3) variabel kontrol dalam penelitian ini adalah rangkaian pengendali *StarDelta* dan *Variable Speed Drive* (VSD) Inverter Y. Badruzzaman, 2015). Tahapan dari metodologi penelitian yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini mampu memimalisir dan menghilangkan suara dentuman dan getaran pada pipa *discharge*, diantaranya adalah: (1) studi literatur, mencari referensi teori yang relevan dengan kasus dan permasalahan yang ditemukan; (2) studi lapangan, melakukan mengungkapkan fakta dan data melalui observasi atau pengamatan dan wawancara dalam proses memperoleh keterangan atau data dengan turun langsung ke lapangan; (3) identifikasi masalah, mendefinisikan masalah dan membuat permasalahan dapat diukur dan diuji, menemukan masalah yang

(*problem*), mengidentifikasi sumber masalah (*root cause*), menjelaskan masalah; (4) pengumpulan data, secara langsung kepada pihak utama seperti data spesifikasi motor induksi, *single line diagram* pipa air bersih dan lain-lain; (5) perancangan alat dan bahan pengukuran pipa *discharge* yaitu decibel meter, vibration meter, tang ampere, camera handphone sebagai dokumentasi dan VSD Altivar 61; (6) pengukuran suara dentuman dan getaran metode *StarDelta* saat *Star* ON dan OFF; (7) pengukuran suara dentuman dan getaran metode VSD saat *Star* ON dan OFF.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui nilai getaran dan suara dentuman pada pipa *discharge* air bersih motor induksi 3 fase. Nilai getaran pada pipa dalam amplitudo (m/s^2) untuk setiap kecepatan motor dengan mengubah rangkaian kontrolnya. Sementara nilai suara dentuman (*noise*) dalam db (*decibel*). Titik pengukuran getaran dan suara dentuman pipa *discharge* ditunjukkan pada Gambar 1.

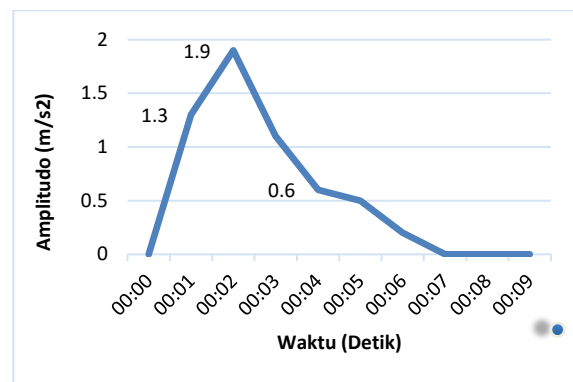


Gambar 1. Titik Pengukuran.

Sesuai titik poin Gambar 1 dilakukan pengukuran getaran dengan sistem kontrol pengasutan *StarDelta* menggunakan alat ukur *vibration meter*, lihat Gambar 2. Nilai amplitudo (m/s^2) hasil pengukuran getaran pipa pada pengasutan *StarDelta* saat motor ON diperlihatkan Gambar 3.



Gambar 2. Pengukuran Getaran pada Pengasutan *StarDelta* Saat Motor ON.

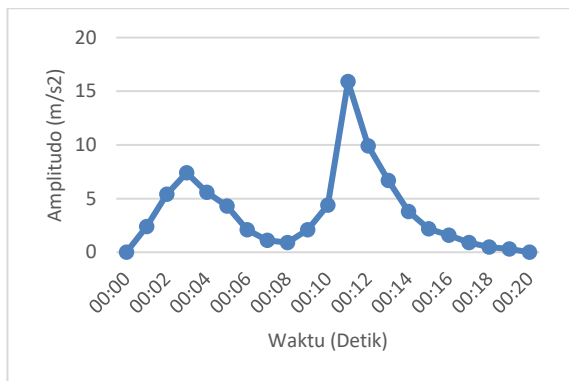


Gambar 3. Pengukuran Getaran Pipa *Discharge* pada Pengasutan *StarDelta* Saat Motor ON.

Saat kendali *Star*, nilai getaran pipa antara $1.3-1.9 m/s^2$, maka dapat dinyatakan bahwa saat awal kendali *Star* akan sangat berpengaruh terhadap getaran pipa, karena ketika motor induksi *start* awal putaran motor belum maksimal sehingga terjadi perbedaan aliran fluida yang menimbulkan getaran. Saat perpindahan kendali dari *star* ke *delta* didapat nilai getaran sebesar $0.6 m/s^2$ artinya ada lonjakan fluida karena putaran motor belum konstan dan saat putaran motor induksi sudah konstan (*delta*), maka getaran menghasilkan nilai $0 m/s^2$. Pengujian getaran pipa saat motor OFF diperlihatkan Gambar 4. Nilai amplitudo (m/s^2) untuk pengukuran getaran pipa pada pengasutan *StarDelta* saat OFF (Gambar 5).



