

ISSN XXXX-XXXX

JOURNAL OF YOUNG ELECTRICAL POWER AND ELECTRONICS INSTRUMENTATION



VOL . 2 NO. 1: MEI 2024
TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS PAMULANG



TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS PAMULANG





Journal of Young Electrical Power and Electronics Implementation (YEPEI)

Teknik Elektro – Universitas Pamulang

pISSN xxxx-xxxx | eISSN xxxx-xxxx | Vol. 2, No. 1, Bulan Mei, Tahun 2024

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik - Universitas Pamulang

Jl. Raya Puspipetek No. 46. Buaran, Setu, Tangerang Selatan – Banten 15310

Telp: 0813-1199-0627; Website: <https://openjournal.unpam.ac.id/index.php/JYEP/index>

EDITORIAL BOARD

ADVISORY EDITOR

Ketua Program Studi Teknik Elektro - Universitas Pamulang

Ir. Aripin Triyanto, S.T., M.T.

EDITOR IN CHIEF

Abdurahman

EDITORIAL BOARD MEMBER

Ojak Abdul Rozak

Erik Agustian Yulanda

Angga Septian MN

Joko Tri Susilo

Dwi Anie Gunastuti

Agi Tama

PEER REVIEWER

Muhammad Haekal Habibie

Syaiful Bakhri

Kiswanta

Jan Setiawan

Himma Firdaus

Heranudin

Yoyok Dwi Setyo Pambudi

Makhsun

Dede Sutarya

Seflahir Dinata

Kartika Sekarsari

Gaguk Firasanto

Elfirza Rosiana

ISunardi

Woro Agus Nurtiyanto

Irawati

Okky Supriyadi

MANAGING EDITOR

Aripin Triyanto

The Journal of Young Electrical Power and Electronics Implementation (YEPEI) adalah jurnal ilmiah yang dikelola dan diterbitkan dalam dua edisi per tahun, pada bulan Mei dan November. Ruang lingkup YEPEI meliputi penelitian kontrol dan instrumentasi, otomatisasi industri, mekatronika dan robotika, elektronik dan mikroelektronika, sistem terintegrasi, teknik peralatan biomedis, bahan elektronik, biosensor, sistem tenaga, transmisi daya, jaringan pintar, isolasi dan perlindungan, pembangkit listrik energi baru dan energi terbarukan, konversi energi, manajemen dan konservasi, teknologi informasi dan komunikasi. Silakan baca panduan ini dengan seksama.



DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
EDITORIAL BOARD	ii
DAFTAR ISI	iii
Desain dan Implementasi Alat Uji Kebocoran Botol PET Berbasis Detektor Tekanan Diferensial	1-19
<i>Jan Setiawan, Heri Kusnadi, Fauzan Habibi</i>	
Design Control Pemrograman untuk Sistem Elektro Pneumatik	20-28
<i>Rizka Ardianto, Heri Kusnadi, Seflahir Dinata</i>	
Sistem Pengatur Suhu Otomatis Air Hangat pada Solar Water Heater Berbasis Mikrokontroler	29-44
<i>Sugeng Aditya, Elfirza Rosiana, Nurkahfi Irwansyah, Abdurahman</i>	
Pengukuran Keakuratan Penggunaan Arus pada Sisi LVMDP Mengacu pada Peraturan PUIL 2000	45-54
<i>Muhammad Ridwansani, Toto Raharjo, Heri Kusnadi, Juhana</i>	
Analisa Karakteristik Pompa Air Terhadap Variasi Beban	55-64
<i>Ryan Yudistira, Edy Sumarno</i>	
Studi Pengaruh Offset Misalignment Terhadap Arus dan Getaran pada Motor Induksi 3 Fasa Berdaya 1,1kW	65-75
<i>Kemal Irkamna, Edy Sumarno</i>	

The Journal of Young Electrical Power and Electronics Implementation (YEPEI) adalah jurnal ilmiah yang dikelola dan diterbitkan dalam dua edisi per tahun, pada bulan Mei dan November. Ruang lingkup YEPEI meliputi penelitian kontrol dan instrumentasi, otomatisasi industri, mekatronika dan robotika, elektronik dan mikroelektronika, sistem terintegrasi, teknik peralatan biomedis, bahan elektronik, biosensor, sistem tenaga, transmisi daya, jaringan pintar, isolasi dan perlindungan, pembangkit listrik energi baru dan energi terbarukan, konversi energi, manajemen dan konservasi, teknologi informasi dan komunikasi. Silakan baca panduan ini dengan seksama.

Desain dan Implementasi Alat Uji Kebocoran Botol PET Berbasis Detektor Tekanan Diferensial

Jan Setiawan¹, Heri Kusnadi², Fauzan Habibi¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

¹Jl. Raya Puspatek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

²Teknik Elektro Kampus Kota Serang, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

²Jl. Raya Jakarta Km 5 No.6, Kalodran, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten 42183, Indonesia

¹dosen01647@unpam.ac.id,

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 3 Februari 2024
revisi : 8 April 2024
diterima : 1 Mei 2024
dipublish : 31 Mei 2024

ABSTRAK

Penambahan populasi manusia berbanding lurus dengan konsumsi berbagai jenis makanan dan minuman yang akan diikuti pula dengan peningkatan penggunaan kemasan plastik yang menyertainya salah satu contohnya ialah penggunaan botol PET untuk kemasan minuman. Peningkatan penggunaan botol plastik sebagai kemasan minuman telah menciptakan kebutuhan akan alat pendeteksi kebocoran kemasan botol sebelum produk sampai ke konsumen. Alat tersebut akan terintegrasi pada proses produksi sehingga jika terdapat kebocoran pada kemasan botol tidak akan mengganggu proses produksi selanjutnya. Oleh sebab itu diperlukan alat yang akurat untuk mendeteksi kebocoran dengan menggunakan sensor perbedaan tekanan MPX 5100DP sehingga proses pendeteksian tersebut akan lebih akurat, cepat dan terintegrasi dengan mikrokontroler dan pneumatik.

Kata Kunci : botol PET, sensor tekanan, mikrokontroler, pneumatik

ABSTRACT

The increase in the human population is directly proportional to the consumption of various types of food and beverages which will also be followed by an increase in the use of plastic packaging which one example is the use of PET bottles for beverage packaging. Increased use of plastic bottles as beverage packaging has created a need for bottle packaging leak detectors before the product reaches consumers. The tool will be integrated in the production process so that if there is a leak in the bottle packaging it will not interfere with the next production process. Therefore an accurate tool is needed to detect leaks using MPX 5100DP pressure difference sensor so that the detection process will be more accurate, faster and integrated with microcontrollers and pneumatics.

Keywords: PET bottles, pressure sensors, microcontrollers, pneumatics.

PENDAHULUAN

Peningkatan penggunaan botol plastik sebagai kemasan minuman dan makanan telah menciptakan kebutuhan akan alat pendeteksi kebocoran yang lebih canggih dan sensitif jika dibandingkan dengan pendeteksian secara visual. Kebutuhan akan alat pendeteksi kebocoran ini memicu banyak penelitian dan pengembangan di banyak jenis perangkat pengujian kemasan agar menjadi lebih baik lagi. Salah satu perangkat pengujian tersebut bernama *bottle leak detector* yang berfungsi untuk mendeteksi kebocoran pada botol plastik jenis PET. Perangkat pengujian kebocoran botol PET dimaksudkan untuk menawarkan inspeksi 100% keandalan dalam mendeteksi kebocoran selama proses produksi minuman dalam botol. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektifitas penggunaan unit pendeteksi kebocoran tersebut pada botol PET agar integritas dari botol PET tersebut tetap utuh dan tidak ada kebocoran sebelum produk minuman tersebut sampai kekonsumen.

Sistem kerja alat uji kebocoran botol FET menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 yang berfungsi untuk mengkonversi keluaran dari sensor MPX 5100Dp yang berupa sinyal analog menjadi sinyal digital agar dapat terbaca oleh komputer dan ditampilkan di LCD. Oleh sebab itu akan dibangun sistem “Uji Kebocoran Botol PET Berbasis Detektor Tekanan Diferensial” yang diharapkan dapat menjadi alat pembelajaran dalam mempelajari mikrokontroler.

TEORI

Pada dasarnya tekanan udara atmosfer tidak tetap. Hal ini sangat tergantung terhadap lokasi gelogis dan cuaca. Tekanan udara dikatakan vakum apabila tekanan udara didalam suatu benda lebih kecil dari tekanan udara di atmosfer. Jadi daerah vakum ini dibatasi dengan garis nol dibawahnya serta garis tekanan atmosfer di atasnya. Bila ditinjau dari segi kerja hukum pascal dan tekanan pascal yang akan di pergunakan sebagai metode dalam pembuatan alat ini pun tidak jauh berbeda, karena tekanan angin pada dasar wadah tentu saja lebih besar dari tekanan angin pada bagian atasnya. Semakin kebawah, semakin besar tekanan angin tersebut. Sebaliknya, semakin mendekati permukaan atas wadah, maka semakin kecil tekanan zat cair tersebut. Untuk besarnya tekanan sebanding dengan $p.g.h$, dimana: p sebagai massa jenis, g sebagai percepatan gravitasi dan h merupakan ketinggian/kedalaman benda.

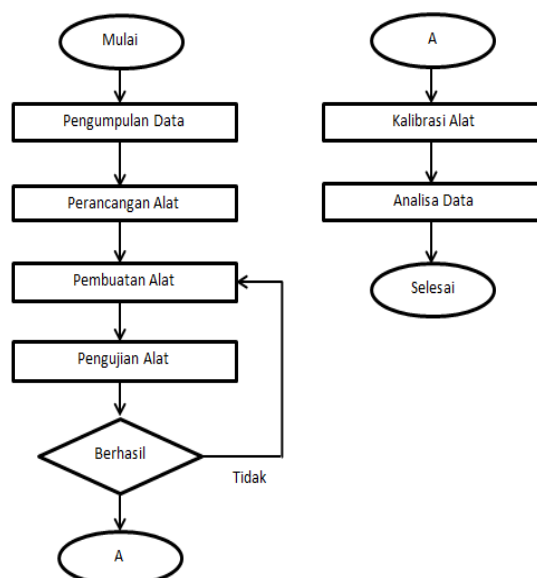
Perancangan dan pembuatan alat pengujian kebocoran pada botol ini menggunakan metode tekanan pascal, botol dipompa menggunakan kompressor sampai tekanan yang telah ditetapkan, kemudian sensor *differential pressure* tipe MPX 5100DP membaca tekanan dalam botol dan hasil pengukuran tekanan diolah oleh mikrokontroler. Ketika ada botol yang dilewatkan pada sensor dan mempunyai tekanan yang telah ditetapkan, maka botol tersebut dapat dinyatakan lolos uji kebocoran. Sedangkan, apabila dilakukan uji tekanan pada botol dan tekanan yang dihasilkan tidak sesuai, maka botol tersebut dinyatakan bocor dan tidak lolos uji kebocoran.

Sensor *differential pressure* tipe MPX 5100DP merupakan sebuah sensor tekanan yang menyediakan ukuran tekanan dari 0 sampai 100kPa. Sensor ini didalamnya terdapat sirkuit jembatan wheatstone yang menyediakan keluaran tegangan Milivolt (mV) secara stabil. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi penurunan tekanan pada saat botol di tekan dan mengalami kebocoran. Sensor *differential pressure* ini menggunakan prinsip perbedaan tekanan udara dengan menjumlahkan tekanan udara pada saat seal botol normal dan pada saat seal botol mengalami kebocoran. Untuk menggunakannya tekanan bawah sensor harus dalam keadaan vakum atau ruang hampa.

Pada dasarnya tekanan udara atmosfer ini tidak tetap. Hal ini sangat tergantung sekali terhadap lokasi geografis dan cuaca. Tekanan udara dikatakan vakum jika tekanan udara didalamnya lebih kecil dari tekanan udara di atmosfer. Jadi daerah vakum ini dibatasi dengan nol di bawahnya serta garis tekanan atmosfer di atasnya. Pneumatik tersebut bekerja dengan memanfaatkan udara yang disumbatkan. Dalam hal ini, udara yang disumbatkan akan didistribusikan kepada sistem yang ada sehingga kapasitas sistem terpenuhi, maka dari itu pada sistem pneumatik diperlukan kompresor untuk dapat menghasilkan udara bertekanan agar udara sampai pada tekanan kerja yang diinginkan.

METODOLOGI

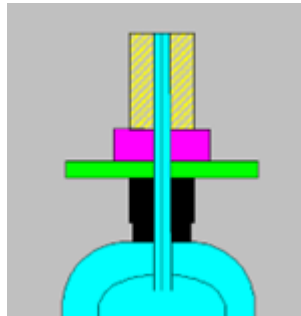
Rancang bangun alat uji kebocoran botol PET diawali dengan persiapan dan mempelajari literatur komponen dan program Arduino Uno R3 yang akan digunakan. Selanjutnya dilakukan perancangan dan pembuatan perangkat keras serta perangkat lunaknya, termasuk membuat program untuk Arduino tersebut. Proses tersebut dilakukan dengan mencari informasi dengan studi pustaka pada beberapa jurnal ilmiah.



Gambar 1. Diagram alur

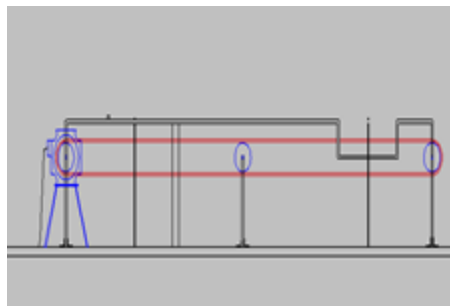
Dalam dunia industri membuat perancangan mekanik merupakan tahap awal pembuatan suatu mesin atau alat industri. Pembuatan alat pendeteksi kebocoran botol ini dalam perancangan mekanik yang dilakukan adalah:

1. Rancangan dudukan penekan botol



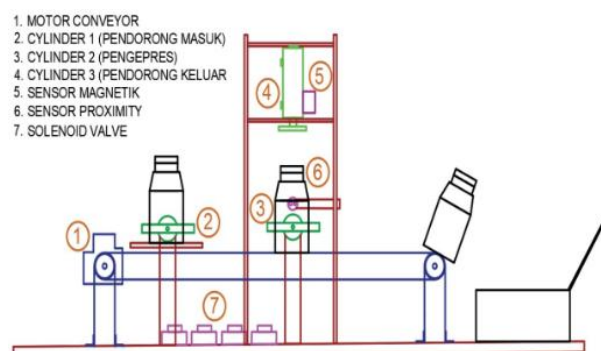
Gambar 2. Dudukan penekan botol

2. Perancangan Mini Konveyor



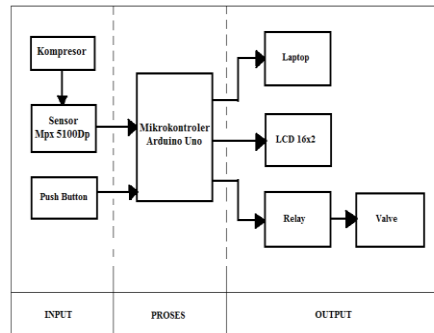
Gambar 3. Desain mini konveyor

3. Perancangan Kerangka Alat



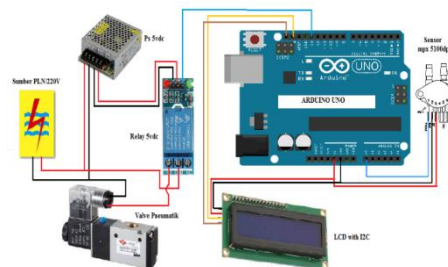
Gambar 4. Desain kerangka alat

Desain perangkat keras dapat dilihat pada diagram berikut:



Gambar 5. Blok diagram alir perancangan perangkat keras

Pada tahap ini dilakukan penginstalan agar perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) saling menginisialisasi dan membuat seluruh perangkat akan saling terintegrasi. Adapun cara program mikrokontroler dengan *software* Arduino IDE. Adapun skema perancangannya:



Gambar 6. Skema pembuatan alat

Sebagai penunjang dalam pelaksanaan kegiatan pembuatan, pengukuran, pengamatan dan pengujian alat uji Kebocoran Botol PET maka diperlukan alat-alat sebagai berikut:

1. Multimeter
2. Solder
3. Bor listrik
4. Obeng plus dan minus
5. Tang potong dan tang kombinasi
6. *Cutter*
7. Gerinda
8. Gergaji besi
9. Dudukan PCB
10. Laptop
11. Pressure Gauge
12. Skun kabel
13. Kompresor

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian pembuatan alat uji kebocoran botol PET adalah sebagai berikut:

1. Sensor *differential pressure* tipe MPX 5100DP
2. Arduino Uno dengan Atmega 328p
3. Plat Besi dengan ketebalan 2mm (sebagai plat penekan dan penampang atas)
4. Besi Siku (sebagaiudukan *pressure regulator* dan *solenoid valve*)
5. Akrilik Size 3mm (sebagaiudukan PLC, switch on, push button dan emergency stop)
6. Plat Aluminium dengan ketebalan 2mm (Sebagai alas penampang)
7. As drat dengan diameter 8mm dan 6mm (sebagaiudukan aktuator)
8. Kayu balok tebal 3cm sebagai kerangka penyangga
9. Silinder *double actuator*
10. *Pressure regulator*
11. Karet dengan tebal 5 mm (sebagai bantalan penekan)
12. Sensor *Reed switch*
13. *Push button* dan emergency stop
14. Lampu indikator
15. Sensor *proximity*
16. Katub 3/2 dan 2/2
17. Selang dan naple pneumatik
18. Kabel *jumper*
19. Motor DC 12Vdc
20. Relay 24Vdc dan 5Vdc
21. LCD 16x2 dengan I2C

Pada tahapan ini dilakukan pengujian alat untuk mengetahui keakurasian alat dan tingkat kesalahan yang dibaca oleh sensor MPX 5100DP. pengujian tersebut diantaranya adalah:

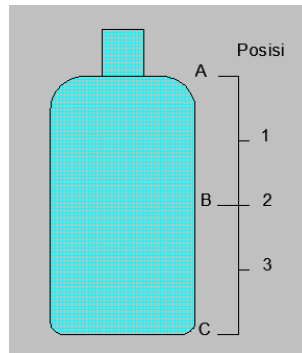
1. Pengujian pembacaan tekanan oleh sensor MPX 5100DP pada botol PET yang bocor ketika diberikan tekanan 1 bar (100kPa)
2. Pengujian tegangan yang dihasilkan oleh sensor MPX 5100DP saat pembacaan botol PET yang bocor.
3. Pengujian *respon time* saat sensor MPX 5100 membaca bahwa botol PET dalam keadaan bocor.

Pengumpulan data dilakukan dengan memberikan udara bertekanan 1 bar dari kompressor ke dalam botol PET kemudian sensor tekanan MPX 5100DP mengukur tekanan yang terbaca dalam botol setelah kompressor dalam keadaan *off* dan mengukur tegangan yang dihasilkan oleh sensor MPX 5100DP dalam membaca tekanan tersebut.

1. Posisi lubang pada botol

Pada pengujian kebocoran botol PET ini penulis melakukan percobaan dengan melubangi botol PET pada pada setiap varian botol tersebut. Masing-masing lubang berdiameter 1mm. Gambar 7 Berikut merupakan posisi lubang pada setiap varian botol

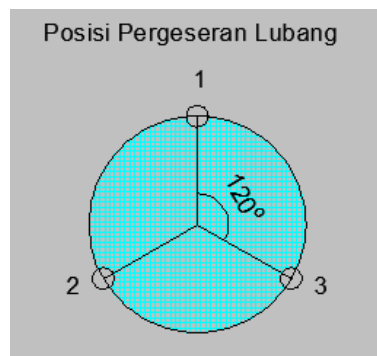
PET. Dimana posisi 1 yaitu setengah dari jarak A-B, posisi 2 yaitu setengah dari jarak A-C dan posisi 3 yaitu setengah jarak B-C.



Gambar 7. Posisi lubang pada botol

2. Posisi pergeseran lubang

Pada pengujian kebocoran botol PET ini penulis juga melakukan pengujian dengan melakukan pergeseran posisi lubang, dimana setiap botol PET penulis lubangi dengan pergeseran lubang 120° pada setiap lubang yang akan di jadikan titik uji.



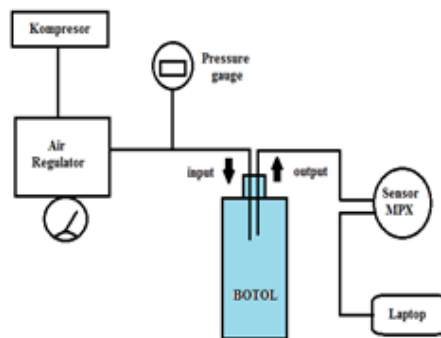
Gambar 8. Pergeseran Lubang

3. Botol PET sebagai subjek pengujian

Pengujian dilakukan dengan 3 varian botol PET, setiap varian botol PET dilakukan pengujian sebanyak 10 kali, yaitu pengujian kebocoran pada botol PET kondisi tidak bocor dan kondisi saat diberi 1 lubang di posisi 1,2 dan 3. Lalu pada 2 lubang di posisi 1,2 dan 3. Dan terakhir pada 3 lubang di posisi 1,2 dan 3. Maka jumlah botol yang di uji sebanyak 30 botol PET.

4. Titik pengukuran

Pengambilan data dilakukan pada saat kompresor mengalir udara bertekanan ke dalam botol. kemudian *Pressure gauge* tersebut membaca tekanan yang masuk (input) kedalam botol, dan udara yang keluar dari botol (output) tersebut masuk kedalam sensor MPX 5100DP.



Gambar 9. Teknik pengambilan data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara garis besar percobaan Pengujian ini dilakukan sebanyak 30 kali yaitu percobaan terhadap 3 varian botol PET yang diberi lubang berdiameter 1mm dan dengan jumlah lubang serta posisi lubang yang berbeda.