Gambar 4. Pengukuran Getaran pada Pengasutan *StarDelta* Saat Motor OFF.



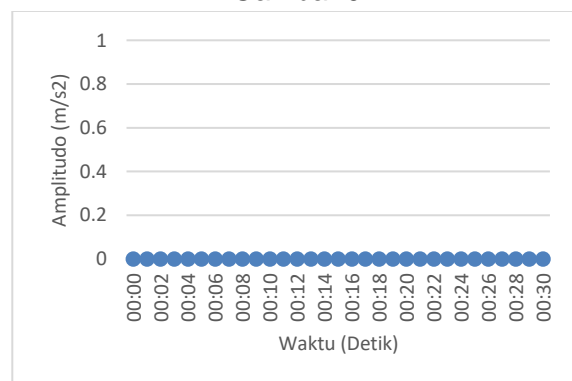
Gambar 5. Pengukuran Getaran Pipa *Discharge* pada Pengasutan *StarDelta* Saat Motor OFF.

Nilai getaran pada pengasutan *Star-Delta* ketika motor OFF, nilai amplitudo 7.4-15.9 m/s² dan terendah 0.3 m/s². Hal ini menunjukkan bahwa aliran fluida mengalami tekanan atau lonjakan balik (berbenturan) pada *check valve* pipa *discharge* pompa yang langsung tertutup karena motor OFF. Pengujian getaran pipa dengan sistem pengasutan *variable speed drive* (VSD) diperlihatkan Gambar 6 dan nilai amplitudo (m/s²) hasil pengukuran getaran pipa pada pengasutan VSD saat motor ON dan OFF ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 6. Pengukuran Getaran pada Pengasutan VSD Saat Motor ON.

Saat motor ON dan OFF, nilai getaran pipa hasil pengukuran dengan sistem VSD yaitu 0 m/s². Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengasutan VSD sangat cocok pada sistem *plumbing* pipa *discharge* air bersih, karena dapat mengatur rentang waktu kecepatan akselerasi dan deselerasi. VSD diatur pada frekuensi 50 Hz, speed 1500 rpm dan nilai arus motor setiap fase R, S, T sebesar 27.52 A, nilai getaran pipa 0 m/s². Hasil pengukuran dentuman (*noise*) dengan *decibel meter* (db) saat motor ON menggunakan pengasutan *StarDelta* dapat dilihat pada Gambar 8. Grafik dentuman (*noise*) dengan sistem pengasutan *StarDelta* pada pipa *discharge*, lihat Gambar 9



Gambar 7. Pengukuran Getaran Pipa *Discharge* pada Pengasutan VSD Saat Motor ON.

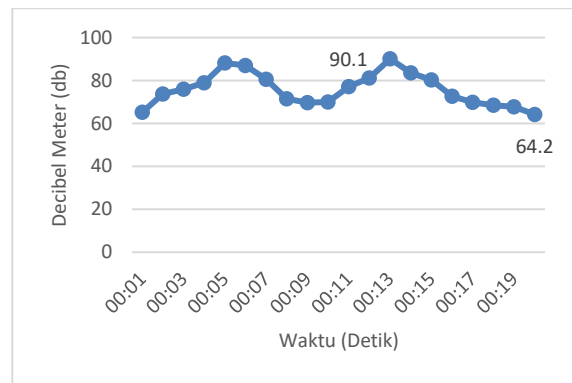


Gambar 8. Pengukuran Dentuman pada Pengasutan *StarDelta* Saat Motor ON.

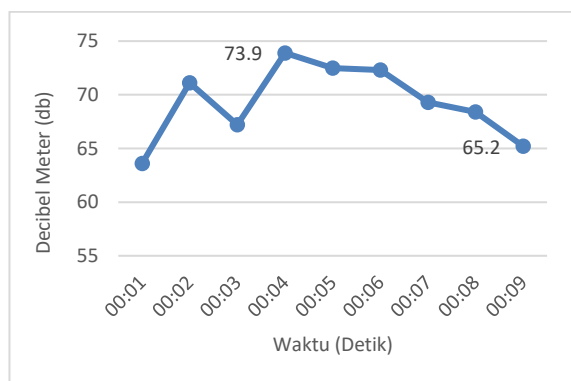


Gambar 10. Pengukuran Dentuman pada Pengasutan *StarDelta* Saat Motor OFF.