Gambar 10. Alat uji kebocoran botol PET

Pengujian tekanan pada botol bocor PET varian A dilakukan seperti terlihat pada Gambar 11 dan hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 1.



Gambar 11. Botol varian A (60ml)

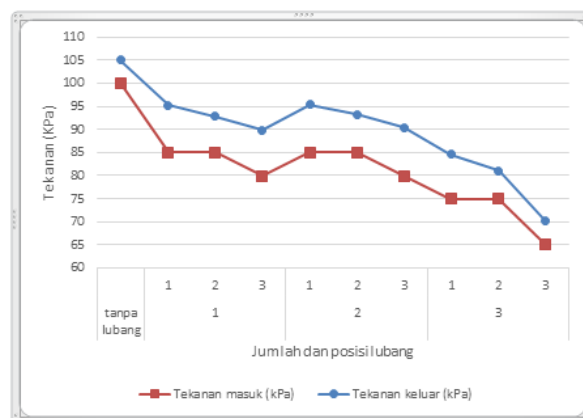
Tabel 1. Pengujian kebocoran botol varian A (60ml) dengan diamter lubang 1mm

No.	Jumlah Luring	Posisi Luring	Waktu Pengisian (detik)	Tekanan		Tegangan Terbaca (V)
				Masuk (kPa)	Keluar (kPa)	

1	Tanpa Luring		3	100	105	4,95
2		1	3	85	95,3	4,49
3	1	2	3	85	92,8	4,31
4		3	3	80	89,9	4,12
5		1	3	85	95,4	4,48
6	2	2	3	85	93,3	4,39
7		3	3	80	90,4	4,27
8		1	3	75	84,6	4,00
9	3	2	3	75	81,0	3,84
10		3	3	65	70,2	3,40

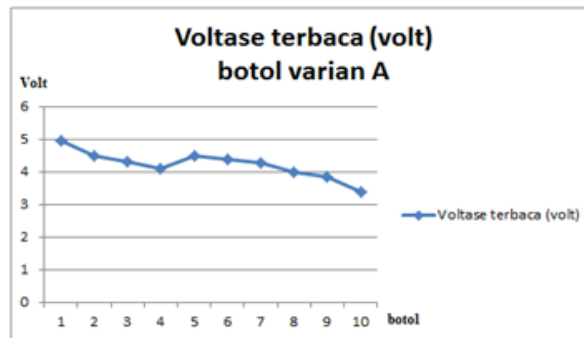
Ket : posisi lubang 1 = atas, posisi lubang 2 = tengah, posisi lubang 3= bawah.

Gambar 12 grafik pengujian ke 1 merupakan pengujian pembacaan botol bagus yaitu botol tidak memiliki lubang, ketika udara dari kompresor mensuplay udara 1 bar selama 3 detik. maka tekanan input yang diterima botol adalah 1 bar dan tekanan output yang keluar dari botol adalah 105 kpa (1.05bar) pengujian ini menandakan bahwa botol tersebut dalam kondisi baik.



Gambar 12. Grafik pengujian input dan output botol PET varian A

Pengujian selanjutnya yaitu pada ketika botol diberi 1 lubang, 2 lubang dan 3 lubang dengan masing-masing lubang di posisi yang berbeda (posisi 1 berada di atas botol, posisi 2 berada di tengah botol, dan posisi 3 berada di bawah botol) maka akan didapati bahwa semakin bawah posisi lubang maka udara yang hilang/terbuang akan semakin cepat dan tekanan yang terbaca akan semakin berkurang sampai 65kPa - 70.2 kPa.



Gambar 13. Pengujian tegangan sensor

Dari Gambar 13 terlihat bahwa posisi lubang pada botol semakin bawah maka akan semakin rendah tegangan yang akan terbaca oleh sensor MPX 5100DP yaitu 3.4V pada botol nomer 10. Pengujian tekanan pada botol bocor varian B dilakukan seperti terlihat pada Gambar 14 dan hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 2.



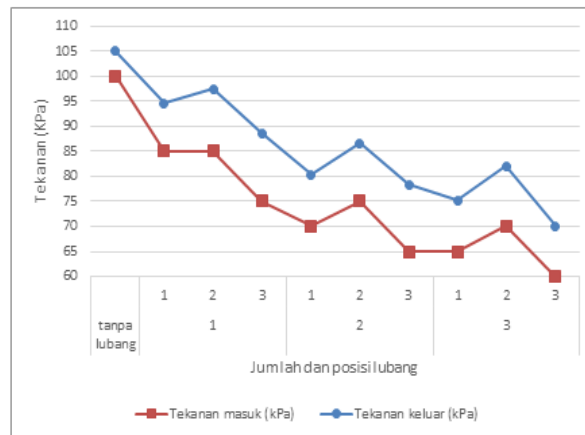
Gambar 14. Botol varian B (130ml)

Tabel 2. Pengujian kebocoran botol varian B (130ml) dengan diamter lubang 1mm

No.	Jumlah Luring	Posisi Luring	Waktu Pengisian (detik)	Tekanan		Tegangan Terbaca (V)
				Masuk (kPa)	Keluar (kPa)	
1	Tanpa Luring		3	100	105	4,96
2		1	3	85	96,4	4,40
3		2	3	85	97,4	4,58
4		3	3	75	88,6	4,12
5	2	1	3	70	80,3	3,83
6		2	3	75	86,6	4,10
7		3	3	65	78,3	3,71
8	3	1	3	65	75,2	3,60
9		2	3	70	82.0	3,91
10		3	3	60	70,1	3,39

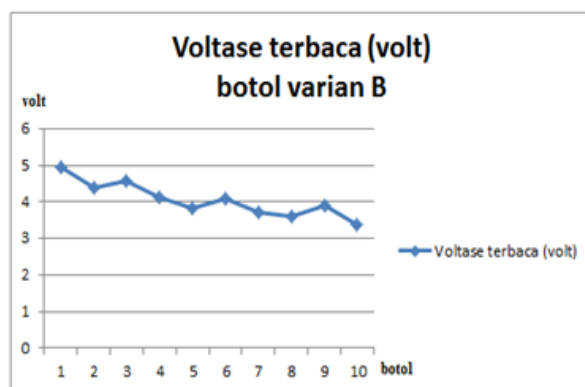
Ket : posisi lubang 1 = atas, posisi lubang 2 = tengah, posisi lubang 3 = bawah.

Gambar 15 grafik pengujian ke 1 merupakan pengujian pembacaan botol bagus yaitu botol tidak memiliki lubang, ketika udara dari kompresor mensuplay udara 1 bar selama 3 detik. maka tekanan input yang diterima botol adalah 1 bar dan tekanan output yang keluar dari botol adalah 105 kpa (1.05bar) pengujian ini menandakan bahwa botol tersebut dalam kondisi baik.



Gambar 15. Grafik pengujian input dan output botol PET varian B

Pengujian selanjutnya yaitu pada ketika botol diberi 1 lubang, 2 lubang dan 3 lubang dengan masing-masing lubang di posisi yang berbeda (posisi 1 berada di atas botol, posisi 2 berada di tengah botol, dan posisi 3 berada di bawah botol) maka akan didapati bahwa semakin bawah posisi lubang maka udara yang hilang/terbuang akan semakin cepat dan tekanan yang terbaca akan semakin berkurang sampai 60 kPa – 70.1 kPa.



Gambar 16. Pengujian tegangan sensor

Dari Gambar 16 terlihat bahwa posisi lubang pada botol semakin bawah maka akan semakin rendah tegangan yang akan terbaca oleh sensor MPX 5100Dp yaitu 3.39V pada botol nomer 10. Pengujian tekanan pada botol bocor varian B dilakukan seperti terlihat pada Gambar 17 dan hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 3.



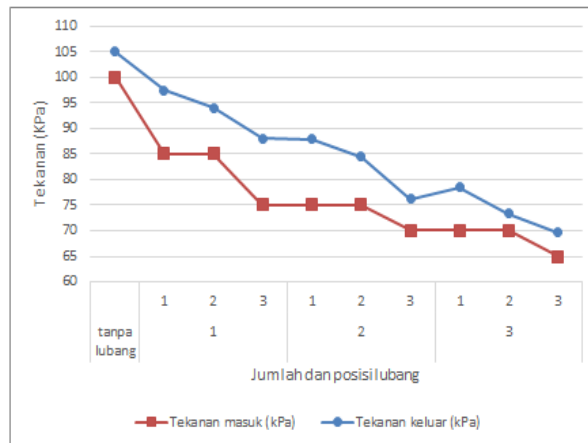
Gambar 17. Botol varian C (180ml)

Tabel 3. Pengujian kebocoran botol varian C (180ml) dengan diamter lubang 1mm

No.	Jumlah Luring	Posisi Luring	Waktu Pengisian (detik)	Tekanan		Tegangan Terbaca (V)
				Masuk (kPa)	Keluar (kPa)	
1	1	Tanpa Luring	3	100	105	4,96
2		1	3	85	97,5	4,56
3		2	3	85	94,0	4,43
4		3	3	75	88,0	4,16
5	2	1	3	75	87,9	4,15
6		2	3	75	84,5	4,01
7		3	3	70	76,2	3,58
8	3	1	3	70	78,5	3,58
9		2	3	70	73,4	3,50
10		3	3	65	69,7	3,26

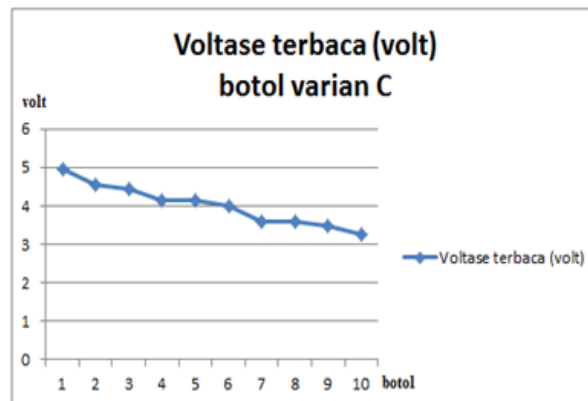
Ket : posisi lubang 1 = atas, posisi lubang 2 = tengah, posisi lubang 3= bawah.

Gambar 18 grafik pengujian ke 1 merupakan pengujian pembacaan botol bagus yaitu botol tidak memiliki lubang, ketika udara dari kompresor mensuplay udara 1 bar selama 3 detik. maka tekanan input yang diterima botol adalah 1 bar dan tekanan output yang keluar dari botol adalah 105 kpa (1.05bar) pengujian ini menandakan bahwa tidak ada udara yang hilang dan menandakan bahwa botol tersebut dalam kondisi baik.



Gambar 18. Grafik pengujian input dan output botol PET varian C

Pengujian selanjutnya yaitu pada ketika botol diberi 1 lubang, 2 lubang dan 3 lubang dengan masing-masing lubang di posisi yang berbeda (posisi 1 berada di atas botol, posisi 2 berada di tengah botol, dan posisi 3 berada di bawah botol) maka akan didapati bahwa semakin bawah posisi lubang maka udara yang hilang/terbuang akan semakin cepat dan tekanan yang terbaca akan semakin berkurang sampai 65 kPa – 69.7 kPa.



Gambar 19. Pengujian tegangan sensor

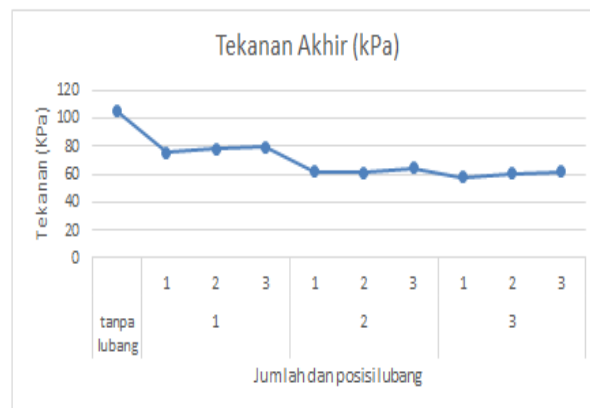
Gambar 19 terlihat bahwa posisi lubang pada botol semakin bawah maka akan semakin rendah tegangan yang akan terbaca oleh sensor MPX 5100Dp yaitu 3.26 volt pada botol nomer 10.

Pengujian respon time sensor pada botol varian A dilakukan untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan sensor MPX 5100DP dapat menyatakan bahwa Botol PET tersebut bocor sampai tekanannya berkurang dan stabil.

Tabel 4. Uji *respon time* sensor pada botol varian A (60ml)

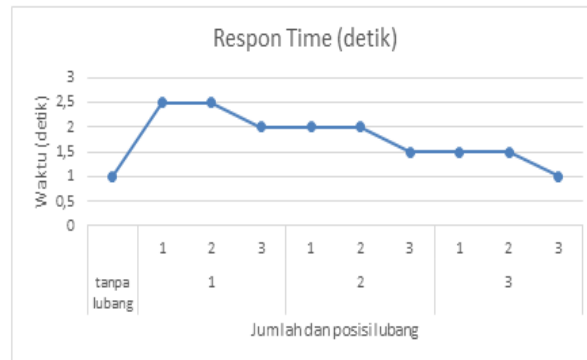
No.	Jumlah Luring	Posisi Luring	Tekanan		Respon Time (detik)
			Masuk (kPa)	Keluar (kPa)	
1	Tanpa Luring		100	105	1,0
2		1	100	75,3	2,5
3		2	100	78,3	2,5
4		3	100	79,7	2,0
5	2	1	100	61,7	2,0
6		2	100	61,4	2,0
7		3	100	64,5	1,5
8		1	100	57,7	1,5
9	3	2	100	60,6	1,5
10		3	100	61,6	1,0

Ket : posisi lubang 1 = atas, posisi lubang 2 = tengah, posisi lubang 3= bawah.



Gambar 20. Tekanan akhir pada botol varian A

Dari Gambar 20 grafik menunjukkan bahwa pada botol 1 udara akan stabil di 105kPa sebab tidak ada lubang pada botol 1 tersebut. Namun pada botol 2 dengan 1 lubang, udara akan stabil di posisi 75kPa dan akan terus naik pada botol 3 dan botol 4. Begitu pula pada pengujian botol 2 lubang di posisi 5, 6 dan 7 udara pada lubang posisi 1 akan terus naik sampai di posisi lubang ke 3. Dan botol 8, 9, dan 10 pun sama. Itu artinya pembacaan oleh sensor MPX 5100DP udara akan cenderung lebih cepat stabil ketika lubang botol berada diposisi 3 (dibagian bawah).



Gambar 21. Respon time sensor pada Botol varian A

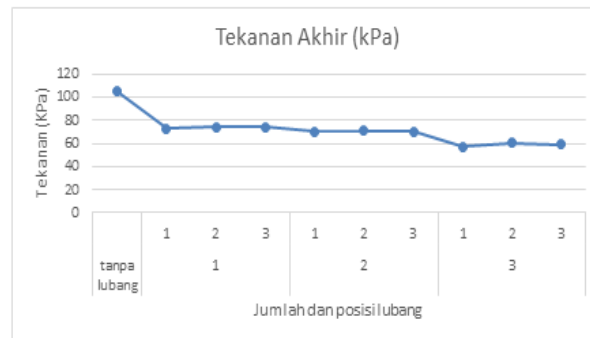
Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa sensor akan lebih cepat membaca dan menyatakan bahwa tekanan didalam botol yang bocor tersebut stabil ketika botol tersbut memiliki lubang di posisi 3 (dibagian bawah) yaitu 1 detik dan begitu pun sebaliknya jika lubang pada posisi 1 dan 2 maka sensor akan lebih lama untuk membaca dan menyatakan bahwa botol tersebut bocor yaitu lebih dari 1 detik.

Pengujian respon time sensor pada botol varian B dilakukan untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan sensor MPX 5100DP dapat menyatakan bahwa Botol PET tersebut bocor sampai tekanannya berkurang dan stabil.

Tabel 5. Uji *respon time* sensor pada botol Varian B (130ml)

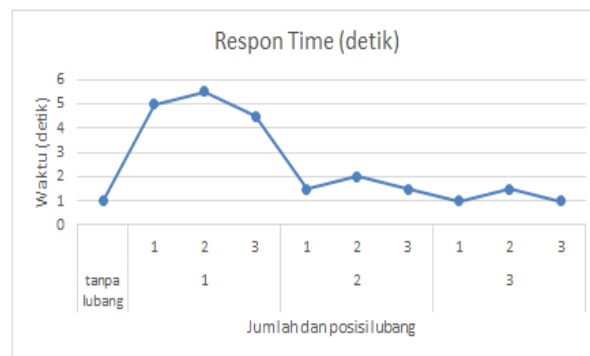
No.	Jumlah Luring	Posisi Luring	Tekanan		Respon Time (detik)
			Masuk (kPa)	Keluar (kPa)	
1	Tanpa Luring		100	105	1,0
2		1	100	72,7	5,0
3		2	100	74,3	5,5
4		3	100	73,9	4,5
5	1	1	100	70,5	1,5
6		2	100	70,7	2,0
7		3	100	70,2	1,5
8	2	1	100	56,9	1,0
9		2	100	60.4	1,5
10		3	100	59,1	1,0

Ket : posisi lubang 1 = atas, posisi lubang 2 = tengah, posisi lubang 3= bawah.



Gambar 22. Tekanan akhir pada botol varian B

Gambar 22 grafik menunjukkan bahwa pada botol 1 udara akan stabil di 105kPa sebab tidak ada lubang pada botol 1 tersebut. Namun pada botol 2 dengan 1 lubang, udara akan stabil di posisi 73kPa dan akan terus naik pada botol 3 dan turun lagi pada botol 4. Begitu pula pada pengujian botol 2 lubang di posisi 5, 6 dan 7 udara pada lubang posisi 1 akan terus naik sampai di posisi lubang ke 2 dan turun di posisi lubang ke 3. Dan botol 8, 9, dan 10 pun sama. Itu artinya pembacaan oleh sensor MPX 5100DP udara akan cenderung lebih stabil ketika lubang botol berada diposisi 3 (dibagian bawah).



Gambar 23. Respon time sensor pada Botol varian B

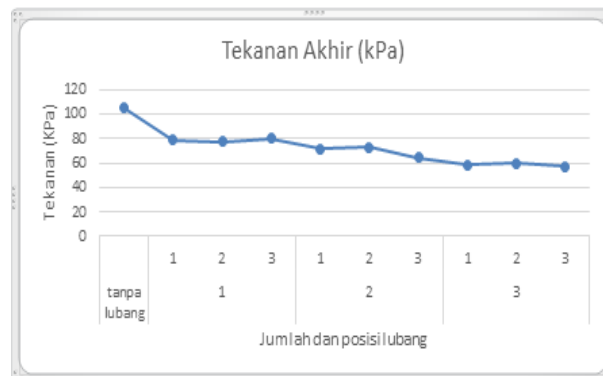
Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa sensor akan lebih cepat membaca dan menyatakan bahwa tekanan didalam botol yang bocor tersebut stabil ketika botol tersebut memiliki lubang di posisi 3 (dibagian bawah) yaitu 1 detik, begitu pun sebaliknya jika lubang pada posisi 1 dan 2 maka sensor akan lebih lama untuk membaca dan menyatakan bahwa botol tersebut bocor yaitu lebih dari 1 detik.

Pengujian respon time sensor pada botol varian C dilakukan untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan sensor MPX 5100DP dapat menyatakan bahwa Botol PET tersebut bocor sampai tekanannya berkurang dan stabil.

Tabel 6. Uji *respon time* sensor pada botol Varian C (180ml)

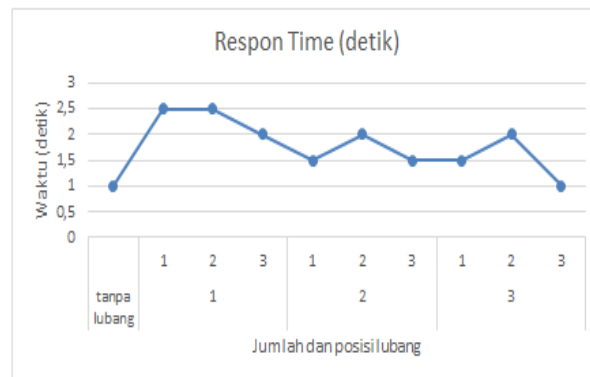
No.	Jumlah Luring	Posisi Luring	Tekanan		Respon Time (detik)
			Masuk (kPa)	Keluar (kPa)	
1	Tanpa Luring		100	105	1,0
2		1	100	78,7	2,5
3	1	2	100	77,3	2,5
4		3	100	79,8	2,0
5		1	100	71,7	1,5
6	2	2	100	72,7	2,0
7		3	100	64,2	1,5
8		1	100	58,6	1,5
9	3	2	100	60,0	2,0
10		3	100	57,4	1,0

Ket : posisi lubang 1 = atas, posisi lubang 2 = tengah, posisi lubang 3= bawah.