Kondisi motor ON, sistem pengasutan *StarDelta*, nilai dentuman saat *Star* 73.9 db dan nilai mendekati *Delta* 65.2 db. Hasil ini menunjukkan bahwa ketika awal *Star* sangat berpengaruh terhadap dentuman pada pipa, ketika motor induksi *Star* awal putaran motor belum maksimal, mengakibatkan terjadinya perbedaan aliran fluida sehingga terjadinya dentuman pada pipa *discharge*, ini artinya adanya lonjakan fluida karena putaran motor belum konstan. Hasil pengukuran dentuman (*noise*) dengan *decibel meter* (db) saat motor OFF menggunakan pengasutan *StarDelta* dapat dilihat pada Gambar 10. Dentuman (*noise*) saat kondisi motor OFF sistem pengasutan *StarDelta* pada pipa *discharge* (Gambar 11).



Gambar 11. Pengukuran Dentuman pada Pengasutan *StarDelta* Saat Motor OFF.

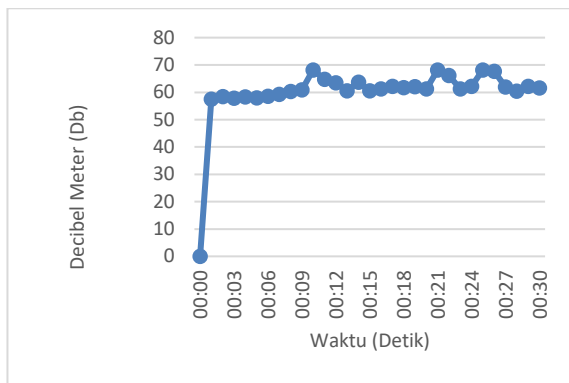


Gambar 9. Pengukuran Dentuman pada Pengasutan *StarDelta* Saat Motor ON.

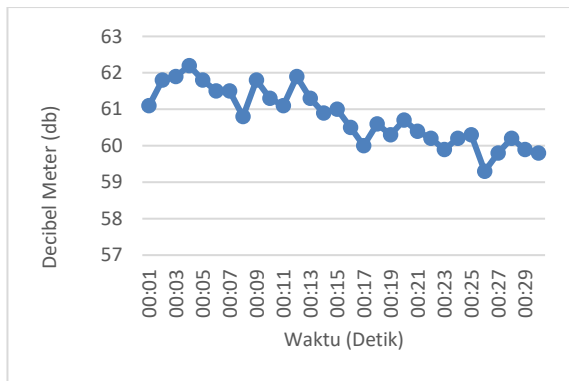
Saat motor OFF, pada pengasutan *StarDelta*, nilai dentuman terbesar yaitu 90.1 db dan nilai terendah yaitu 64.2 db. Hasil ini menunjukkan bahwa saat motor induksi OFF berpengaruh terhadap dentuman pipa, fluida mengalami tekanan atau lonjakan balik yang berbenturan pada komponen pipa *discharge* (*check valve*) pompa yang langsung tertutup karena kondisi motor induksi OFF. Hasil pengukuran dentuman (*noise*) dengan *decibel meter* (db) saat motor ON dengan pengasutan VSD dapat dilihat pada Gambar 12. Nilai dentuman (*noise*) dengan pengasutan VSD pada pipa *discharge* pada saat ON dapat dilihat pada Gambar 13 dan pada saat kondisi motor OFF diperlihatkan Gambar 14.



Gambar 12. Pengukuran Dentuman pada Pengasutan VSD Saat Motor ON.



Gambar 13. Pengukuran Dentuman pada Pengasutan VSD Saat Motor ON.



Gambar 14. Pengukuran Dentuman pada Pengasutan VSD Saat Motor OFF.

Saat motor ON dan OFF, didapat nilai dentuman pada pipa yaitu 57.5-61.6 db saat ON dan 59.8-61.1 db saat OFF, angka ini tetap stabil dan tidak terjadi kenaikan secara signifikan pada hasil pengukuran dengan sistem pengasutan VSD. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa sistem pengasutan

VSD sangat cocok digunakan pada sistem *plumbing* pipa *discharge* air bersih, karena dapat mengatur rentang waktu kecepatan akselerasi dan deselerasi. VSD diatur pada frekuensi 50 Hz, speed 1500 rpm dan nilai arus motor setiap fase R, S, T 27.52 A, menghasilkan suara dentuman pada pipa 57.5-61.6 db saat motor ON dan 59.8-61.1 db saat kondisi motor OFF.