Gambar 24. Tekanan akhir pada botol varian C

Gambar 3.4 grafik menunjukkan bahwa pada botol 1 udara akan stabil di 105kPa sebab tidak ada lubang pada botol 1 tersebut. Namun pada botol 2 dengan 1 lubang, udara akan stabil di posisi 78kPa dan akan terus turun pada botol 2 dan naik lagi pada botol 4. Begitu pula pada pengujian botol 2 lubang di posisi 5, 6 dan 7 udara pada lubang posisi 1 akan terus naik sampai di posisi lubang ke 2 dan turun di posisi lubang ke 3. Dan botol 8, 9, dan 10 pun sama. Untuk waktu pembacaan sensor bisa dilihat pada grafik dibawah:



Gambar 25. *Respon time* sensor pada Botol varian C

Dari Gambar 25 dapat diketahui bahwa sensor akan lebih cepat membaca dan menyatakan bahwa tekanan didalam botol yang bocor tersebut stabil ketika botol tersebut memiliki lubang di posisi 3 (dibagian bawah) yaitu 1 detik, begitu pun sebaliknya jika lubang pada posisi 1 dan 2 maka sensor akan lebih lama untuk membaca dan menyatakan bahwa botol tersebut bocor yaitu lebih dari 1 detik.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian diketahui bahwa perancangan menggunakan sensor MPX 5100DP sebagai pendeteksi tekanan udara yang ada didalam botol PET kemudian sinyal dari sensor tersebut diolah oleh Arduino Uno yang hasilnya akan menjadi sinyal inputan untuk sistem PLC.
2. Pengujian kali ini mendeteksi tekanan udara didalam botol PET yang terbaca oleh sensor MPX 5100DP yang kemudian diproses oleh Arduino Uno, jika tekanan yang terbaca tidak mencapai target yang telah ditentukan yakni 1bar (100kPa) maka Arduino akan menghidupkan Pin 13 sebagai sinyal (reject) untuk input PLC kemudian akan menggerakkan selenoid valve.
3. Pada pengujian kebocoran varian botol PET didapati bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk dapat mendeteksi kebocoran botol adalah 1-3 detik pada setiap varian botol PET, dan tekanan akan semakin rendah jika botol memiliki lubang pada posisi 3 (lubang berada dibawah) yakni kurang dari 60kPa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Hanya kata terima kasih yang dapat saya sampaikan kepada dosen pembimbing, atas bimbingannya dan tak lupa juga untuk semua rekan teknik elektro Unpam yang telah

banyak memberikan motivasi serta orang tua tercinta yang tak henti menyemangati atas terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Perancangan mesin pressure test untuk analisa hasil kebocoran pada botol plastik. Ikbai, Soeleman. Jakarta : Universitas Muhammadiyah Jakarta, 2011.
- Aditya, putra Surakusumah. Pengisian botol otomatis. Depok : Universitas Indonesia, 2009.
- Kemenperin. kemenperin.go.id. [Online] [Dikutip: 13 Mei 2019.] <http://www.kemenperin.go.id/artikel/6262/>.
- Riza Kurnia Akbar, S.Pd. Dasar Pneumatik. s.l. : Direktorat Pembinaan SMK, 2010.
- Data sheet sensor MPX 5100. alldatashett. [Online] [Dikutip: 12 Mei 2019.] <http://www.alldatashett.com>.
- PET Seal Quality Testing using an on-line Pressure Differential Detector. Raspante., vijaykrishna s & F. s.l. : *Journal of Food Engineering*, 2006.
- Aplikasi PLC dan sistem Pneumatik pada Industri. Said, H. Yogyakarta : Andi offset, 2012.
- Santoso, Hari. Panduan Praktis Arduino Untuk Pemula. Malang : www.elangsakti.com, 2015.
- PETform. Strecth blow moulding PET bottles. PetForm. [Online] 2014. [Dikutip: 12 Mei 2019.] <http://www.petform.net/styled/Stretch-Blow-Moulding-PET-Bottles/Stretch-Blow-Moulding-PET-Bottles.html>.

Design Control Pemrograman untuk Sistem Elektro Pneumatik

Rizka Ardianto¹, Heri Kusnadi², Seflahir Dinata¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

¹Jl. Raya Puspatek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

²Teknik Elektro Kampus Kota Serang, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

²Jl. Raya Jakarta Km 5 No.6, Kalodran, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten 42183, Indonesia

¹dosen01138@unpam.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 6 Februari 2024
revisi : 10 April 2024
diterima : 4 Mei 2024
dipublish : 31 Mei 2024

ABSTRAK

Otomasi pada bidang industri merupakan penerapan ilmu berbasis kontrol otomatis/automatic pada sistem operasi yang digunakan. Pengontrolan dengan sistem otomasi pada dasarnya menggunakan relay dan kontaktor mekanis dengan pengkabelan yang saling terhubung pada port kontrolnya. Salah satu pengembangan dari sistem pengontrolan mekanis dengan relay dan kontaktor saat ini adalah Programmable Logic Controller (PLC). PLC digunakan untuk mengontrol sistem otomasi pada alat pneumatik. Penelitian ini memanfaatkan PLC OMRON SYSMAC CP1E N30 dan pneumatik untuk mengotomasi laju gerakan botol pada alat test pengujian kebocoran botol. Alat ini mengontrol 1 conveyor, 3 buah solenoid valve 5/2 dan 1 buah solenoid valve 3/2 dengan 3 buah cylinder diameter 16 mm dengan panjang masing2 piston rod 50 mm, 75 mm, dan 100 mm sebagai aktuatornya. Pemrograman yang dibuat menggunakan model multitasking yakni control dapat dilakukan dengan otomatis dan manual. Design control pemrograman menggunakan software CX Programmer dengan pemodelan ladder diagram. Alat ini dapat berfungsi untuk pengecekan botol dengan hasil botol tanpa bocor selama 21,7 detik dan hasil botol bocor selama 20,16 detik dalam 1 kali pengecekan botolnya.

Kata kunci : Programmable Logic Controller, multitasking, CX Programmer

ABSTRACT

Control with an automation system basically uses relays and mechanical contactors with wiring connected to each other at the control port. One development of a mechanical control system with relays and contactors is the Programmable Logic Controller (PLC). PLC is used to control the automation system on pneumatic devices. This study utilizes the PLC OMRON SYSMAC CP1E N30 and pneumatic to automate the rate of movement of the bottles in the bottle leak testing instrument. This tool controls 1 conveyor, 3 5/2 solenoid valve and 1 3/2 solenoid valve with 3 cylinders 16 mm in diameter with 50 mm, 75 mm, and 100 mm piston rods as the actuators. Programming that is made using multitasking models that control can be done automatically and manually. Programming control design using CX Programmer software with ladder diagram

modeling. This tool can function to check the bottles with the results of the bottle without leaking for 21.7 seconds and the results of the bottle leak for 20.16 seconds in 1 time checking the bottle.

Keywords : Programmable Logic Controller, multitasking, CX Programmer

PENDAHULUAN

Salah satu penggunaan PLC dapat digunakan pada control pengendalian alat-alat pneumatik (udara bertekanan) atau dapat disebut juga elektro-pneumatic. Elektro pneumatik merupakan penggabungan antara sistem kontrol elektro yang digabungkan dengan kontrol pneumatik sehingga dapat mengontrol aktuator yang terdapat pada sistem pneumatik.

Penggunaan pneumatik dapat dikembangkan untuk berbagai keperluan proses produksi, misalnya untuk melakukan gerakan mekanik yang selama ini dilakukan oleh tenaga manusia, seperti menggeser, mendorong, mengangkat, menekan, dan lain sebagainya. Gerakan mekanik tersebut dapat dilakukan juga oleh komponen pneumatik, seperti silinder pneumatik, motor pneumatik, robot pneumatik translasi, rotasi maupun gabungan keduanya. Perpaduan dari gerakan mekanik oleh aktuator pneumatik dapat dipadu menjadi gerakan mekanik untuk keperluan proses produksi yang terus menerus (continue), dan flexible.

Penggunaan silinder pneumatik biasanya untuk keperluan antara lain: mencekam benda kerja, menggeser benda kerja, memposisikan benda kerja, mengarahkan aliran material ke berbagai arah. Penggunaan secara nyata pada industri antara lain untuk keperluan: membungkus, mengisi material, mengatur distribusi material, penggerak poros, membuka dan menutup pada pintu, transportasi barang, memutar benda kerja, menumpuk/menyusun material, menahan dan menekan benda kerja. Melalui gerakan rotasi pneumatik dapat digunakan untuk, mengebor, memutar mengencangkan dan mengendorkan mur atau baut, memotong, membentuk profil plat, menguji, proses finishing (gerinda, pasah, dll.).

Dari latar belakang tersebut maka akan dibuat “design control pemrograman untuk sistem elektro pneumatik”. Alat yang akan dibuat adalah kontrol laju botol pada alat bottle leak tester dengan 3 buah solenoid cylinder sebagai aktuator. Diharapkan alat ini dapat berfungsi dengan baik dan dapat menunjang sebagai alat praktek pengujian sistem elektro pneumatik.

TEORI

Pengertian pneumatik dijelaskan menurut pengertian bahasa, ilmu pengetahuan dan otomasi industri. Pneumatik merupakan teori atau pengetahuan tentang udara yang bergerak, keadaan - keadaan keseimbangan udara dan syarat-syarat keseimbangan.

Perkataan pneumatik berasal bahasa Yunani “ pneuma “ yang berarti “napas” atau “udara”. Jadi pneumatik berarti terisi udara atau digerakkan oleh udara bertekanan.[1]

Pneumatik merupakan cabang teori aliran atau mekanika fluida dan tidak hanya meliputi penelitian aliran-aliran udara melalui suatu sistem saluran, yang terdiri atas pipa-pipa, selang - selang, gawai dan sebagainya, tetapi juga aksi dan penggunaan udara bertekanan. Pneumatik menggunakan hukum - hukum aeromekanika, yang menentukan keadaan keseimbangan gas dan uap (khususnya udara atmosfer) dengan adanya gaya-gaya luar (aerostatika) dan teori aliran (aerodinamika). Pneumatik dalam pelaksanaan teknik udara bertekanan dalam industri merupakan ilmu pengetahuan dari semua proses mekanik dimana udara memindahkan suatu gaya atau gerakan. Jadi pneumatik meliputi semua komponen mesin atau peralatan, dalam mana terjadi proses-proses pneumatik.[1]

Elektro pneumatik merupakan pengembangan dari pneumatik, dimana prinsip kerjanya memilih energi pneumatik sebagai media kerja (tenaga penggerak) sedangkan media kontrolnya memper- gunakan sinyal elektrik ataupun elektronik. Sinyal elektrik dialirkan ke kumparan yang terpasang pada katup pneumatik dengan mengaktifkan sakelar, sensor ataupun sakelar pembatas yang berfungsi sebagai penyambung ataupun pemutus sinyal [6].

Sinyal yang dikirimkan ke kumparan tadi akan menghasilkan medan elektromagnetik dan akan mengaktifkan/ mengaktivasikan katup pengatur arah sebagai elemen akhir pada rangkaian kerja pneumatik. Sedangkan media kerja pneumatik akan mengaktifkan atau menggerakkan elemen kerja pneumatik seperti motor-pneumatik atau silinder yang akan menjalankan sistem [6].

Hingga akhir tahun 1970, sistem otomasi mesin dikendalikan oleh relay electromagnet. Dengan semakin mening- katnya perkembangan teknologi, tugas – tugas pengendalian dibuat dalam bentuk pengendalian terprogram yang dapat dilakukan antara lain menggunakan PLC (Programmable Logic Controller).

Dengan PLC, sinyal dari berbagai peralatan luar diinterfis sehingga flexible dalam mewujudkan sistem kendali. Disamping itu, kemampuannya dalam komunikasi jaringan memungkinkan penerapan yang luas dalam berbagai operasi pengendalian sistem.

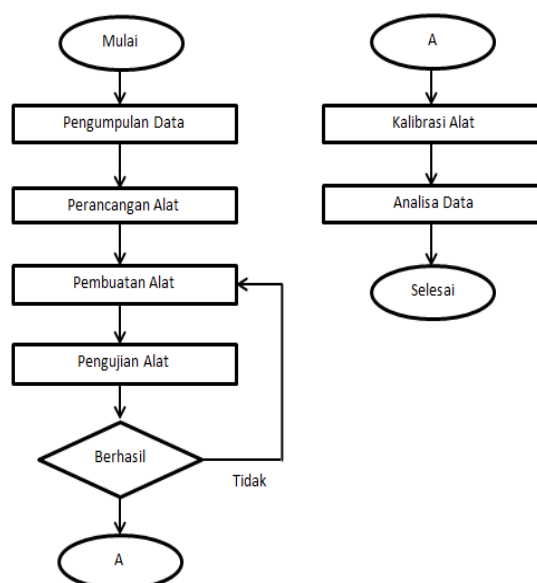
Dalam sistem otomasi, PLC merupakan “jantung” sistem kendali. Dengan program yang disimpan dalam memori PLC, dalam eksekusinya, PLC dapat memonitor keadaan sistem melalui sinyal dari peralatan input, kemudian didasarkan atas logika program menentukan rangkaian aksi pengendalian peralatan output luar.

PLC dapat digunakan untuk mengendalikan tugas – tugas sederhana yang berulang – ulang, atau di-interkoneksi dengan yang lain meng- gunakan komputer melalui sejenis jaringan komunikasi untuk mengin- tegrasikan pengendalian proses yang kompleks. Dalam bidang kejuruan teknik pneumatik dalam pengertian yang lebih sempit lagi adalah teknik udara bertekanan (udara bertekanan). Kompo- nen pneumatik

beroperasi pada tekanan 8 s.d. 10 bar, tetapi dalam praktik dianjurkan beroperasi pada tekanan 5 s.d. 6 bar bertujuan untuk penggunaan yang lebih ekonomis [2].

METODOLOGI

Pembuatan alat kontrol laju botol pada alat bottle leak tester dimuali dengan design dari kontrol dan rancang bangun alat tersebut. Elektropneumatik merupakan penggabungan kontrol elektrik dan pneumatik, untuk kontrol elektrik alat ini di kontrol menggunakan 1 buahh PLC Omron dengan tipe Omron SYSMAC CP1E N30, dan untuk kontrol pneumatik alat ini di kontrol menggunakan 4 buah solenoid valve. Penggabungan kontrol tersebut untuk mengendalikan 3 buah double acting cylinder.



Gambar 1. Diagram Alur

Pada penelitian dan pembutaan design alat bottle leak tester ini memiliki tahapan – tahapan untuk mencapai tujuan, yaitu dengan diagram alir prosedur diatas. Kontrol yang akan dibuat adalah kontrol dengan menggunakan pemrograman pada PLC. Pemrograman yang akan dibuat menggunakan model multitasking yakni aktuator dari sistem yakni Cylinder pneumatik dan motor conveyor akan dikontrol dengan dua cara yakni manual dan otomatis.

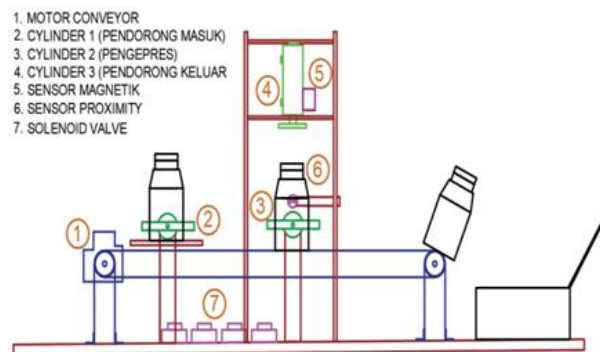
Kontrol dengan cara manual yakni setiap aktuator dapat bekerja satu persatu dengan input push button, sehingga nantinya ketika push button untuk menggerakkan cylinder 1 ditekan maka hanya cylinder 1 yang akan bekerja, begitu juga pada cylinder 2,3, dan juga motor conveyor.

Kontrol dengan cara otomatis yakni setiap aktuator dapat bekerja dengan bersama2 sesuai alur dari laju botol yang telah di design. Keseluruhan sistem akan berfungsi

dengan menggunakan 1 tombol push button dan akan bekerja dengan loop tertutup sehingga sistem akan bekerja terus menerus.

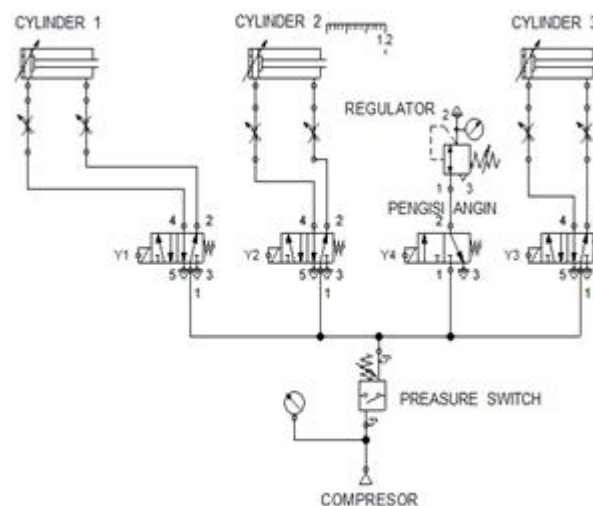
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada design visual ini merupakan tahapan awal untuk membuat suatu alat. Gambar yang dibuat biasanya penyempurnaan dari gambar seketsa coretan yang biasanya muncul dari ide yang bersumber dari kebutuhan yang diinginkan.

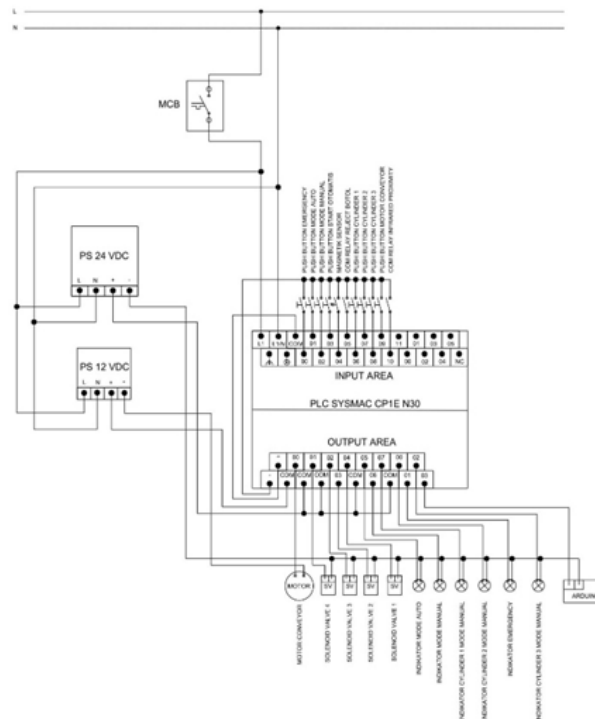


GAMBAR 2. Desain Kerangka Alat

Setelah design visual telah dibuat maka tahapannya selanjutnya adalah merancang design control dari pneumatik dan elektriknya. Software yang digunakan adalah festo fluid simulator, dipilih karena festo fluid simulator merupakan software control yang digunakan untuk mendesign dan bisa langsung disimulasikan.



GAMBAR 3. Design Control Single Line Pneumatic



GAMBAR 4. Wiring Diagram

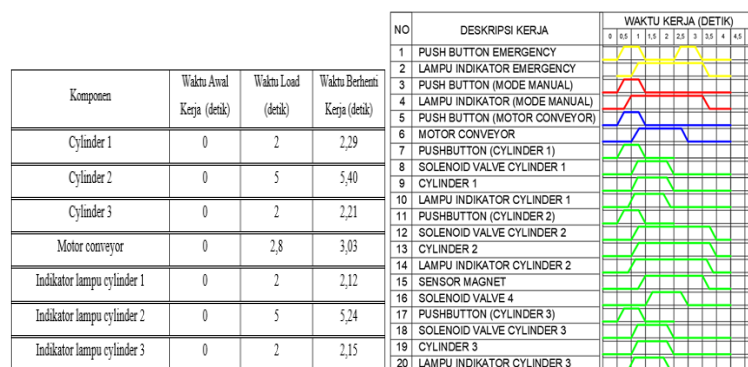
Pada perancangan ini telah mampu dibuat alat seperti yang telah di design yakni pengontrolan laju botol pada alat bottle leak tester dengan 3 buah solenoid cylinder. Secara fungsi alat ini bertujuan untuk mengatur laju botol pada suatu pengetesan kebocoran botol, apakah botol yang dites itu tidak ada kebocoran atau ada kebocoran. Pengaturan laju diperlukan agar botol yang masuk pada alat pengetesan dapat tersusun berurut agar alat dapat mengetes satu persatu dan secara terus menerus.



GAMBAR 5. Hasil Perakitan Alat

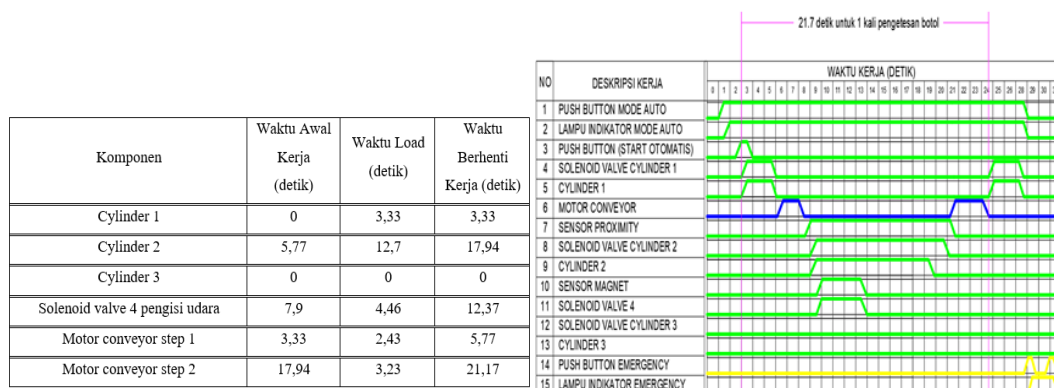
Setelah semua hardware selesai diuji maka tahap selanjutnya adalah menguji software yang telah dibuat. Pengujian didasarkan pada hasil kerja input dan output apakah sudah sesuai dengan design control pada pemrograman PLC atau belum. Design control untuk laju botol menggunakan type multitasking dimana pengontrolan setiap aktuator dapat difungsikan secara manual dan otomatis. Pengujian kinerja alat dibandingkan antara time chart pada design awal dengan hasil real pada alat dengan pengujian terhadap waktu kerja setiap komponen bekerja.

Sebelum membuat time chart tahapannya adalah melakukan pengam- bilan data waktu kerja pada setiap aktuator, setelah didapat data kemudian dapat menjadi acuan untuk membuat time chart, dibawah ini adalah data Analisa kerja waktu dan kemudian di buatkan time chart-nya.

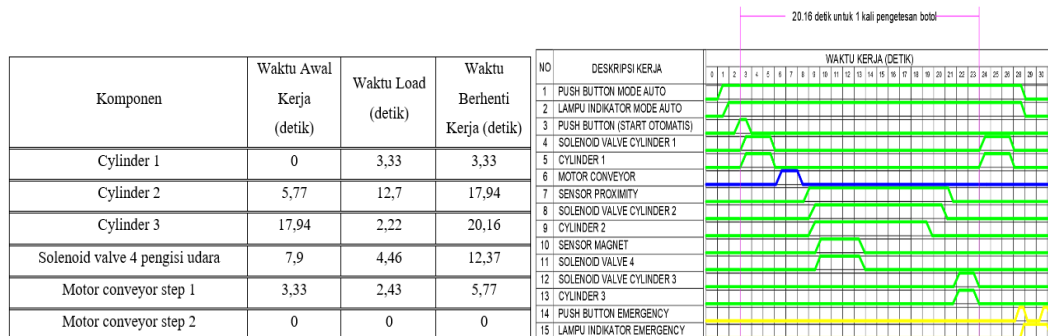


GAMBAR 6. Gambar Time Chart Mode Manual

Dari time chart diatas didapatkan data waktu kerja setiap komponen aktuator. Didapat hasil bahwa setiap aktuator dapat bekerja dengan waktu yang telah di setting pada PLC dan telah sesuai dengan design time chart pada design awal.



GAMBAR 7. Time Chart Mode Otomatis Dengan Hasil Botol Tidak Bocor



GAMBAR 8. Time Chart Mode Otomatis Dengan Hasil Botol Bocor

Dari time chart di atas didapat hasil kerja untuk satu kali pengisian botol memerlukan 21,7 detik untuk botol tidak bocor sehingga dalam waktu 10 menit menghasilkan 27 botol dengan hasil test tidak bocor. Dan untuk satu kali pengisian botol bocor diperlukan waktu 20,16 detik sehingga untuk pengisian dalam waktu 10 menit dihasilkan 29 botol dengan hasil test bocor.

Dari data yang telah diambil dan dianalisa didapat hasil yang telah sesuai dengan perencanaan dan design dengan langkah kerja yang telah dibuat. Data tersebut dibandingkan antara time chart design awal dengan hasil pengambilan data waktu yang kemudian ddibuatkan time chartnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan Analisa Dan Pembahasan Yang Dilakukan Pada Penelitian Ini, Maka Dapat Disimpulkan :

1. Pada Penelitian Ini Dapat Dibuat Alat Kontrol Laju Botol Untuk Pengujian Test Kebocoran Botol Dengan Udara Sebagai Alat Pengetesannya. Design Kontrol Dibuat Dengan Menggunakan Festo Fluid Simulator Yang Kemudian Kontrol Elektrik Di Buat Kembali Pada Cx Programmer. Kemudian Data Di Transferkan Ke Plc Sebagai Komponen Utama Pengontrolan.
2. Dapat Membuat Program Kontrol Pada Plc Dengan Model Multitasking Untuk Pengontrolan 3 Buah Cylinder Dengan Ukuran Diameter 16 Mm Dan Panjang Piston Rod 50 Mm, 75 Mm, Dan 100 Mm Dan 1 Buah Motor Conveyor Sebagai Aktuatornya.
3. Dapat Mengetest Kebocoran Botol Dalam Waktu 21,7 Detik Untuk Botol Tanpa Kebocoran, Dan 20,16 Detik Untuk Botol Dengan Kebocoran. Sehingga Dalam Waktu 10 Menit Botol Yang Dapat Diuji Adala 27 Botol Yang Tidak Bocor, Dan Untuk Yang Bocor Alat Dapat Menguji Dalam Waktu 10 Menit Sebanyak 29 Botol. Dengan Jenis Botol Untuk Air Minum Dengan Ukuran 60 MI.

UCAPAN TERIMA KASIH

Hanya kata terima kasih yang dapat saya sampaikan kepada dosen pembimbing, atas bimbingannya dan tak lupa juga untuk semua rekan teknik elektro Unpam yang telah banyak memberikan motivasi serta orang tua tercinta yang tak henti menyemangati atas terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Sudaryono. (2013). Pneumatik & Hidrolik: Kementrian Pendidikan Dan Kebudayaan.
- Akhmad, A. A. (2009). ST, MT. Perancangan Simulasi Sistem Pergerakan Dengan Pengontrolan Pneumatik Untuk Mesin Pengamplas Kayu Otomatis, 21 - 28.
- Hakim, L. (2009). Analisa Sistem Pneumatik Untuk Penggerak Alat Panen Kelapa Sawit, 32-39.
- Swider J., W. G. (2005). programmable controller design for elektro-pneumatic systems, 1459 - 1465.
- Teknik Otomasi Industri . (2013). Sistem Kendali PLC: SMKN 1 Cimahi.
- Teknik Otomasi Industri. (2013). Sistem Pengendalian Pneumatik dan Elektropneumatik: SMKN 1 Cimahi.

Sistem Pengatur Suhu Otomatis Air Hangat pada Solar Water Heater Berbasis Mikrokontroler

Sugeng Aditya¹, Elfirza Rosiana¹, Nurkahfi Irwansyah¹, Abdurahman¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

¹Jl. Raya Puspittek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹sugengaditya370@gmail.com,

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 10 Februari 2024
revisi : 14 April 2024
diterima : 7 Mei 2024
dipublish : 31 Mei 2024

ABSTRAK

Pemanas air berbasis sinar matahari adalah alat yang digunakan untuk menghangatkan air dengan memanfaatkan energi radiasi matahari sebagai sumber pemanasan. Teknik penggunaan radiator air panas matahari yang digunakan saat ini sebenarnya memanfaatkan indra perasa untuk mengetahui berapa suhu air hangat yang diinginkan dan penggunaannya masih manual, khususnya dengan menyambungkan perlengkapan air panas dengan keran air biasa untuk mendapatkan hasil yang maksimal. suhu air menginginkan kehangatan. Kerangka Pengendali Suhu Terprogram Untuk Air Hangat Pada Mikrokontroler Berbasis Mikrokontroler Water Warmer Berbasis Matahari adalah sebuah gadget dengan kapasitas penghangat air yang akan dibatasi oleh Mikrokontroler Wemos D1 D2 sebagai pengatur suhu. Untuk suhu setpoint yang digunakan adalah 35°C, dengan asumsi suhu tidak persis dengan setpoint, siphon menyala, dan jika suhu sesuai atau lebih dari setpoint, siphon mati. Jadi suhunya bisa diubah-ubah sesuai keinginan. Juga, menambahkan kerangka kerja IoT untuk pengamatan suhu dan pedoman *setpoint* dari aplikasi android Blynk. Hasil pengujian jam 09.00 sampai jam 16.30 selama 4 hari mendapatkan hasil suhu air panas maksimal yaitu dengan jumlah air 10 liter dengan suhu awal air yaitu 29,50°C mendapatkan suhu maksimal 50,25°C pada jam 16.00 dihari pertama, Jumlah air 20 liter dengan suhu awal air 29,50°C mendapatkan suhu maksimal 46,50°C pada jam 16.00 dihari kedua, jumlah air 30 liter dengan suhu awal air yaitu 29,75°C mendapatkan suhu maksimal 43,00°C pada jam 16.00 dihari ketiga dan untuk pengujian kapasitas tangki penuh 50 liter air dengan suhu awal air yaitu 29,87°C mendapatkan suhu panas maksimal yaitu 39,25°C pada jam 16.00 dihari ke empat.

Kata kunci : Solar Water Heater, Wemos D1 R2

ABSTRACT

Solar water heater is a device for heating water that uses solar energy as a heating source. The current method of using solar water heaters still uses the sense of taste to figure out how much hot water is needed and it is still used manually by combining hot water taps with regular taps to maintain the water temperature. Warm is welcome. The

automatic temperature control system for hot water in a microcontroller based solar water heater is a tool with the function of hot water controlled by the Wemos D1 D2 microcontroller as a temperature controller. For the setpoint temperature used, the temperature is 35°C. If the temperature is below the setpoint, the pump is on and if the temperature is suitable or higher than the setpoint, the pump is off. This allows the temperature to be set according to your requirements. An IoT system has also been added for temperature monitoring and setpoint settings from the Blynk Android application. The test results from 9 a.m. to 4.30 p.m. for 4 days get the greatest heated water temperature, specifically with the measure of water 10 liters at the underlying water temperature of 29.50°C get a most extreme temperature of 50.25°C on the main day at 4.00 p.m, the measure of water is 20 liters with temperature Starting water 29.50°C arrives at a most extreme temperature of 46.50°C on the second day at 4:00 p.m, the measure of water is 30 liters with an underlying water temperature of 29.75°C and arrives at a greatest temperature of 43,00°C on the third day at 4:00 p.m. what's more, to test the full tank limit, 50 liters of water with an underlying water temperature of 29.87°C on the fourth day at 4:00 p.m. get the most extreme warming temperature of 39.04°C.

Keywords: Solar Water Heater, Wemos D1 R2

PENDAHULUAN

Sequis tower adalah gedung perkantoran atau office space yang terletak di kawasan bisnis SCBD (Sudirman central Business distrik). Struktur ini digarap dengan gagasan green structure atau struktur hijau dimana sejak dimulai pada tugas penataan, perbaikan, kegiatan hingga pemeliharaan berfokus pada bagian pengamanan, penghematan, pengurangan aset tetap, menjaga sifat kualitas udara dalam ruangan.

Rencana masalah saat ini adalah sebagai berikut: cara mengaplikasikan sensor suhu pada sistem *solar water heater*, desain penggabungan mikrokontroler dengan sistem *solar water heater*, pemasangan sistem monitor suhu dengan LCD 16 x 2 untuk mengetahui suhu air di dalam tangki penyimpanan air panas, penggabungan dengan sistem IoT.

TEORI

Radiator air berbasis matahari adalah penghangat air yang bergantung pada kehangatan berbasis matahari untuk menghangatkan air, sehingga cenderung dikenal sebagai penghangat air berbasis matahari.



Gambar 1. Solar Water Heater

Arti dari water siphon secara keseluruhan adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan atau (cairan) dimulai dari satu titik kemudian ke titik berikutnya melalui saluran (pipa) dengan memanfaatkan kemampuan listrik untuk mendorong air yang dipindahkan secara konsisten.



Gambar 2. Pompa Air panas

Pengertian tangki penyimpanan air panas adalah tempat penyimpanan berupa liquid / air panas yang biasanya berbahan stainless, besi ataupun fiber dan diluar dari tangki dilapisi isolator yang gunanya untuk menahan panas supaya tidak keluar.



Gambar 3. Tangki Air Panas

Merupakan salah satu dari sekian banyak jenis sensor suhu ds18b20 yang ekonomis namun tahan terhadap kelembapan tinggi (waterproof), sensor ini dapat mengukur suhu pada rentang -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$.

Merupakan panggung elektronik terbuka (open source), mengingat peralatan dan pemrograman yang mudah beradaptasi dan digunakan. Nama Wemos, bahasa pemrograman dan pemrograman, dan iklim pemrograman dengan IDE (Coordinated Improvement Climate).

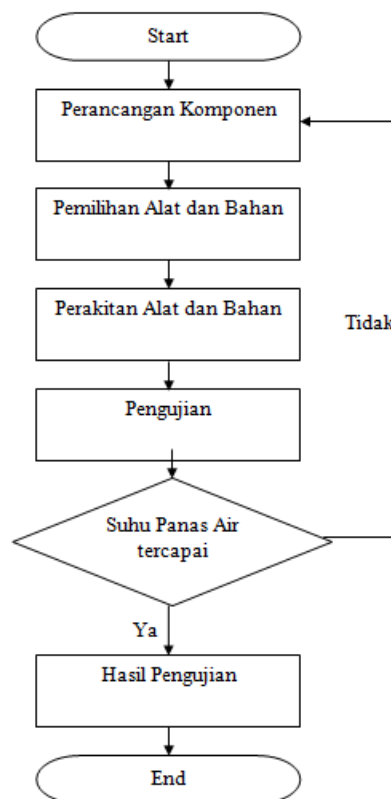
Relay 5 Volt adalah suatu alat yang bekerja bergantung pada elektromagnetik untuk menggerakkan berbagai kontaktor terorganisir atau saklar elektronik yang dapat dikendalikan dari rangkaian elektronik lainnya dengan menggunakan gaya listrik sebagai sumber energi.

LCD Adalah salah satu campuran elektronik yang mampu menampilkan informasi sebagai karakter, lcd jenis 16 x 2 memiliki 2 baris dan setiap baris berisi 16 karakter.

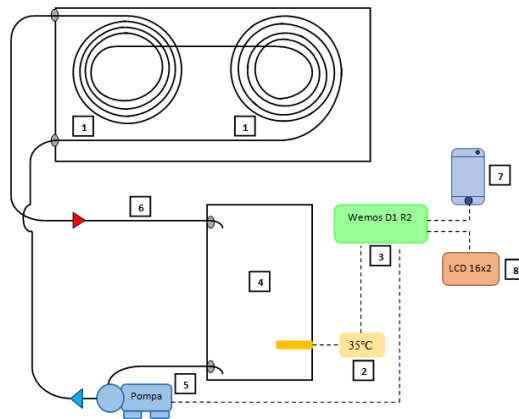
Power Supply 220/12 adalah sebuah peralatan yang berfungsi untuk mensuplai tegangan secara langsung ke bagian-bagian yang membutuhkan tegangan.

METODOLOGI

Dalam metode ini membahas tentang cara memperoleh data yang akan dibutuhkan untuk penelitian, maka digunakan beberapa metode sebagai berikut :



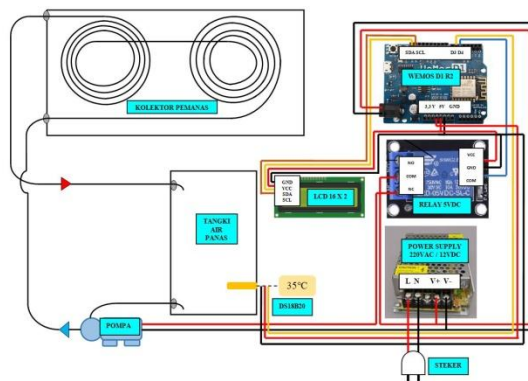
Gambar 4. Flowchart Perancangan Sistem



Gambar 5. Perancangan Sistem

Keterangan alat dan bahan:

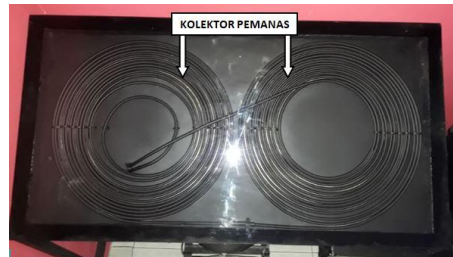
1. Kolektor pemanas (pipa kapiler)
2. Sensor DS18B20
3. Mikrokontroler Wemos D1 R2
4. Tangki air panas
5. Pompa air
6. Pipa kapiler 5/16 inch
7. *Smartphone*
8. Monitor LCD 16x2



Gambar 6. Rangkaian Keseluruhan Sistem

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini hasil yang telah dikerjakan, dengan uji untuk mendapatkan suhu alat yang paling ekstrim dengan variasi 10 liter, 20 ltr, 30 ltr dan 50 ltr air. Untuk tes pagi hari pertama jam 09.00 sampai sore jam 16.30 selama 4 hari dengan kondisi cuaca cerah. Berikut ini adalah *solar water heater* yang telah selesai dibuat sebagaimana dapat ditunjukkan pada gambar 7 *solar water heater* tampak atas dan pada gambar 8 *Solar Water Heater* tampak samping:



Gambar 7. Solar Water Heater Tampak Atas



Gambar 8. Solar Water Heater Tampak Samping

Untuk lebih jelasnya akan dilakukan pengujian meliputi beberapa tahapan seperti dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengujian 10 Liter Air

Pada pengujian di hari pertama tangki di isi air sebanyak 10 liter dengan waktu pengujian jam 09.00 sampai jam 16.30 pada tanggal 22 februari 2021, pengujian ini dilakukan untuk mencari suhu air maksimal yang didapatkan dengan 10 liter air. Adapun gambar jumlah air di tangki penampungan air panas sebanyak 10 liter:



Gambar 9. Jumlah Air 10 Liter

Gambar suhu awal air di LCD 16 x 2 sebelum dipanaskan:



Gambar 10. Suhu Awal di LCD 16 x 2 dengan 10 Liter Air

Gambar suhu awal air di alat ukur Hioki LR5011 sebelum dipanaskan:



Gambar 11. Suhu awal di alat ukur Hioki LR5011 dengan 10 liter air

Gambar suhu setelah air dipanaskan di LCD 16 x 2:



Gambar 12. Suhu setelah dipanaskan di LCD 16 x 2 dengan 10 liter air

Gambar suhu setelah air dipanaskan di Thermometer Hioki LR5011:



Gambar 13. Suhu setelah dipanaskan di alat ukur Hioki LR5011 dengan 10 liter air

Tabel 1. Hasil Pengujian dengan 10 Liter Air

No.	Jam	Hasil Pengukuran		Error (%)
		DS18B20 (°C)	HIOKI LR5011 (°C)	
1	09.00	29,50	29,2	1,02
2	09.30	30,86	30,5	1,18
3	10.00	31,44	30,9	1,74
4	10.30	33,56	33,6	0,11
5	11.00	35,03	35,5	1,34
6	11.30	37,71	37,3	1,09
7	12.00	39,66	39,4	0,65
8	12.30	41,87	41,9	0,07
9	13.00	44,12	44,7	1,31
10	13.30	45,45	45,6	0,33
11	14.00	46,98	46,0	2,13
12	14.30	48,02	48,5	0,99
13	15.00	48,76	48,9	0,28
14	15.30	49,55	49,2	0,71
15	16.00	50,30	50,6	0,59
16	16.30	50,25	50,6	0,69
Rata-rata error (%)				0,88

Percobaan pada tabell 1 diatas dapat disimpulkan bahwa pengujian untuk mendapatkan suhu maksimal dengan 10 liter air pada waktu pengujian jam 09.00 sampai jam 16.30 dengan pengambilan data setiap 30 menit mendapatkan suhu maksimal yang terbaca di sensor DS18B20 yaitu 50,25°C dan yang terbaca di alat ukur hioki LR5011 yaitu 50,6°C dengan suhu awal di sensor DS18B20 yaitu 29,50°C dan di alat ukur hioki LR5011 yaitu 29,2°C kemudian diambil data rata - rata *error* yaitu 0,88% dengan rumus sebagai berikut :

$$\delta = \frac{vA - vE}{vE} \times 100 \% \quad (1)$$

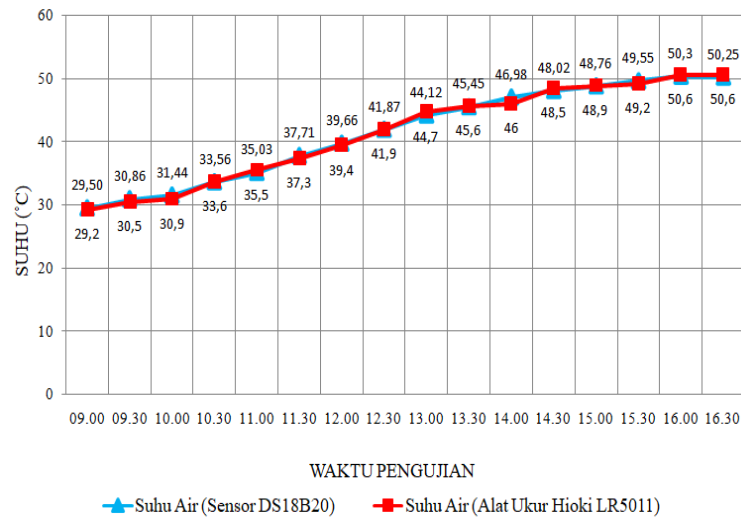
Keterangan :

δ : Persen kesalahan (%)

vA : Nilai yang diamati / Suhu terbaca di alat ukur Hioki LR5011 (°C)

vE : Nilai yang diharapkan / Suhu terbaca di sensor suhu DS18B20 (°C)

Dari rumuss di atas cenderung didapat 1,02%



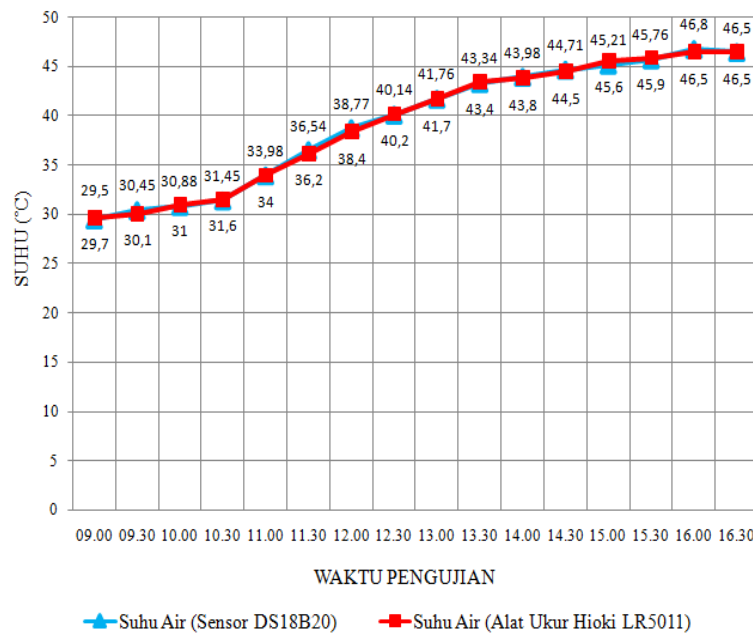
Gambar 14. Grafik Pengujian 10 Liter Air

Dari grafik gambar 14 tersebut dapat dilihat pengujian dengan 10 liter air pada waktu pengujian jam 09.00 sampai jam 16.30 dengan pengambilan data setiap 30 menit mendapatkan suhu maksimal yang terbaca di sensor DS18B20 yaitu 50,25°C dan yang terbaca di alat ukur hioki LR5011 yaitu 50,6°C pada jam 16.00.