KESIMPULAN

Saat kendali motor induksi 3 fase sistem pengasutan *StarDelta*, terjadi dentuman dan getaran pipa *discharge*. Sistem pengasutan VSD menghilangkan suara dentuman dan getaran. Pada sistem pengasutan *StarDelta* menghasilkan nilai dentuman 88.2-90.1 db dan nilai getaran 7.4 m/s^2 saat *Star* ON dan saat motor OFF sebesar 15.9 m/s^2 . Sistem pengasutan VSD, nilai dentuman terbesar 57.5-61.6 db dan nilai getaran 0 m/s^2 saat *star* ON dan saat motor OFF sebesar 0 m/s^2 . Sistem pengasutan *StarDelta* saat motor OFF, *check valve* pada pompa langsung tertutup, mengakibatkan *surge* (lonjakan) air balik, terjadi dentuman penyebab getaran. Sistem pengasutan VSD dapat mengatur akselerasi dan deselerasi sesuai kebutuhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmam, dkk. (2018). Analisis Penggunaan Energi Listrik Motor Induksi Tiga Fase Menggunakan Variable Speed Drive (VSD). *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, 2 (10), 52-59. <https://journal.unilak.ac.id/index.php/SainETIn/article/view/1218>
- Badruzzaman, Y. (2015). Sistem Monitoring Kendali Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Variable Speed Drive Berbasis PLC dan Scada. *Sistem Monitoring Kendali Motor Induksi Tiga Fasa*, 11 (13), 147-152.

- <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/orbith/article/view/342>
- Berlianti, R. (2015). Analisis Motor Induksi Fasa Tiga Tipe Rotor Sangkar Sebagai Generator Induksi Dengan Variasi Hubungan Kapasitor Untuk Eksitasi. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 4 (10), 110-119. https://www.researchgate.net/publication/292694127_Analisis_Motor_Induksi_Fasa_Tiga_Tipe_Rotor_Sangkar_Sebagai_Generator_Induksi_Dengan_Variasi_Hubungan_Kapasitor_Untuk_Eksitasi
- Denis, Sukmadi, T. dan Christyono, Y. (2013). Pengasutan Balik Putaran Motor Induksi 3 Fasa Berbasis SMS Controller Menggunakan Bahasa Pemrograman Bascom. *Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang*, 2 (12), 91-96. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/4304/4162>
- Kuddus, R. S. dan Wiharja, U. (2016). Analisa Motor Induksi 3 Fase pada Aplikasi Conveyor Dengan VSD. *Jurnal Ilmiah ElektroKrisna*, 5 (10), 55-61. <https://repository.unkris.ac.id/id/eprint/252/1/jurnal%201%20jun%202016.pdf>
- Kurnia, H. dan Hariman, H. (2021). Analisis Pengaruh Pemakaian Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya pada Motor Induksi 3 Fasa Dengan Daya 1 Hp 380/660 V di SMKN 01 Rejang Lebong. *JTERAF (Jurnal Teknik Elektro Raflesia)*, 1 (12), 13-19. <https://ejournal.polraf.ac.id/index.php/JTERAF/article/view/106>
- Multi, A. dan Febryane, E. (2012). Penggunaan Variable Speed Drive pada Motor Induksi Untuk Penghematan Konsumsi Energi Listrik. *Sainstech*, 2 (11), 30-37.
- Novantara, I. P. A.P., Wijaya, I. W. A. dan Suartika, I. M. (2021). Analisis Pengaturan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Dengan Mengatur Frekuensi Menggunakan Variable Speed Drive di PT PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung. *Jurnal Spektrum*, 8 (12), 103-109. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/spektrum/article/view/85397>
- Sinaga, M. (2021). Analisa Rancangan System Plumbing Distribusi Air Bersih pada Gedung Bertingkat 3. *Jurnal Teknosain*, 18 (12), 31-41. <https://journal.bina-tunggal.ac.id/index.php/teknosain/article/view/57>
- Suhardiyanto. (2016). Perencanaan Sistem Plumbing Instalasi Air Bersih dan Air Buangan pada Pembangunan Gedung Perkantoran Bertingkat Tujuh Lantai. *Jurnal Teknik Mesin*, 05, 91. <https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/jtm/article/view/1208>
- Wibowo, N. C. E., dkk. (2014). Analisa Starting Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Program di PT Madubaru Yogyakarta. *Jurnal Elektrikal*, 1 (12), 91-100. <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/elektrikal/article/view/2586>
- Wicaksono, dkk. (2021). Analisis Pengaruh Penyumbatan Aliran Fluida pada Pipa Dengan Metode Fast Fourier Transform. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 6, 77-83. <https://journal.uny.ac.id/index.php/dynamika/article/view/36339>