2. Pengujian 20 Liter Air

Tabel 2. Hasil Pengujian Dengan 20 Liter Air

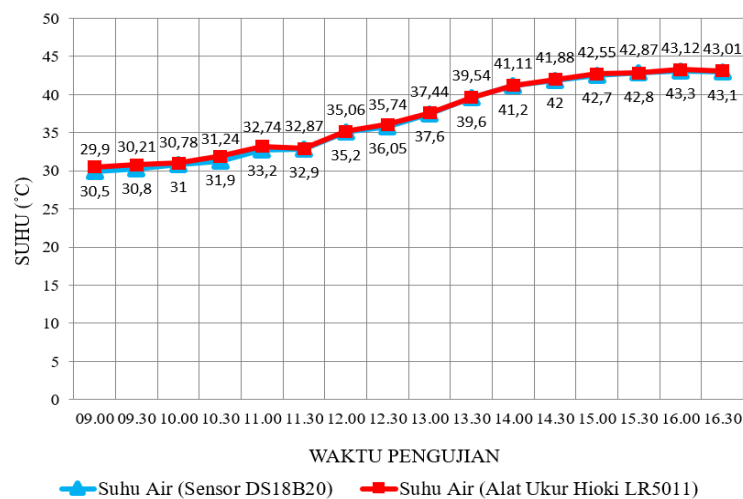
No.	Jam	Hasil Pengukuran		Error (%)
		DS18B20 (°C)	HIOKI LR5011 (°C)	
1	09.00	29,50	29,7	0,67
2	09.30	30,45	30,1	1,16
3	10.00	30,88	30,0	0,38
4	10.30	31,45	31,6	0,47
5	11.00	33,98	34,0	0,05
6	11.30	36,54	36,2	0,93
7	12.00	38,77	38,4	0,96
8	12.30	40,14	40,2	0,14
9	13.00	41,76	41,7	0,14
10	13.30	43,34	43,4	0,13
11	14.00	43,98	43,8	0,04
12	14.30	44,71	44,5	0,47
13	15.00	45,21	45,6	0,86
14	15.30	45,76	45,9	0,30
15	16.00	46,80	46,5	0,64
16	16.30	46,50	46,5	0,00
Rata-rata error (%)				0,45



Gambar 15. Grafik Pengujian 20 Liter Air

Dari grafik gambar 15 tersebut dapat dilihat pengujian dengan 20 liter air pada waktu pengujian jam 09.00 sampai jam 16.30 dengan pengambilan data setiap 30 menit mendapatkan suhu maksimal yang terbaca di sensor DS18B20 yaitu 46,56°C dan yang terbaca di alat ukur hioki LR5011 yaitu 46,5°C pada jam 16.00 dan penurunan suhu pada jam 16.30 dikarenakan cuaca mulai mendung mempengaruhi hasil pemanasannya.

3. Pengujian 30 Liter Air



Gambar 16. Grafik Pengujian 30 Liter Air

Tabel 3. Hasil Pengujian Dengan 30 Liter Air

No.	Jam	Hasil Pengukuran		Error (%)
		DS18B20 (°C)	HIOKI LR5011 (°C)	
1	09.00	29,75	30,0	0,60
2	09.30	30,21	30,8	0,59
3	10.00	30,78	31,0	0,22
4	10.30	31,24	31,9	0,66
5	11.00	32,74	33,2	0,46
6	11.30	32,87	32,9	0,03
7	12.00	35,06	35,2	0,14
8	12.30	35,74	36,5	0,76
9	13.00	37,44	37,6	0,16
10	13.30	39,54	39,6	0,06
11	14.00	41,11	41,2	0,09
12	14.30	41,88	42,0	0,12
13	15.00	42,55	42,7	0,15
14	15.30	42,87	42,8	0,07
15	16.00	43,12	43,3	0,18
16	16.30	43,00	43,1	0,09
Rata-rata error (%)				0,27

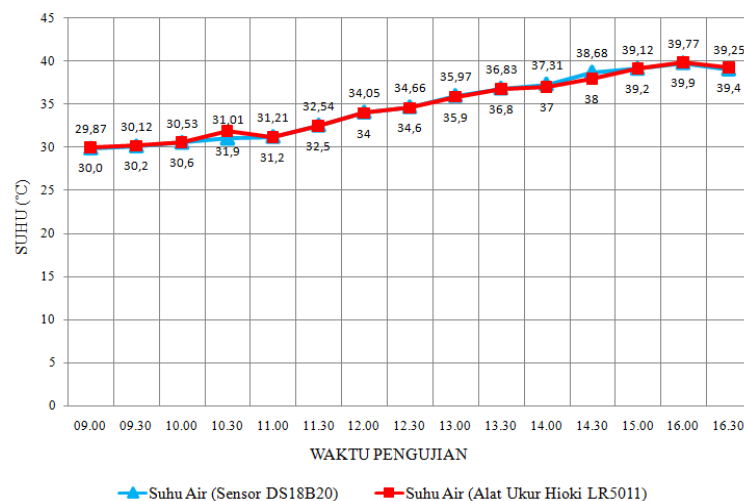
Dari grafik gambar 16 tersebut dapat dilihat pengujian dengan 30 liter air pada waktu pengujian jam 09.00 sampai jam 16.30 dengan pengambilan data setiap 30 menit mendapatkan suhu maksimal yang terbaca di sensor DS18B20 yaitu 43,01°C dan yang terbaca di alat ukur hioki LR5011 yaitu 43,1°C pada jam 16.00 dan penurunan suhu pada jam 16.30 dikarenakan cuaca mulai mendung mempengaruhi hasil pemanasannya.

4. Pengujian Suhu Maksimal Dengan Kapasitas Tangki Penuh

Pengujian suhu maksimal alat dengan kapasitas tangki penuh dilakukan untuk mengetahui suhu air panas maksimal yang didapat dari alat yang dibuat dengan kapasitas tangki penuh 50 liter dengan pengambilan data perubahan suhu setiap setengah jam, adapun data yang didapat sebagai berikut:

Tabel 4. Pengujian Suhu Maksimal

No.	Jam	Hasil Pengukuran		Error (%)
		DS18B20 (°C)	HIOKI LR5011 (°C)	
1	09.00	29,87	30,0	0,43
2	09.30	30,12	30,2	0,26
3	10.00	30,53	30,6	0,22
4	10.30	31,01	31,9	2,87
5	11.00	31,21	31,2	0,03
6	11.30	32,54	32,5	0,12
7	12.00	34,05	34,0	0,14
8	12.30	34,66	34,6	1,73
9	13.00	35,97	35,9	0,19
10	13.30	36,86	36,8	0,08
11	14.00	37,31	37,0	0,83
12	14.30	38,68	38,0	1,78
13	15.00	38,87	39,2	0,87
14	15.30	39,09	39,2	0,38
15	16.00	39,77	39,9	0,32
16	16.30	39,25	39,4	0,38
Rata-rata error (%)				0,68

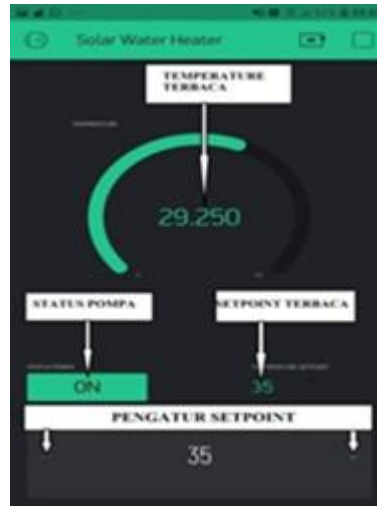


Gambar 17. Grafik Pengujian Suhu Maksimal 50 Liter Air

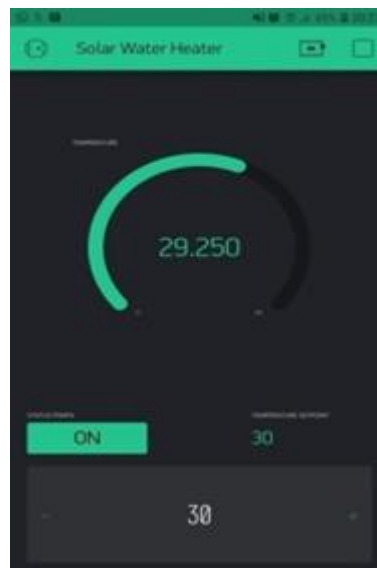
Dari grafik gambar 17 tersebut dapat dilihat pengujian dengan 50 liter air. Pembacaan suhu di alat ukur hioki LR5011 suhu air panas yang didapatkan 39,4°C. Dan pembacaan di sensor DS18B20 yaitu 39,25°C dengan rata – rata *error* pembacaan suhu 0,68%.

5. Pengujian Aplikasi Blynk

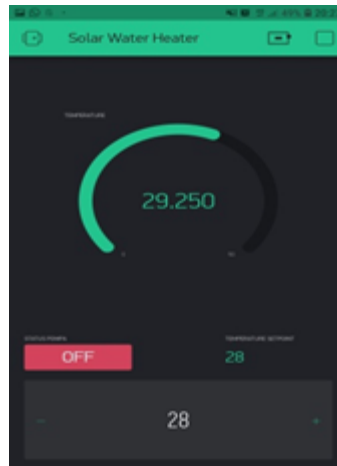
Untuk aplikasi Blynk ini digunakan sebagai sistem IoT (*Internet of Things*) di alat *solar water heater* yang sudah dibuat, gunanya untuk *me-monitoring* suhu air didalam tangki, mengetahui status pompa dan mengatur *setpoint* air hangat sesuai keinginan. Tampilan di Aplikasi Blynk yang sudah dibuat:



Gambar 18. Tampilan pada Aplikasi Blynk



Gambaar 19. Status Pompa Hidup di Aplikasi Blynk



Gambar 20. Status Pompa Mati di Aplikasi Blynk

6. Pengujian Ketahanan Suhu Air Stabil di Dalam Tangki

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan tangki penyimpanan air panas dalam menahan suhu air panas, ditunjukkan pada tabell berikut:

Tabel 5. Pengujian Ketahanan Suhu Air Stabil di Dalam Tangki

No.	Nilai Setpoit (°C)	Sensor DS18B20 (°C)	Status Pompa	Lama Suhu Air Stabil (menit)
1	35	34.75	On	1:19:51
2	35	35,00	Off	

Dari tabel 5 diatas dapat dilihat Pengujian Ketahanan Suhu Air Stabil di Dalam Tangki saat suhu terbaca 34,75°C dibawah *setpoint* yaitu 35°C maka yang terjadi pompa hidup. Kemudian saat suhu terbaca 35,00°C dan *setpoint* yaitu 35°C maka yang terjadi pompa mati. Lalu dipengujian ini di dapatkan hasil lama suhu air stabil didalam tangki yaitu 1 jam 19 menit 51 detik.

7. Pengujian Besar Kalor

Pengujian besar kalor dari alat yang dibuat yaitu untuk mengetahui kapasitas panas untuk menaikkan suhu air dengan volume tertentu dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Q = m.c.\Delta T \quad (2)$$

Keterangan :

Q : Banyak kalor dibutuhkan (J)

m : Masssa suatu yang beri kalor (Kg)

c : Kalor jenis di zat (J/Kg°C)

ΔT : Kenaikannya atau perubahan pada suhu (°C)

Diketahui : $m = 10$ liter air = 10 Kg, $c = 4.200$ J/kg°C, $\Delta T = T_2 - T_1 = 35^\circ\text{C} - 29^\circ\text{C} = 6^\circ\text{C}$ didapat $Q = 252.000$ J. Jadi besar kalor untuk suhu air awal dipanaskan 29°C ke 35°C dengan kapasitas air 10 liter yaitu 252.000 J.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian 3 variasi jumlah air dengan waktu dan hari yang berbeda, maka dengan ini dapat disimpulkan pengujian untuk mendapatkan suhu air panas maksimal dari alat. Jumlah air 10 liter dengan suhu awal air yaitu $29,50^\circ\text{C}$ mendapatkan suhu maksimal yaitu $50,25^\circ\text{C}$ pada jam 16.00 dihari pertama, Jumlah air 20 liter dengan suhu awal air yaitu $29,50^\circ\text{C}$ mendapatkan suhu maksimal yaitu $46,50^\circ\text{C}$ pada jam 16.00 dihari kedua, dan jumlah air 30 liter dengan suhu awal air yaitu $29,75^\circ\text{C}$ mendapatkan suhu maksimal yaitu $43,00^\circ\text{C}$ pada jam 16.00 dihari ketiga. Dapat disimpulkan juga semakin banyak volume air maka proses memanaskan air semakin lama, dari semua proses pengujian selama 3 hari waktu memanaskan untuk mendapatkan suhu maksimal yaitu pada jam 16.00. kemudian untuk pengujian kapasitas tangki penuh 50 liter mendapatkan suhu panas maksimal yaitu $39,25^\circ\text{C}$ pada jam 16.00 dihari keempat. Untuk pengujian ketahanan suhu air stabil di dalam tangki dengan lama waktu 1 jam 19 menit 51 detik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada:

1. Bapak Jamal A. Rachman Saprin, B.Sc., M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Pamulang.
2. Bapak Seflahir Dinata, S.T., M.Pd.T., selaku Wakil Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Pamulang.
3. Bapak Nur Kahfi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik Program Studi Teknik Elektro Universitas Pamulang.
4. Ibu Elfirza Rosiana, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan kepada pembuat dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Bapak Kiswanta, M.Si. sebagai Pemeriksa Tugas Akhir.
6. Bapak Abdurahman, S.T., M.T. sebagai Pemeriksa Tugas Akhir.
7. Bapak/Ibu dosen dan staf bagian Pendidikan Teknik Elektro yang telah memberikan banyak informasi dan kantor.
8. Kedua Orang Tua, Istri dan Anak atas bantuan, inspirasi, dan doanya.
9. Semua pihak yang telah membantu yang dengan menjadi referensi secara individu sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Swan, L. G., and Allen, P. L. (2010). Coordinated sun oriented siphon configuration joining a brushless DC engine for use in a sun based warming framework. *Sustainable power*, 35(9), 2015–2026.
- Gómez-Castro, F. M., Schneider, D., Päßler, T., and Eicker, U. (2018). Survey of roundabout and direct sun powered warm recovery for fluid desiccant frameworks. *Inexhaustible and Economical Energy Surveys*, 82(August 2016), 545–575.
- Hakimi, M., Kisaka, T., Sietsema, K., Kihara, Y., Wasserman, K., and Budoff, M. (2017). the Prognostic Worth of Cpet: Relationship With Coronary Supply route Calcium Score. *Diary of the American School of Cardiology*, 69(11), 1830.
- Hudon, K. (2013). Sun oriented Energy - Water Warming. *Future Energy: Improved, Manageable and Clean Choices for Our Planet*, 433–451.
- Kalogirou, S. A. (2009). Planning and Demonstrating Sunlight based Energy Frameworks. *Sun oriented Energy Designing*, 553–664. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374501-900011-x>
- Rokhandi, Z., Yulianti, B., Pangaribuan, B., and KN, N. (2017). Test system of Programmed Control of Temperature of Warm Water 37 ° C - 55 ° C on Atmega 8535 Microcontroller Based Water Radiator. *Diary of Electrical Innovation, Universitas Mercu Buana ISSN: 2086 9479*, 8(3), 176–180.
- Sansaniwal, S. K., Sharma, V., and Mathur, J. (2018). Energy and exergy dissects of different ordinary sunlight based energy applications: A far reaching audit. *Inexhaustible and Manageable Energy Audits*, 82(July), 1576–1601.
- Saputra, J. S., and Siswanto. (2020). Model of Temperature and Mugginess Observing Framework in Grill Chicken Enclosures Dependent on Web of Things. *Prosisco*, 7(1), 72–83.
- Shafieian, A., Khiadani, M., and Nosrati, A. (2018). A survey of most recent turns of events, progress, and utilizations of warmth pipe sunlight based authorities. *Inexhaustible and Economical Energy Surveys*, 95(July), 273–304.
- Vijayan, P. K., Nayak, A. K., and Kumar, N. (2019). Survey of uses of regular dissemination frameworks. In *Single-Stage, Two-Stage and Supercritical Regular Flow Frameworks*.

Pengukuran Keakuratan Penggunaan Arus pada Sisi LVMDP Mengacu pada Peraturan PUIL 2000

Muhammad Ridwansani¹, Toto Raharjo¹, Heri Kusnadi², Juhana¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

¹Jl. Raya Puspitek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

²Teknik Elektro Kampus Kota Serang, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

²Jl. Raya Jakarta Km 5 No.6, Kalodran, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten 42183, Indonesia

¹ridwansani15@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 13 Februari 2024
revisi : 17 April 2024
diterima : 9 Mei 2024
dipublish : 31 Mei 2024

ABSTRAK

Keandalan sistem jaringan listrik merupakan aspek krusial dalam menjaga ketersediaan dan stabilitas pasokan energi listrik, khususnya pada instalasi dengan beban besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian antara kapasitas daya terpasang dengan kebutuhan riil pemakaian energi listrik. Berdasarkan hasil pengukuran selama tujuh hari, diperoleh data konsumsi energi sebesar 0,026882 GWh pada Waktu Beban Puncak (WBP) dan 0,058114 GWh pada Luar Waktu Beban Puncak (LWBP), dengan faktor kebutuhan hanya mencapai 20% dari total beban terpasang. Mengacu pada PUIL 2000, estimasi kapasitas daya terpasang berdasarkan kebutuhan penyewa sebesar 3.686,76 kVA (setara 3.612,985 kW) menghasilkan arus sebesar 5.471,79 A, yang melebihi kapasitas pemutus sirkuit (circuit breaker) sebesar 4000 A pada panel LVMDP 3. Hasil pengukuran aktual menunjukkan konsumsi daya hanya sebesar 762 kW dengan arus rata-rata sebesar 1.156 A. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan arus masih berada jauh di bawah ambang batas maksimal pemutus sirkuit, sehingga sistem masih berada dalam kondisi aman meskipun kapasitas terpasang melebihi spesifikasi peralatan proteksi.

Kata kunci : Daya listrik; LVMDP; Proteksi; PUIL 2000

ABSTRACT

The reliability of an electrical power network is a crucial aspect in maintaining the availability and stability of electricity supply, especially in installations with large loads. This study aims to evaluate the suitability between the installed power capacity and the actual energy consumption needs. Based on a seven-day measurement period, energy consumption was recorded at 0.026882 GWh during Peak Load Hours (WBP) and 0.058114 GWh during Off-Peak Load Hours (LWBP), with a demand factor of only 20% of the total installed load. Referring to the PUIL 2000 standard, the estimated installed power capacity based on tenant demand was 3,686.76 kVA (equivalent to 3,612.985 kW), resulting in a current of 5,471.79 A—exceeding the capacity of the circuit breaker installed in the LVMDP 3 panel, which is rated

at 4,000 A. However, actual measurements showed a power consumption of only 762 kW and an average current of 1,156 A. These findings indicate that the actual current usage remains well below the circuit breaker's maximum threshold, implying that the system is operating safely despite the installed capacity exceeding the protection equipment specifications

Keywords : Electrical power; LVMDP; Protection; PUIL 2000

PENDAHULUAN

Keandalan sistem jaringan transmisi dan distribusi listrik merupakan aspek penting yang harus dijaga keberlangsungannya, mengingat kebutuhan energi listrik terus meningkat, baik di sektor industri maupun dalam kehidupan sehari-hari (Alamsha et al., 2024). Dalam upaya memenuhi kebutuhan tersebut, diperlukan sistem kelistrikan yang tidak hanya andal, tetapi juga efisien dan aman. Salah satu komponen penting dalam sistem distribusi adalah *Low Voltage Main Distribution Panel* (LVMDP), yang berfungsi sebagai pusat distribusi daya listrik ke berbagai beban. Mengetahui kapasitas beban terpasang serta tegangan pada sisi LVMDP sangat penting untuk memperkirakan besar arus yang digunakan (Ayodya & Arrosyid, 2023). Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa arus yang mengalir dalam sistem tidak melebihi batas kapasitas dari peralatan proteksi, khususnya circuit breaker. Pengukuran dan analisis terhadap arus listrik menjadi hal krusial dalam menjaga keamanan sistem. Untuk itu, perlu dilakukan pemantauan (monitoring) secara berkala terhadap arus yang mengalir, dengan mempertimbangkan kapasitas beban terpasang serta pengukuran aktual di lapangan (Triyanto et al., 2022).

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah adanya potensi ketidaksesuaian antara kapasitas arus yang dihitung berdasarkan total beban terpasang dengan arus aktual yang digunakan, yang jika tidak diawasi dapat mengakibatkan sistem proteksi tidak bekerja optimal dan memicu gangguan kelistrikan. Selain itu, penting untuk mengetahui apakah kapasitas pemutus sirkuit (circuit breaker) pada panel LVMDP masih sesuai dengan kondisi aktual pemakaian daya. Penelitian ini dilakukan dengan metode studi kasus di Pondok Indah Mall 2, di mana dilakukan pengumpulan data selama tujuh hari terkait konsumsi energi listrik, baik pada Waktu Beban Puncak (WBP) maupun Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) (Pratama & Habibullah, 2022). Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui besar konsumsi daya dan arus aktual, yang selanjutnya dibandingkan dengan kapasitas arus berdasarkan perhitungan dari daya terpasang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kesesuaian antara kapasitas daya dan arus yang terpasang dengan kebutuhan pemakaian aktual, serta untuk memastikan bahwa peralatan proteksi, khususnya circuit breaker pada panel LVMDP, masih berada dalam batas operasi yang aman. Dengan demikian, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis untuk meningkatkan keandalan dan keamanan sistem distribusi listrik di instalasi tersebut (Baqaruzi & Muhtar, 2020)(Basudewa, 2020).

TEORI

Dengan menggunakan tinjauan pustaka ini adalah sebagai referensi penulis melakukan penelitian yang dilakukan, dalam hal ini menganalisa beban pemakaian daya listrik yang bertujuan untuk mendapatkan nilai keakuratan arus, sehingga didapat nominal arus yang akurat pada panel LVMDP. Pemakaian kapasitas pengaman MCB/MCCB yang lebih besar dimaksudkan untuk mengantisipasi jika terjadi penambahan beban listrik dari panel-panel tersebut.

Merupakan terbitan ke 4, jika dalam penerbitan PUIL 1964, 1977 dan 1987 nama buku ini adalah Peraturan Umum Instalasi Listrik, maka pada penerbitan sekarang tahun 2000, namanya menjadi Persyaratan Umum Instalasi Listrik dengan tetap mempertahankan singkatannya yang sama yaitu PUIL. Standar pada PUIL 2000 digunakan sebagai acuan pada sisi panel LVMDP untuk menjaga keamanan dari perangkat tersebut adapun manfaat yang ada pada puil 2000 adalah untuk menjaga keaman dan keberlangsungan kinerja panel LVMDP tersebut (Nasional, 2000).

Sebagai alat pengubah tegangan yang bekerja dengan konsep induksi elektromagnetik, trafo dapat menaikkan serta menurunkan tegangan tergantung pada jenis trafo yang digunakan *step-up* atau *step-down*. Dalam penelitian ini transformator yang digunakan pada gedung adalah transformator jenis *step-down* 2500 kVA guna memenuhi kebutuhan beban yang diperlukan pada panel LVMDP milik gedung (Christiono et al., 2020)(Triyanto, 2023).

Merupakan kecepatan melakukan kerja atau kecepatan energi berubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Pada sistem arus bolak-balik (AC) terdapat 3 jenis daya listrik. Daya aktif (daya nyata/daya terpakai) (P) Terukur dalam satuan Watt atau kW pada sistem 1 fasa (Ade Putri et al., 2021):

$$P = V.I.Cos \varphi \quad (1)$$

Pada *sistem* 3 fasa:

$$P = \sqrt{3}.V.I.Cos \varphi \quad (2)$$

Daya Reaktif (Q) Yang terukur dalam satuan VAR atau kVAR pada sistem 1 fasa:

$$Q = V.I.Sin \varphi \quad (3)$$

Pada sistem 3 fasa:

$$Q = \sqrt{3}.V.I.Sin \varphi \quad (4)$$

Daya Kompleks (daya semu/daya terpasang) (S), yang terukur dalam satuan VAR atau kVAR pada sistem 1 fasa:

$$S = V.I \quad (5)$$

Pada sistem 3 fasa:

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad (6)$$

Sebagai pusat panel pembagi pada setiap distribusi panel yang disalurkan ke setiap beban, Pada gedung perkantoran maupun mall panel ini dilekatkan berdekatan atau dalam ruang lingkup dari dua sumber energi listrik yaitu gardu dari PLN. Panel LVMDP ini bekerja pada tegangan rendah dan berfungsi sebagai pembagi utama daya untuk seluruh instalasi. *Circuit breaker* merupakan sebuah alat pengaman komponen kelistrikan yang dimana jika terjadi *short* pada perangkat pembebanan *circuit breaker* akan langsung memutus arus listrik pada *output circuit breaker*. Dimana fungsi alat ini memang sebagai pengaman apabila terjadi *short* ataupun terjadi lonjakan arus yang di luar dari kapasitas *circuit breaker* tersebut. Berikut merupakan sebuah rumusan yang bertujuan menghitung kebutuhan alat proteksi (*circuit breaker*) (Darundas et al., 2021).

Untuk fasa tunggal (A)

$$I_n = \frac{p(watt)}{v(volt) \cdot \cos \phi} \quad (7)$$

Untuk fasa tiga (A)

$$I_n = \frac{p(watt)}{\sqrt{3} \cdot v(volt) \cdot \cos \phi} \quad (8)$$

Keterangan

I_n = Arus nominal (Ampere)

V = Tegangan (voltase)

P = Daya terpasang (watt)

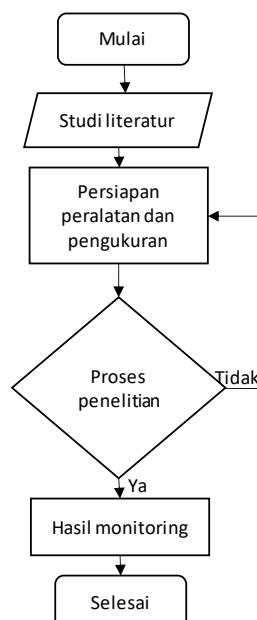
Busbar pada panel LVMDP berfungsi sebagai media penghantar dan pembagi *jangkaran* arus listrik yang di distribusikan. Sama seperti *busbar* penggunaan kabel adalah sebagai konduktor arus listrik. Sistem instalasi listrik mempunyai fungsi yang penting sebagai komponen pada sistem pembebanan daya. Panel digital berfungsi untuk menampilkan data dari pemakaian arus, tegangan dan juga beban pemakaian per kWh yang terdapat pada panel LVMDP. Beban maksimum dibutuhkan faktor kebutuhan (F_k), faktor diferensitas dan faktor kebersamaan. Untuk komersial faktor kebutuhannya yaitu berkisar dari 90-100%. Untuk dapat menghitung besaran kebutuhan daya maksimum harus disesuaikan dengan daya terpasang pada setiap panel. Faktor kebutuhan digunakan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas peralatan suplai tenaga listrik yang akan di pakai dalam hal ini adalah Transformator dan generator pada panel utama (LVMDP) dalam perhitungan dan analisa diasumsikan dengan faktor daya ($\cos \phi$) rata-rata 0,95 lagging. Kapasitas daya terpasang dari transformator dan generator masing-masing sebesar 630 kVA. Daya aktif beban terpasang yang ada di gedung perpustakaan dan parkir UIN Syarif

Hidayatullah Jakarta diperoleh sebesar 819,95 kW. Faktor kebutuhan (*demand factor*) adalah perbandingan antar kebutuhan maksimum beban puncak terhadap total daya tersambung (Nuryanto, 2021)(Dyah Ayu Kartika Sari et al., 2022).

PLN telah menetapkan waktu beban puncak ini mulai pukul 17:00 WIB sampai dengan 22:00 WIB. Namun pada kenyataannya disetiap daerah memiliki WBP yang berbeda. WBP (Waktu Beban Puncak) dan LWBP (Luar Waktu Beban Puncak) merupakan sebuah perhitungan untuk menghitung daya pemakaian dari listrik industri dan perkantoran. Menurut kutipan diatas WBP dimulai pukul 17.00-22.00 maka diluar jam tersebut adalah LWBP yaitu 22.00-17.00.

METODOLOGI

Diagram alur berikut ini memvisualisasikan dari sebuah proses dalam penelitian pengukuran keakuratan penggunaan arus pada sisi LVMDP mengacu pada peraturan PUIL 2000. Yang dilakukan dengan studi literatur dari jurnal ilmiah, kemudian setelah mendapat referensi yang tepat untuk penelitian maka berlanjut kepada proses pengambilan data historis dan dihitung untuk mendapatkan hasil data yang akurat. Berikut gambar merupakan *flowchart* penelitian.



Gambar 1. *Flowchart* penelitian

Peneliti melakukan telaah pustaka dan analisis awal terhadap dokumen teknis yang berkaitan dengan sistem LVMDP, termasuk spesifikasi pemutus sirkuit, kapasitas trafo, dan nilai daya terpasang. Studi literatur dilakukan terhadap PUIL 2000 sebagai acuan utama dalam penentuan batas arus nominal dan keamanan instalasi.

Data primer yaitu dengan melakukan pengukuran langsung terhadap konsumsi arus listrik dan daya aktif (kW) pada sisi keluar (output) LVMDP menggunakan alat ukur digital (power analyzer atau clamp meter) selama periode 7 hari berturut-turut, mencakup Waktu Beban Puncak (WBP) dan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP). Data sekunder dengan mendapatkan informasi kapasitas daya terpasang, spesifikasi circuit breaker, serta denah kelistrikan dari pihak pengelola gedung. Dengan asumsi nilai daya (P) berdasarkan total beban terpasang, tegangan nominal LVMDP sebesar 400 V, dan faktor daya diasumsikan 0,85. Nilai ini kemudian dibandingkan dengan arus pengenalan dari circuit breaker yang terpasang, serta nilai arus aktual hasil pengukuran lapangan.

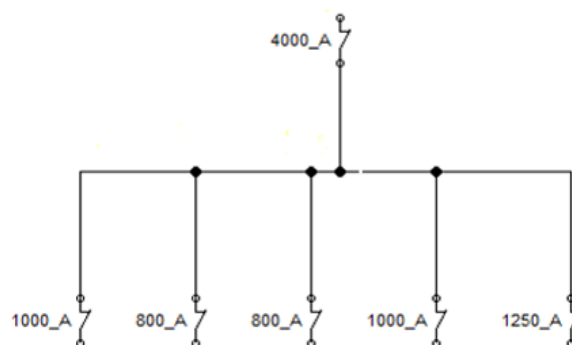
Evaluasi berdasarkan standar keamanan dan batasan proteksi dalam PUIL 2000, terutama terkait ketentuan pemilihan dan penggunaan pengaman arus lebih. Dari perbandingan tersebut, dilakukan penilaian tingkat kesesuaian dan keakuratan penggunaan arus, serta identifikasi potensi risiko jika terjadi penyimpangan terhadap ketentuan standar.

Untuk memenuhi kebutuhan daya listrik yang terdapat pada Mall Pondok Indah 2 khususnya pada panel LVMDP 3 ditunjukkan pada tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. *Name plate* transformator

Phase		3
Frequency	Hz	50
kVA		2500
Volt	HV	20000
	LV	400
Ampere	HV	72.17
	LV	3608.44
Impedance	%	7.0
Insulation class		A

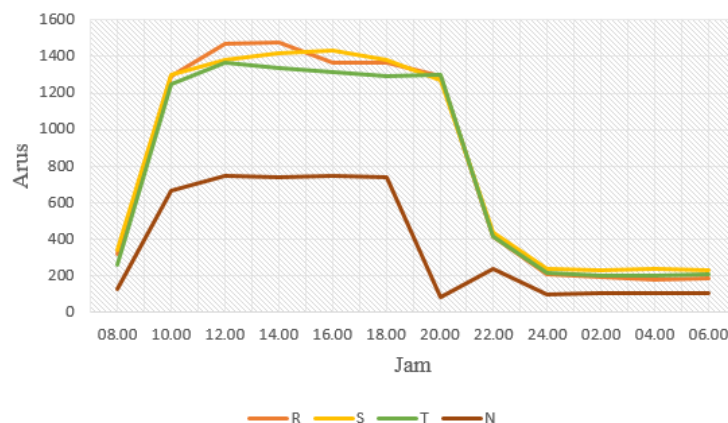
Gambar 2 merupakan jumlah beban terpasang diambil pada divisi billing berdasarkan jumlah penyewa yang terdapat pada setiap lantai. Berikut dengan pengaman yang terpasang (circuit breaker) untuk setiap pembagi yang terdapat pada panel distribusi, dengan kapasitas pengaman panel LVMDP sebesar 4000A.



Gambar 2. Wiring diagram panel LVMDP

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data *logsheet* diperoleh dari divisi genset, yang saya ambil pada *logsheet* book adalah setiap 2 jam berturut-turut guna mendapatkan data, serta kapan dan berapa nilai kenaikan penggunaan arus listrik. Pada kolom stand meter dan selisih yang ditampilkan nilai satuannya adalah GWh, dan pada nilai selisih diperoleh berdasarkan pemakaian setiap 2 jam. Gambar 3 berikut merupakan hasil monitoring arus pada saat *logsheet* penelitian.



Gambar 3. Data monitoring arus pada saat *logsheet*

Penggunaan arus yang ada pada panel LVMDP, hari minggu menunjukkan arus tertinggi terdapat pada fasa R sebesar 1476 amper dengan beban total 928 kW pada pukul 14.00. Faktor kebutuhan daya maksimum, dengan beban pemakaian puncak yang terukur pada hari minggu tanggal 13/09/2020 pukul 14.00 diperoleh sebesar 928 kW maka faktor kebutuhan dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut:

Diketahui:

$$\text{Faktotr kebutuhan } Fdd_i = 90\% = 0,9$$

$$\text{Faktotr difersitas } Fd = 1,1$$

$$\text{Faktotr kebersamaan } Fc = \frac{1}{1,1} = 0,9$$

$$D_k = \frac{928 \text{ kW} \times 0,9}{\frac{1}{0,9}} = 751,68 \text{ kW}$$

Dengan D_k (kebutuhan daya maksimum) yang terdapat pada panel LVMDP 3 sebesar 751,68 kW.

Faktor kebutuhan (Demand Factor). Agar dapat mengetahui besaran kapasitas dari penyuplai peralatan listrik dalam hal ini transformator yang akan didistribusikan ke panel

distribusi. Digunakan perhitungan serta analisa yang diasumsikan dengan nilai rating faktor daya adalah sebesar 0,98 *lagging*. Serta mengetahui dari spesifikasi daya terpasang dari transformator yakni sebesar 2500 kVA. Dengan total daya terpasang berdasarkan kebutuhan penyewa yang terdapat pada Mall Pondok Indah 2 diperoleh 3.686,76 kVA.

Menghitung faktor kebutuhan.

$$\frac{\text{Kebutuhan maksimum}}{\text{Jumlah daya terpasang}}$$

$$\text{Beban maksimum} = \frac{751,68 \text{ kW}}{0,98} = 752,142 \text{ kVA}$$

$$\text{Beban terpasang} = 3.686,76 \text{ kVA}$$

$$\text{Faktor kebutuhan} = \frac{751,68 \text{ kVA}}{3.686,76 \text{ kVA}} = 0,2 \text{ atau sekitar } 20\%$$

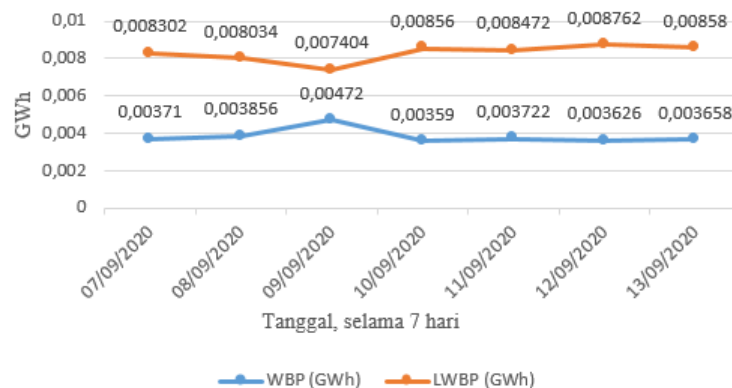
Selisih pengukuran panel LVMDP terhadap distribusi panel, Tabel 2 merupakan data pengukuran dilakukan pukul 14.00, pada panel distribusi menggunakan alat ukur tang amper dan untuk panel LVMDP diambil dari digital power meter dengan nominal rata-rata arus sebesar 1.156 amper dan daya sebesar 762 kW. Dari data beban pada tabel 4.3 dengan merujuk data daya terpasang pada panel LVMDP 3 adalah sebesar 3.686,76 kVA atau 3.612,985 kW.

Tabel 2. pengukuran arus panel LVMDP dan panel distribusi

No.	Nama Panel	Arus (A)			Tegangan (V)
		R	S	T	
1.	LVMDP 3	1173	1155	1141	389
2.	DP-RD	321	256	276	385
3.	DP-R1	281	272	278	385
4.	DP-R2A	108	116	96	387
5.	DP-R2B	215	241	230	385
6.	DP-R3	243	278	254	385

Didapatkan nilai arus sebesar 5.471,79 amper namun pada kenyataannya beban yang terdapat pada panel tidak semua digunakan, pada pengambilan data sebesar 1.156 amper dari arus rata-rata ketiga fasa tersebut itu tidak melebihi batasan maksimal nilai arus *circuit breaker* pada panel LVMDP 3 yang sebesar 4000 amper.

Pada perhitungan WBP dan LWBP dilakukan *input* data selama tujuh hari, perhitungan penggunaan beban pada *digital power meter* dilakukan setiap hari guna mengetahui konsumsi energi yang telah digunakan supaya terpantau dengan baik.



Gambar 4. Grafik Beban WBP dan LWBP

Dari tabel 7 dan gambar 5 pemakaian selama 7 hari diperoleh WBP sebesar 0,026882 GWh dan LWBP sebesar 0,058114 GWh, dan untuk pemakaian harian tertinggi WBP sebesar 0,00472 GWh dan LWBP sebesar 0,008762 GWh.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengukuran yang dilakukan, diketahui bahwa faktor kebutuhan listrik aktual hanya sebesar 0,2 atau sekitar 20% dari total daya terpasang, dengan data pengukuran dilakukan pada hari Minggu, 13 September 2020. Selama periode pengamatan selama tujuh hari, beban pemakaian tercatat sebesar 0,026882 GWh pada Waktu Beban Puncak (WBP) dan 0,058114 GWh pada Luar Waktu Beban Puncak (LWBP), dengan nilai pemakaian LWBP lebih tinggi disebabkan oleh durasi waktu yang lebih panjang. Kenaikan arus rata-rata mulai terjadi pada pukul 10.00 hingga 22.00. Pemakaian beban tertinggi terjadi pada tanggal 12 September 2020 untuk LWBP sebesar 0,008762 GWh dan pada tanggal 9 September 2020 untuk WBP sebesar 0,00472 GWh. Mengacu pada ketentuan PUIL 2000 tentang arus pengenal dan proteksi terhadap arus lebih, kapasitas daya terpasang sebesar 3.686,76 kVA (setara 3.612,985 kW) menghasilkan arus teoritis sebesar 5.471,79 A, yang melebihi kapasitas pemutus sirkuit (circuit breaker) pada panel LVMDP 3 sebesar 4.000 A. Namun, hasil pengukuran faktual menunjukkan bahwa konsumsi daya aktual hanya sebesar 762 kW dengan arus rata-rata sebesar 1.156 A. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan arus listrik aktual masih berada jauh di bawah batas maksimum proteksi circuit breaker, sehingga sistem distribusi listrik dinyatakan aman dan masih dalam batas operasional yang wajar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Teristimewa penulis mengucapkan terimakasih banyak yang tiada tarhingga kepada orang tua, yang tiada henti-henti telah mendo'akan dan mendidik ananda hingga saat ini. penulis mengucapkan rasa terimakasih pada jajaran pendidik Universitas Pamulang yang telah memberikan semangat dan membantu penulis menemukan inspirasi demi kelancaran penyusunan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ade Putri, L., Hafiz, M., Saputra, Z., & Manufaktur Negeri Bangka Belitung Corresponding Author, P. (2021). *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik*.
- Alamsha, M. A., Wisaksono, A., Ayuni, S. D., & Saputra, D. H. R. (2024). Analisis Kebutuhan Daya Listrik Pada Gedung Fakultas Kedokteran Di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 26(2), 86–94. <https://doi.org/10.14710/transmisi.26.2.86-94>
- Ayodya, W., & Arrosyid, B. (2023). Analisis Perencanaan Pembagian Beban Elektrikal pada Panel SDP Gedung Universitas Sutomo. *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, 8(1), 362–369. <https://doi.org/10.36277/jteuniba.v8i1.233>
- Baqaruzi, S., & Muhtar, A. (2020). Analisis Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Akibat Pengaruh Penggunaan Distributed Generation Pada Sistem Distribusi Primer 20 KV. *E-JOINT (Electronica and Electrical Journal Of Innovation Technology)*, 1(1), 20–26. <https://doi.org/10.35970/e-joint.v1i1.216>
- Basudewa, D. A. (2020). Analisa Penggunaan Kapasitor Bank terhadap Faktor Daya Pada Gedung IDB Laboratory UNESA. *Jurnal Teknik Elektro*, 09(03), 697–707.
- Christiono, Reza Hidayat, M., & Widiyantoro, B. (2020). Analisis Kemampuan Minyak Isolasi Transformator Daya Merek Unindo Dengan Pengujian Dissolved Gas Analysis dan Breakdown Voltage di Gardu Induk Serpong. *EPSILON: Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, 18(3), 100–106.
- Darundas, F., Mangindaan, G. M. C., & Tumaliang, H. (2021). *Redesign Instalasi Listrik Gedung Fakultas Teknik Jurusan Elektro Dan Jurusan Arsitektur Universitas Sam Ratulangi Manado*. 7.
- Dyah Ayu Kartika Sari, Fransisco Danang Wijaya, & Husni Rois Ali. (2022). Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid di Pulau Enggano. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, 11(2), 154–160. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v11i2.3849>
- Nasional, B. S. (2000). Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). *DirJen Ketenagalistrikan*, 2000(Puil), 1–133.
- Nuryanto, L. E. (2021). Perancangan Sistem Kontrol Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Pln Dan Plts) Kapasitas 800 Wp. *Orbith*, 17(3), 196–205.
- Pratama, A., & Habibullah, H. (2022). Optimalisasi Pola Operasi Pembebanan 20 KV Rao-Kota Nopan Untuk Mengatasi Drop Tegangan Dan Meningkatkan Penjualan. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 3(1), 193–197. <https://doi.org/10.24036/jtein.v3i1.214>
- Triyanto, A. (2023). *Proteksi Sistem Tenaga*. Unpam Press.
- Triyanto, A., Gunawan, W., Kusnadi, H., & Sunardi, A. (2022). *Praktikum Transformator* (A. Triyanto (ed.); Issue 1). Unpam Press.

Analisa Karakteristik Pompa Air Terhadap Variasi Beban

Ryan Yudistira¹, Edy Sumarno¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

¹Jl. Raya Puspitek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹yudistiraryan29@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 15 Februari 2024
revisi : 18 April 2024
diterima : 11 Mei 2024
dipublish : 31 Mei 2024

ABSTRAK

Pompa merupakan mesin mekanis yang berfungsi untuk mengalirkan zat cair dari daerah bertekanan rendah ke daerah bertekanan tinggi atau dari dataran rendah ke dataran tinggi, serta sebagai penguat laju aliran dalam sistem perpipaan. Dalam pengoperasiannya, pompa mengalami fenomena penurunan tekanan (pressure drop), yaitu penurunan tekanan dari satu ujung pipa ke ujung lainnya. Penurunan ini dipengaruhi oleh perubahan tegangan, arus, serta posisi keran. Penelitian ini mengamati pengaruh penurunan tegangan yang dilakukan secara bertahap menggunakan auto trafo terhadap arus listrik dan tekanan keluaran pompa. Saat tegangan diturunkan dari 220 volt (arus 1,8 A) menjadi 180 volt, arus tercatat menurun hingga 1,57 A. Selain itu, posisi keran juga memberikan pengaruh signifikan terhadap tekanan. Pada tegangan 220 volt, posisi keran full open (90°) menghasilkan penurunan tekanan sebesar 2,110 Pa, sedangkan pada posisi semi open (45°) penurunan tekanan tercatat sebesar 1,277 Pa. Hasil ini menunjukkan bahwa variasi tegangan dan posisi keran berpengaruh langsung terhadap performa tekanan keluaran pompa air.

Kata kunci : Pompa air; penurunan tekanan; variasi tegangan

ABSTRACT

A pump is a mechanical device used to transfer liquids from a lower elevation to a higher elevation or from a low-pressure area to a high-pressure area, and also functions to enhance flow rate in a piping system. During operation, pumps often experience a pressure drop, which refers to the reduction in pressure from one end of the pipe to the other. This pressure drop is influenced by changes in voltage, current, and valve position. In this study, the effect of gradually reducing voltage using an autotransformer on the pump's current and pressure output was observed. When the voltage was decreased from 220 volts (with a current of 1.8 A) to 180 volts, the current was reduced to 1.57 A. Additionally, valve position significantly affected the pressure drop. At 220 volts, a fully open valve (90°) produced a pressure drop of 2.110 Pa, while a semi-open valve (45°) resulted in a drop of 1.277 Pa. These results demonstrate that both voltage variation and valve position

have a direct impact on the pressure output performance of the water pump.

Keywords: *Water pump; pressure drop; voltage variation*

PENDAHULUAN

Pompa merupakan mesin mekanis yang berfungsi untuk mengalirkan zat cair dari dataran rendah ke dataran tinggi atau dari wilayah bertekanan rendah ke wilayah bertekanan tinggi (Siregar & Kamal, 2023). Selain itu, pompa juga berperan sebagai penguat laju aliran dalam suatu instalasi perpipaan. Dalam proses kerjanya, pompa menciptakan perbedaan tekanan antara sisi hisap dan sisi keluar (*discharge*), yang dipengaruhi oleh berbagai faktor operasional seperti tegangan listrik, arus, beban aliran, dan posisi katup (*valve*). Salah satu fenomena penting yang sering terjadi dalam sistem pompa adalah penurunan tekanan (*pressure drop*), yaitu kondisi ketika tekanan fluida berkurang dari satu titik ke titik lain dalam pipa. Penurunan tekanan ini dapat disebabkan oleh hambatan aliran, panjang dan diameter pipa, perubahan posisi *valve*, serta variasi suplai tegangan listrik (Mujiburrahman, 2021)(Asral & Handika, 2023).

Untuk memahami karakteristik kerja pompa air secara lebih mendalam, khususnya dalam kaitannya dengan fenomena penurunan tekanan, dilakukan sebuah penelitian eksperimental yang memvariasikan beberapa parameter operasional (Santoso, 2020). Penelitian ini menggunakan metode pengukuran langsung dengan memvariasikan tegangan suplai dan posisi katup (*valve*) untuk melihat dampaknya terhadap penurunan tekanan (Δp) dalam sistem perpipaan. Data yang dikumpulkan meliputi tegangan, arus listrik, nilai tekanan fluida, dan parameter gesekan (*friksi*) dalam pipa. Instrumen yang digunakan dalam pengujian meliputi flow meter, pressure gauge, serta alat ukur arus dan tegangan seperti ampere meter dan voltmeter (Kurnia Pratama et al., 2020)(Musyaffa & Medilla, 2020).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memahami karakteristik penurunan tekanan pada pompa air, menganalisis pengaruh variasi tegangan dan posisi *valve* terhadap performa tekanan pompa, serta menyimpulkan hubungan antara variasi beban operasional dan efisiensi kerja pompa. Untuk memperoleh data yang diperlukan, digunakan beberapa metode, antara lain dengan studi literatur yang dilakukan dengan membaca buku-buku dan jurnal ilmiah terkait, metode diskusi, yakni bertukar pikiran dengan dosen pembimbing untuk mendapatkan arahan dan penyelesaian masalah, serta metode eksperimen dan analisis, yaitu pengujian langsung terhadap pompa air dengan variasi tegangan dan posisi *valve* sambil mencatat parameter tekanan dan arus listrik.

TEORI

Pompa merupakan suatu perangkat mekanis yang dirancang untuk memindahkan zat cair dari satu tempat ke tempat lain, khususnya dari daerah yang memiliki tekanan atau ketinggian rendah ke daerah yang lebih tinggi. Dalam sistem hidrolik atau perpipaan,

pompa sangat penting karena dapat menciptakan perbedaan tekanan yang memungkinkan fluida mengalir secara efisien. Dengan kata lain, pompa membantu mengalirkan cairan melalui pipa-pipa dalam berbagai sistem distribusi, baik dalam skala rumah tangga maupun industri (Roza et al., 2020).

Cara kerja pompa didasarkan pada prinsip konversi energi. Energi mekanik yang dihasilkan oleh motor penggerak diubah menjadi energi fluida dalam bentuk energi tekanan dan energi kinetik. Ketika pompa beroperasi, tekanan di sisi masuk (sisi hisap) akan lebih rendah daripada tekanan atmosfer, sehingga cairan dapat terdorong masuk ke dalam pompa. Selanjutnya, fluida dialirkan melalui impeler atau mekanisme pemindah lainnya, yang kemudian mendorongnya keluar dengan tekanan yang lebih tinggi. Proses ini memungkinkan cairan mengatasi hambatan aliran dalam pipa seperti gesekan, perubahan arah, atau ketinggian yang berbeda (Junior S. & Saleh, 2022).

Dalam praktiknya, pompa digunakan dalam berbagai bidang dan aplikasi. Di sektor domestik, pompa sering digunakan untuk mendistribusikan air bersih dari sumur ke tangki penyimpanan. Di bidang industri, pompa digunakan dalam sistem pendingin, pengolahan kimia, pengangkutan limbah, serta dalam proses manufaktur lainnya yang membutuhkan aliran cairan bertekanan. Selain itu, pompa juga menjadi komponen penting dalam sistem irigasi pertanian, pemadam kebakaran, dan pengolahan air bersih serta air limbah. Keandalan dan efisiensi kerja pompa sangat bergantung pada kondisi operasi seperti jenis cairan, tekanan, dan desain sistem perpipaan yang digunakan (Siregar & Kamal, 2023).

Pemilihan pompa air yang tepat sangat penting untuk memastikan aliran air berjalan optimal dan efisien sesuai kebutuhan rumah tangga atau industri. Beberapa faktor utama yang harus diperhatikan dalam memilih pompa air antara lain adalah kedalaman sumber air, voltase listrik yang tersedia, serta ketinggian tower penampungan air. Pertama, perlu dilakukan pengukuran kedalaman sumber air, yaitu jarak dari permukaan tanah hingga permukaan air di dalam sumur atau sumber air lainnya. Kedua, pertimbangkan daya listrik rumah. Setiap rumah memiliki kapasitas voltase yang berbeda, sehingga jenis pompa yang dipilih harus sesuai dengan daya listrik yang tersedia agar tidak membebani sistem kelistrikan rumah. Ketiga, ukur ketinggian tower atau tempat penampungan air dari titik pompa akan dipasang. Hal ini penting untuk menyesuaikan daya dorong pompa terhadap ketinggian aliran air yang diinginkan (Ulinuha & Riza, 2021)(Hasanah et al., 2025).

Terkait jenis pompa air, pemilihannya juga disesuaikan dengan kedalaman sumur. Secara umum, pompa air dibagi ke dalam beberapa jenis berdasarkan kedalaman hisapnya. Shallow pump atau pompa air dangkal digunakan untuk kedalaman maksimal 7–9 meter, sesuai informasi yang biasanya tercantum pada name plate pompa. Semi jet pump cocok digunakan untuk sumur dengan kedalaman hingga 11 meter, namun performa optimalnya hanya sekitar 9 meter. Untuk kedalaman yang lebih besar, Jet pump dapat digunakan hingga 20 meter. Sedangkan Submersible Pump dirancang untuk kedalaman lebih dari 20 meter, dan biasanya terpasang langsung di dalam sumur (Asral & Handika, 2023).

Spesifikasi pompa air umumnya mencantumkan daya hisap dalam satuan meter, yang menunjukkan sejauh mana pompa dapat menarik air dari sumbernya. Selain itu, ketinggian air yang ingin dicapai juga perlu diperhatikan, termasuk tinggi penampungan air serta letak titik distribusi air seperti keran di lantai dua atau lebih. Dengan memperhatikan semua parameter tersebut, pemilihan pompa air dapat dilakukan dengan tepat dan sesuai kebutuhan pengguna (Syahputra et al., 2021).

Penurunan tekanan adalah peristiwa berkurangnya gaya tekan dari satu titik pipa ke titik lainnya, biasanya dari awal hingga akhir saluran pipa. Penurunan ini umumnya disebabkan oleh gaya gesek yang terjadi ketika fluida mengalir melalui pipa, akibat adanya resistensi terhadap aliran. Faktor-faktor yang mempengaruhi resistensi ini meliputi tingkat kekasaran relatif pipa, jumlah sambungan dan fitting, serta karakteristik fisik lain seperti tekstur permukaan dalam pipa. Selain itu, perubahan energi kinetik dan gesekan yang terjadi pada aliran fluida di dalam pipa melingkar juga turut memberikan kontribusi terhadap penurunan tekanan tersebut. Untuk menghitung penurunan tekanan dalam sistem perpipaan, terdapat dua parameter penting yang perlu diperhatikan, yaitu Reynolds Number (NRE) dan kekasaran relatif pipa (ϵ/D). Nilai Reynolds digunakan untuk menentukan apakah aliran bersifat laminar atau turbulen (Hari Nugroho et al., 2022).

Adapun rumus untuk menghitung NRE adalah (Wang et al., 2020):

$$NRE = \frac{D_{vp}}{\mu} \quad (1)$$

Dimana D adalah diameter pipa, v adalah kecepatan aliran, ρ adalah densitas fluida, dan μ adalah viskositas dinamis fluida dalam satuan kilogram per meter-detik. Dengan mengetahui nilai-nilai tersebut, penurunan tekanan akibat gesekan dalam pipa dapat dianalisis secara akurat untuk mendukung desain dan pengoperasian sistem perpipaan yang efisien.

Aliran laminar meluncur dari lapisan konsentris silinder melewati satu sama lain dengan tertib. Kecepatan fluida pada sumbu pipa dan menurun ke nol pada dinding. Penurunan tekanan yang disebabkan oleh gesekan aliran laminar tidak tergantung dari kekasaran pipa. Koefisien gesekan pada pipa aliran laminar dapat diuraikan menggunakan persamaan di bawah ini (Amrulloh et al., 2021):

$$\tau = \frac{64}{Re} \quad (2)$$

Dimana:

λ = Koefisien gesekan pipa

Re = Reynolds

Flow meter merupakan perangkat yang berfungsi untuk mengukur laju aliran fluida baik berupa cairan maupun gas yang mengalir dalam suatu sistem perpipaan. Alat ini dapat memberikan informasi mengenai volume, massa, atau kecepatan aliran tergantung pada

jenis flow meter yang digunakan. Flow meter memiliki peran penting dalam berbagai bidang industri, seperti pengolahan air, sistem bahan bakar, pengolahan limbah, industri kimia, serta produksi makanan dan minuman (Pardede & Purba, 2023).

Selain mengukur aliran, flow meter juga dapat digunakan untuk mengamati tekanan fluida dalam pipa. Tekanan ini biasanya diukur dalam satuan seperti psi (pound per square inch), bar, atm (atmosfer), atau Pascal (N/m^2). Pemilihan satuan bergantung pada jenis aplikasi dan standar yang berlaku di lingkungan kerja tersebut. Keakuratan dan kecepatan respon dari flow meter sangat membantu dalam menjaga kestabilan sistem, mendeteksi potensi kebocoran, serta mengoptimalkan kinerja proses industri. Jenis flow meter yang digunakan seperti flow meter elektromagnetik, ultrasonik, rotameter, atau turbine dipilih berdasarkan karakteristik fluida, tekanan operasional, dan kebutuhan pengukuran yang diinginkan. Suatu alat untuk mengukur tekanan (zat cair atau gas) dalam ruang pipa. Satuan alat ukur tekanan yang sering di pakai yaitu psi (pound per square inch), bar, atm (atmosphere), N/m^2 (pascal). Berikut ini gambar 1 merupakan tampilan dari tools flow meter.



Gambar 1. Flow meter

METODOLOGI

Dalam melakukan penelitian ilmiah harus tersusun suatu proses yang sistemati. Proses yang mempunyai tahapan yang telah disusun dalam suatu rangkaian, dimana tahapan tersebut menghasilkan tahapan selanjutnya.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan sejumlah alat dan bahan yang diperlukan dalam penyusunan rangkaian serta proses pengukuran. Alat-alat yang digunakan meliputi: pompa air 1 phase dengan daya 0,18 kW merek Shimizu, meja praktik sebagai media simulasi rangkaian, volt meter, tang ampere meter, regulator trafo, flow meter, dan stopwatch untuk pencatatan waktu. Sementara itu, bahan-bahan yang digunakan dalam penyusunan instalasi terdiri dari dua buah pipa PVC, dua buah ball valve, dua buah elbow, dua buah sock drat, tiga buah sock biasa, dua buah pipa tee, dua buah selang vertikal, serta sebuah bak penampungan (toren). Seluruh alat dan bahan tersebut dirancang untuk membentuk sistem sirkulasi air yang digunakan dalam pengujian karakteristik pompa air terhadap variasi beban.

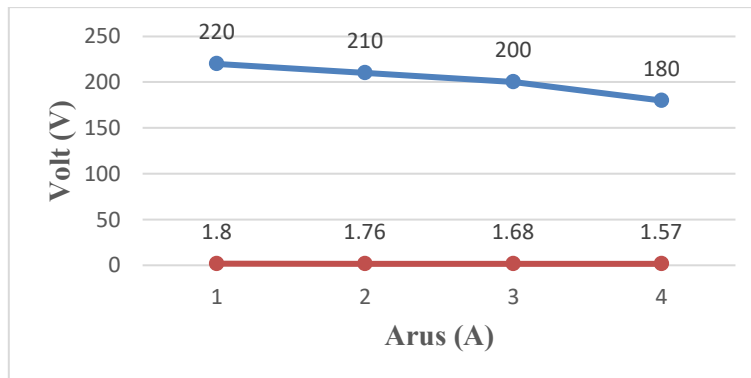
Digunakan untuk menganalisis kerusakan pada bearing motor serta dampaknya terhadap karakteristik kerja motor. Melalui rangkaian ini, dilakukan simulasi dan pengukuran secara langsung guna mengetahui perubahan performa motor akibat gangguan pada komponen bearing. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk memahami sejauh mana kerusakan bearing mempengaruhi efisiensi, kestabilan, dan parameter listrik pada motor selama beroperasi.

Pengambilan data dalam proses pengujian dan pengukuran dilakukan untuk memperoleh informasi terkait performa pompa air dan motor penggeraknya. Data yang dikumpulkan meliputi perubahan tekanan air dalam pipa saat pompa dinyalakan, yang diukur menggunakan flow meter dan pressure gauge. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui nilai parameter tekanan dan laju aliran air secara akurat. Selain itu, dilakukan juga pencatatan terhadap perubahan arus dan tegangan pada suplai daya motor. Pengukuran arus dan tegangan ini dilakukan saat motor dalam kondisi berputar, baik ketika pompa diberi beban maupun tanpa beban, menggunakan alat current transformer dan potential transformer. Data yang diperoleh digunakan untuk menganalisis pengaruh beban terhadap karakteristik kelistrikan dan performa pompa air secara keseluruhan.

Dari hasil pengukuran yang dilakukan, diperoleh data dan nilai-nilai parameter yang selanjutnya dianalisis berdasarkan perubahan-perubahan yang terjadi pada sistem pompa air. Analisis ini mencakup perbandingan dan perhitungan terhadap seluruh parameter operasional pompa, dengan tujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh pressure drop atau penurunan tekanan dalam pipa. Penurunan tekanan ini dianalisis berdasarkan variasi tegangan input, konfigurasi rangkaian pipa, serta posisi valve (keran) yang digunakan. Dengan demikian, data yang diperoleh dapat memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai kinerja pompa air dalam berbagai kondisi operasional dan membantu dalam menentukan efisiensi sistem secara keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dan pengukuran dilakukan dalam dua periode yang berbeda dikarenakan faktor waktu. Fokus pengukuran dalam penelitian ini adalah pressure drop atau penurunan tekanan pada pipa, yang diuji dengan melakukan variasi pada tegangan suplai (*voltage supply*) ke pompa air. Variasi tegangan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap performa pompa serta perubahan tekanan dalam sistem perpipaan. Gambar grafik 2 dibawah ini menggambarkan hubungan antara tegangan (Volt) terhadap arus listrik (Ampere) pada pompa air ketika dilakukan pengujian dengan variasi tegangan suplai. Dari grafik terlihat bahwa seiring dengan penurunan tegangan, arus yang ditarik oleh motor pompa juga mengalami penurunan. Pada kondisi awal dengan tegangan 220 V, arus yang tercatat adalah 1,8 A. Ketika tegangan diturunkan menjadi 210 V, arus menurun menjadi 1,76 A. Selanjutnya, pada tegangan 200 V arus kembali turun menjadi 1,68 A, dan pada tegangan terendah yaitu 180 V, arus tercatat sebesar 1,57 A.



Gambar 2. Hasil dari pengukuran pressure drop dengan *voltage supply*

Pengujian pompa air menunjukkan bahwa variasi tegangan suplai berpengaruh langsung terhadap besarnya penurunan tekanan (*pressure drop*) dalam sistem perpipaan. Pada kondisi awal, saat pompa bekerja pada tegangan 220 V dengan arus 1,8 ampere dan friksi pipa sebesar 0,88 meter, tercatat penurunan tekanan sebesar 2,11 Pascal. Ketika tegangan diturunkan menjadi 210 V dan arus menjadi 1,76 A, friksi pipa pun berkurang menjadi 0,80-meter dan penurunan tekanan tercatat menurun drastis menjadi 0,731 Pascal. Penurunan ini berlanjut saat tegangan dikurangi lebih jauh hingga mencapai 180 volt. Pada kondisi ini, arus tercatat sebesar 1,57 A dengan friksi sebesar 0,72 meter, dan penurunan tekanan terus berkurang mulai dari 0,592 Pascal hingga mencapai nilai terendah sebesar 0,4698 Pascal. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin rendah tegangan yang diberikan ke pompa, semakin kecil arus yang mengalir dan semakin rendah pula tekanan fluida yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh menurunnya daya output pompa, sehingga mempengaruhi efisiensi dorongan aliran fluida dalam sistem perpipaan.

Hasil perhitungan *pressure drop* dengan variasi *voltage supply* 220 volt :

$$Q = 16 \text{ l/m} = 0,016 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$Q = 0,266 \text{ l/s}$$

$$Q = 0,000266 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = Q/A = \frac{0,000266 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0126 \text{ m}^2}$$

$$v = 0,0211 \text{ m/s}$$

Penurunan Tekanan (Δp).

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{V^2 \times f \times L \times \rho}{2D} = \frac{0,0211^2 \text{ m/s} \times 0,88 \text{ m} \times 1,37 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3}{2,0,127 \text{ m}} \\ &= \frac{0,000536 \text{ m}^3/\text{s} \times 1000 \text{ kg/m}^3}{0,254} \end{aligned}$$

$$\Delta p = 2,110 Pa$$

Menentukan nomor Reynold.

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{0,0211 m/s \times 0,127 m}{0,0179 m^2/s} = \frac{0,00267 m^2/s}{0,0179 m^2/s} = 0,1497$$

Koefisien gesekan pada pipa aliran laminar.

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{0,1497}$$

$$\lambda = 427,5$$

Koefisien gesekan pipa aliran turbulen.

$$\Delta p = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{\rho}{2} \times v^2 = 427,5 \times \frac{1,37 m}{0,127 m} \times \frac{1000 kg/m^3}{2} \times 0,0211^2 m/s$$

$$\Delta p = 1026 Pa \text{ 4.2 pengukuran}$$

Perbedaan penurunan tekanan yang di variasikan terhadap posisi keran pada tegangan 220v. Pada posisi keran 90°(derajat) atau full open penurunan tekanannya adalah sebesar 2,110 Pa (Pascal), dan keran di rubah posisinya ke posisi 45°(derajat) atau semi open atau juga setengah terbuka menghasilkan sebesar 1,277 Pa (Pascal). Maka dari variasi position valve atau posisi keran sangat mempengaruhi hasil penurunan tekanan pompa air tersebut.

Hasil pressure drop dengan variasi valve(keran) pada tegangan 220 volt pada posisi setengah terbuka (semi open 45°):

$$Q = 16 \frac{l}{m} = \frac{0,016 \frac{m^3}{m}}{70s} = 0,000228 \frac{m^3}{s}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,000228 \frac{m^3}{s}}{0,0126 m^2} = 0,01814 m/s$$

Penurunan Tekanan (Δp).

$$\Delta p = \frac{V^2 \times f \times L \times \rho}{2D} = \frac{\frac{0,01814^2 m}{s} \times 0,72 m \times 1,37 m \times \frac{1000 kg}{m^3}}{2,0,127 m}$$

$$\Delta p = \frac{0,000324 m^3/s \times 1000 kg/m^3}{0,254}$$

$$\Delta p = 1,277 Pa$$

Menentukan nomor Reynold

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{\frac{0,01814m}{s} \times 0,127m}{\frac{0,0179m^2}{s}} = \frac{\frac{0,002303m^2}{s}}{\frac{0,0179m^2}{s}}$$

$$Re = 0,1287$$

Koefisien gesekan pada pipa aliran laminar

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{0,1287}$$

$$\lambda = 497,2$$

Koefisien gesekan pipa aliran turbulen

$$\Delta p = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{\rho}{2} \times v^2 = 497,2 \times \frac{1,37m}{0,127m} \times \frac{1000kg/m^3}{2} \times 0,01814^2 m/s$$

$$\Delta p = 882,4Pa$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang karakteristik pompa air terhadap variasi beban, diperoleh kesimpulan bahwa penurunan tekanan (Δp) dipengaruhi secara langsung oleh perubahan tegangan dan arus listrik. Semakin rendah tegangan dan arus yang diberikan ke pompa, maka penurunan tekanan juga semakin kecil. Selain itu, posisi keran (valve) juga mempengaruhi besar kecilnya tekanan. Kombinasi antara variasi tegangan dan posisi keran menghasilkan perbedaan tekanan yang lebih signifikan. Pada tegangan 220 volt dan arus 1,8 ampere, penurunan tekanan tercatat sebesar 2,11 Pascal dengan friksi 0,88 meter. Saat tegangan diturunkan ke 210 volt (arus 1,76 ampere), tekanan turun menjadi 0,731 Pascal. Pada tegangan 180 volt (arus 1,57 ampere), tekanan semakin menurun hingga 0,4698 Pascal. Sementara itu, jika posisi keran diubah dari terbuka penuh (90°) ke setengah terbuka (45°) pada tegangan 220 volt, tekanan turun dari 2,110 Pascal menjadi 1,277 Pascal. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa variasi tegangan, arus, dan posisi keran sangat mempengaruhi penurunan tekanan, yang pada akhirnya berpengaruh terhadap efisiensi kerja sistem pompa air.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrulloh, M. F., Purnama, H., & Margana, A. S. (2021). Sistem monitoring kecepatan aliran udara dan suhu pada laminar air flow cabinet. Seminar Nasional Teknologi Dan Riset Terapan, 144–150.
- Asral, & Handika, Y. (2023). Pembuatan Generator Magnet Permanen 12 Kutup Menggunakan Motor Induksi. CYCLOTRON : Jurnal Teknik Elektro , 6(2), 51–58.
- Hari Nugroho, W., Gede Eka Lesmana, I., & Camalia Hartantrie, R. (2022). Analisis Kinerja Motor Terhadap Kerusakan Kompresor Tipe B – 304 pada LRT Jakarta Seri 1100.

- Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi, 4, 89–96.
<https://doi.org/10.35814/asiimetrik.v4i1.2429>
- Hasanah, A. P., Sarif, M. I., Komputer, P. S., Pembangunan, U., Budi, P., & Subroto, J. G. (2025). PERANCANGAN SISTEM MONITORING LEVEL AIR MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK BERBASIS IOT. 13(2), 1477–1483.
- Junior S., S., & Saleh, A. (2022). Analisis Pengaruh Misalignment Pada Kinerja Motor Induksi. Majalah Ilmiah Gema Maritim, 24(1), 18–25. <https://doi.org/10.37612/gema-maritim.v24i1.274>
- Kurnia Pratama, A., Zondra, E., & Yuvendius, H. (2020). Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Akibat Perubahan Tegangan. Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri), 5(1), 35–43.
- Mujiburrahman, M. (2021). Analisis Tegangan Jatuh (Drop Voltage) Pada Unit Boiler Di Ppsdm Migas Cepu Menggunakan Etap 12.6.0. Jurnal Teknik Elektro, 10(3), 757–768.
- Musyaffa, F., & Medilla, K. (2020). Monitoring Motor Induksi Terhadap Temperatur dan Getaran Motor Menggunakan Arduino Uno.
- Pardede, D. G. H., & Purba, A. M. (2023). Vortex dan Differensial Pressure. Jurnal Teknik Elektro, 3(1), 7–11.
- Roza, I., Yanie, A., Almi, A., & Andriana, L. (2020). Implementasi Alat Pendeteksi Getaran Bantalan Motor Induksi Pada Pabrik Menggunakan Sensor Piezoelektrik Berbasis SMS. RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi): Jurnal Teknik Elektro, 3(1), 20–25. <https://doi.org/10.30596/rele.v3i1.5233>
- Santoso, K. J. (2020). Analisis Misalignment Dengan Vibration Trend Analysis. Jurnal Teknik Mesin, 8(3), 82. <https://doi.org/10.22441/jtm.v8i3.5898>
- Siregar, J. S., & Kamal, D. M. (2023). Analisa Kerusakan Bearing Pada Pompa Sentrifugal Type ZInd 100-200. Prosiding Seminar Nasional Teknik ..., 727–735.
- Syahputra, R., Purwanto, H., Wiyagi, R. O., Mustar, M. Y., & Soesanti, I. (2021). Analysis of Induction Motor Performance Using Motor Current Signature Analysis Technique. Journal of Electrical Technology UMY, 5(1), PRESS. <https://doi.org/10.18196/jet.v5i1.11764>
- Ulinuha, A., & Riza, A. G. (2021). Sistem Monitoring Dan Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Android Dengan Aplikasi Blynk. Abdi Teknayasa, 2(1), 26–31. <https://doi.org/10.23917/abditeknayasa.v2i1.318>
- Wang, Z., Xu, C., Dowd, P., Xiong, F., & Wang, H. (2020). A Nonlinear Version of the Reynolds Equation for Flow in Rock Fractures With Complex Void Geometries. Water Resources Research, 56(2), 1–12. <https://doi.org/10.1029/2019WR026149>

Studi Pengaruh Offset Misalignment Terhadap Arus dan Getaran pada Motor Induksi 3 Fasa Berdaya 1,1kW

Kemal Irkamna¹, Edy Sumarno¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

¹Jl. Raya Puspatek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹khemalsbasstian@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 18 Februari 2024
revisi : 19 April 2024
diterima : 13 Mei 2024
dipublish : 31 Mei 2024

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk analisis pengaruh offset misalignment atas getaran serta arus yang terdapat di motor induksi 3 fasa 1,1 kW. Tujuan penelitian ini dapat mengetahui getaran dan spektrum FFT arus yang diakibatkan oleh offset misalignment. Metode yang digunakan untuk menganalisa arus dan getaran terhadap offset misalignment dengan tipe 0,5 mm, 1,0 mm, dan 1,5 mm diikuti dengan penambahan 4 variasi beban pengereman. Berdasarkan hasil pengujian pada motor didapatkan variasi spektrum gradik getaran serta arus saat motor di posisi alignment dan offset misalignment, pada kondisi offset misalignment 1,5 mm dengan beban 6,911 Nm didapat amplitudo paling banyak terdeteksi di frekuensi 51 Hz (84,322 dB), frekuensi kecil setelah frekuensi dominan 151 Hz (35,149 dB), 251 Hz (50,355 dB), 351 Hz (34,438 dB), 451 Hz (28,749 dB), 551 Hz (33,811 dB), 651 Hz (18,641 dB), 751 Hz (14,721 dB), dan frekuensi terakhir 851 Hz (14,015 dB). Kemudian getaran tertinggi yang dihasilkan oleh accelerometer pada sumbu X adalah 2,202 volt pada posisi offset misalignment 1,0 mm dengan beban 6,804 Nm, sumbu Y adalah 1,785 volt pada posisi offset misalignment 1,5 mm dengan beban 6,804 Nm, dan sumbu Z adalah 1,907 volt pada posisi offset misalignment 1,0 mm dengan beban 6,804 Nm. Dapat disimpulkan bahwa ada perubahan pada spektrum arus yang ditimbulkan oleh motor yang diakibatkan oleh offset misalignment ditambah dengan variasi beban maka semakin tinggi amplitudo sinyal di spektrum yang ditimbulkan, sementara hasil uji memanfaatkan accelerometer menghasilkan getaran yang berkelanjutan dimana besar gelombang sebanding dengan besar offset misalignment pada poros motor.

Kata kunci : Motor Induksi; DAQ; FFT; LabVIEW; Getaran

ABSTRACT

This research was conducted to analyze the effect of offset misalignment on currents and vibrations that occur in a 1.1 kW 3-phase induction motor. The aim of this research is to know the vibration and current FFT spectrum caused by offset misalignment. The method used to analyze currents and vibrations against the offset misalignment with a variation of 0.5 mm, 1.0 mm, and 1.5 mm followed by the addition of 4 variations of the braking

load. From the test results on the motor, it is obtained the difference in the current spectrum and vibration graph when the motor is in alignment and offset misalignment conditions, in the offset misalignment condition of 1.5 mm with a load of 6.911 Nm, the dominant amplitude occurs at a frequency of 51 Hz (84,322 dB), low frequency after the dominant frequency 151 Hz (35,149 dB), 251 Hz (50,355 dB), 351 Hz (34,438 dB), 451 Hz (28,749 dB), 551 Hz (33,811 dB), 651 Hz (18,641 dB), 751 Hz (14,721 dB), and the last frequency is 851 Hz (14,015 dB). Then the highest vibration produced by the accelerometer on the X axis is 2.202 volts at the 1.0 mm offset misalignment position with a load of 6.804 Nm, the Y axis is 1.785 volts at the 1.5 mm offset misalignment position with a load of 6.804 Nm, and the Z axis is 1.907 volts. at the offset misalignment position of 1.0 mm with a load of 6.804 Nm. It can be concluded that there is a change in the current spectrum caused by the motor due to the offset misalignment coupled with the load variation, the more signal amplitude in the spectrum appears, while the measurement results using the accelerometer vibrate continuously where the wave magnitude is directly proportional to the offset misalignment in the motor shaft.

Keywords : Induction Motor; DAQ; FFT; LabVIEW; Vibration

PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan salah satu jenis motor listrik yang paling banyak digunakan di dunia industri karena konstruksinya yang sederhana, keandalannya yang tinggi, kecepatan operasi yang relatif konstan, serta kemudahan dalam instalasi dan pengoperasiannya (Hendrawan et al., 2021)(Triyanto et al., 2022). Penerapan motor induksi dalam dunia industri sangat luas, seperti pada mesin bubut, elevator, conveyor, hingga pompa elektrik (Dhiya' Ushofa et al., 2022). Namun, untuk menjamin kinerja motor tetap optimal dan memperpanjang umur pakai peralatan, perawatan rutin sangatlah diperlukan (Hari Nugroho et al., 2022). Perawatan yang bersifat preventif harus diutamakan guna menghindari kerusakan fatal yang dapat mengganggu jalannya proses produksi. Salah satu pendekatan perawatan preventif adalah dengan memantau arus serta getaran motor, yang dapat dilakukan melalui metode analisis getaran dan *signature analysis*. Permasalahan umum terjadi karena kerusakan awal pada motor seringkali tidak terdeteksi, sehingga mengakibatkan kerusakan lanjutan yang parah, menyebabkan *downtime* produksi dan kerugian finansial yang signifikan (Bernadeta Wuri Harini, 2021).

Permasalahan utama yang diangkat dalam studi ini adalah bagaimana mendeteksi potensi kerusakan awal pada motor induksi, khususnya yang disebabkan oleh *misalignment* (ketidaksejajaran poros), sehingga dapat dilakukan tindakan perbaikan sebelum kerusakan berkembang menjadi lebih serius dan menyebabkan gangguan pada proses produksi industri. *Misalignment* dapat menimbulkan getaran tidak normal dan perubahan pola arus listrik yang jika tidak segera diidentifikasi, akan menyebabkan

kerusakan bearing, keausan poros, dan bahkan kerusakan menyeluruh pada motor (Nahin et al., 2022).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, digunakan metode analisis spektrum berbasis *Fast Fourier Transform* (FFT), yaitu teknik analisis sinyal untuk mengubah sinyal waktu menjadi domain frekuensi. Dengan metode ini, pola spektrum frekuensi yang khas akibat misalignment dapat dikenali dan dibandingkan terhadap kondisi normal motor. Analisis ini dilakukan dengan bantuan sensor getaran dan sensor arus yang terhubung pada sistem pengendali. Kemudian dilakukan pengolahan sinyal melalui perangkat lunak untuk menampilkan spektrum frekuensi dan mengidentifikasi pola kerusakan. Selain itu, untuk memperbaiki dan mencegah misalignment, digunakan metode shaft alignment atau penyelarasan poros. Proses ini dilakukan dengan cara menyamakan dua sumbu poros agar sejajar dan simetris terhadap tumpuan yang digunakan, sehingga mencapai kesejajaran yang optimal dan memenuhi standar operasional. Hasil dari penerapan metode FFT menunjukkan bahwa kondisi misalignment pada motor induksi dapat diidentifikasi melalui peningkatan amplitudo pada frekuensi harmonik tertentu (Syahputra et al., 2021)(Rizqi Tsaniy Arif & Nur Yahya, 2021). Spektrum frekuensi yang dihasilkan dari motor dengan misalignment memiliki pola khas yang berbeda dibandingkan dengan motor dalam kondisi normal. Melalui data ini, tim perawatan dapat segera melakukan tindakan korektif seperti alignment ulang, penggantian komponen aus, atau penyesuaian beban. Penggunaan shaft alignment terbukti mampu mengembalikan posisi poros menjadi sejajar secara presisi, mengurangi getaran, dan mengoptimalkan kinerja motor. Tujuan utama dari kegiatan ini adalah untuk mengembangkan sistem pemantauan kondisi motor induksi berbasis analisis getaran dan arus dengan metode FFT, serta meningkatkan efektivitas proses perawatan preventif dalam industri. Dengan mendeteksi potensi kerusakan sejak dini, diharapkan dapat mengurangi biaya perawatan, memperpanjang umur motor, dan mencegah gangguan operasional akibat kerusakan mendadak. Selain itu, penerapan metode shaft alignment bertujuan untuk menghilangkan akar penyebab *misalignment* sehingga meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem motor secara keseluruhan (Abdullah et al., 2020).

TEORI

Dalam proses perancangan mesin, diperlukan analisis dan pertimbangan menyeluruh terhadap potensi masalah yang dapat mengganggu kinerja mesin tersebut. Salah satu contohnya adalah poros motor yang berfungsi sebagai bagian dari sistem transmisi, di mana beban dan siklus kerjanya dapat berubah-ubah. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan analisis dan perawatan pada komponen mesin, terutama pada bagian yang bekerja secara dinamis dan menanggung beban berat. Dalam proses pemeliharaan poros, dikenal istilah misalignment atau ketidaksejajaran antara dua poros. Kondisi ini biasanya terjadi akibat adanya pergeseran salah satu komponen motor dari sumbu utamanya, yang kemudian menyebabkan dan menghasilkan getaran pada arah sumbu aksia (Winarta et al., 2021).

Alignment merupakan prosedur pemeliharaan yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan misalignment pada poros, yaitu dengan menyelaraskan atau meluruskan dua sumbu poros yang sejajar (antara poros penggerak dan poros yang digerakkan) saat motor berada dalam kondisi menyala atau beroperasi. Dalam praktiknya, pencapaian kesejajaran sempurna antar sumbu poros sangat sulit dilakukan, sehingga diperlukan toleransi penyimpangan sekitar $\pm 0,05$ mm. Proses *alignment* harus dilakukan saat motor dalam keadaan beroperasi karena jika dilakukan saat mesin mati (dingin), kemungkinan besar akan terjadi pergeseran posisi setelah mesin kembali menyala (panas). Hal ini disebabkan oleh adanya pemuaian pada material poros akibat suhu kerja mesin yang meningkat saat beroperasi (Junior S. & Saleh, 2022).

Jenis-jenis *misalignment* atau ketidaksejajaran yang terjadi pada dua poros dalam sistem mekanik dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bentuk utama berdasarkan arah dan karakteristik penyimpangannya diantaranya adalah *offset misalignment*, *angular misalignment*, *combination misalignment* seperti penjelasan di bawah ini (Meidiasha et al., 2020).

Offset Misalignment dimana kondisi dua poros yang seharusnya sejajar mengalami ketidaksejajaran posisi secara lateral, sehingga sumbu pusat keduanya tidak berada dalam satu garis lurus. Ketidaksesuaian ini menyebabkan ketegangan tambahan pada komponen sambungan seperti kopling, bearing, dan poros itu sendiri, yang pada akhirnya dapat menimbulkan getaran berlebih, keausan dini, dan potensi kerusakan serius jika tidak segera ditangani. Offset misalignment sering kali terjadi akibat pemasangan yang kurang presisi, pergeseran pondasi, atau getaran selama operasi. Oleh karena itu, pemantauan dan penyesuaian secara berkala sangat penting untuk menjaga kinerja dan umur pakai motor serta peralatan yang terhubung.

Angular Misalignment merupakan salah satu bentuk ketidaksejajaran poros yang terjadi ketika dua poros membentuk sudut satu sama lain, meskipun posisi ujung-ujung poros memiliki tinggi atau elevasi yang sama. Artinya, sumbu poros tidak berada dalam garis lurus karena salah satu poros miring terhadap yang lain, sehingga sudut yang terbentuk antara keduanya menyebabkan ketidaksejajaran sudut. Kondisi ini dapat terjadi akibat kesalahan pemasangan, ketidakseimbangan beban, atau deformasi mekanis selama pengoperasian. Angular misalignment dapat menyebabkan beban tambahan pada kopling dan bearing, yang dalam jangka panjang menimbulkan keausan lebih cepat, peningkatan getaran, serta risiko kerusakan komponen motor atau mesin secara keseluruhan. Oleh karena itu, penting dilakukan pemeriksaan dan penyelarasan ulang secara berkala untuk mencegah terjadinya kerusakan yang lebih serius (Suryadi et al., 2021).

Combination Misalignment adalah bentuk ketidaksejajaran yang paling kompleks, di mana terdapat dua poros mengalami dua jenis penyimpangan sekaligus, yaitu angular misalignment dan offset misalignment. Dalam kondisi ini, kedua poros tidak hanya membentuk sudut satu sama lain (angular), tetapi juga berada pada posisi yang tidak sejajar secara lateral (offset), sehingga sumbu poros tidak bertemu pada satu garis lurus dan kedua ujung poros memiliki ketinggian atau posisi yang berbeda. Ketidaksejajaran

kombinasi ini sering terjadi akibat pemasangan yang tidak presisi, getaran berlebih, atau perubahan struktural pada pondasi mesin. Akibatnya, sistem transmisi daya mengalami beban tidak merata, getaran tinggi, serta peningkatan keausan pada komponen seperti kopling, bearing, dan poros. Jika tidak segera diperbaiki, kondisi ini dapat memperpendek umur mesin dan menimbulkan kerusakan parah. Oleh karena itu, deteksi dini serta pelaksanaan prosedur alignment secara menyeluruh sangat diperlukan untuk menjaga performa dan keandalan sistem motor (Junior S. & Saleh, 2022).

Misalignment pada motor dapat menyebabkan berbagai kerusakan serius pada komponen mesin. Salah satu komponen yang terdampak adalah poros, di mana getaran berlebih akibat ketidaksejajaran sumbu dapat menimbulkan ketegangan mekanis dan kerusakan struktural. Selain itu, bantalan (*bearing*) juga rentan mengalami keausan dan peningkatan suhu akibat gesekan yang tidak normal, yang pada akhirnya mengganggu kinerja putaran poros. *Misalignment* juga memperbesar risiko kebocoran cairan pada bagian stuffing box, terutama pada sistem pompa, sehingga mengganggu efisiensi dan keandalan proses pemompaan. Efektivitas mekanis pompa pun turut menurun karena gaya kerja tidak tersalurkan secara optimal. Dalam kasus yang lebih parah, kumparan atau gulungan pada motor listrik dapat saling bersinggungan, sehingga menimbulkan arus pendek (*short circuit*) yang berisiko merusak motor secara keseluruhan. Bahkan, baut-baut kopling dapat mengalami tegangan berlebih yang menyebabkan kerusakan atau patah, memperparah kondisi kegagalan sistem. Oleh karena itu, penanganan misalignment secara dini sangat penting untuk mencegah kerusakan yang lebih luas pada peralatan industri (Junior S. & Saleh, 2022).

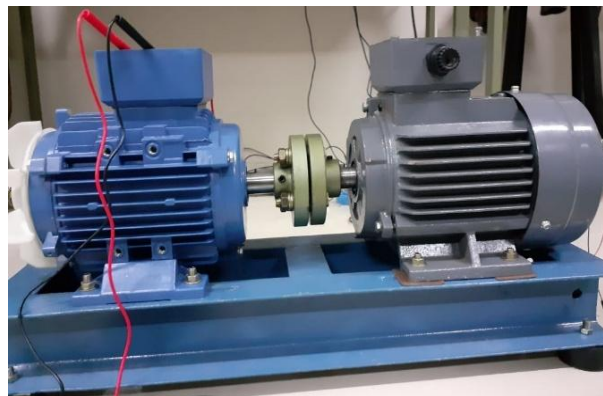
Getaran merupakan gerakan bolak-balik di sekitar titik keseimbangan. Kesetimbangan sendiri adalah kondisi saat suatu benda berada dalam keadaan diam apabila tidak ada gaya yang bekerja padanya. Vibrasi atau getaran dapat dijelaskan secara sederhana melalui ilustrasi pegas yang diberikan beban. Ketika pegas tersebut ditarik dan dilepas, maka akan terjadi gerakan naik-turun yang berulang sebagai bentuk dari getaran. Dalam kondisi ideal, mesin yang dirancang secara optimal tidak akan menghasilkan getaran berlebih karena seluruh energi yang dihasilkan digunakan secara efisien. Namun, seiring bertambahnya umur dan lamanya durasi operasi, mesin dapat mengalami berbagai permasalahan yang menyebabkan munculnya getaran, seperti keausan pada komponen motor, perubahan struktur pondasi akibat faktor lingkungan atau usia yang berujung pada misalignment poros, serta perubahan perilaku dinamis motor yang berdampak pada frekuensi kerjanya (Santoso, 2020).

Beberapa parameter yang dapat menjadi penyebab getaran pada mesin listrik antara lain adalah misalignment, yaitu ketika titik pusat dua poros tidak berada pada satu sumbu; kondisi tidak seimbang (*unbalance*); adanya cacat pada bagian mesin seperti roda gigi dan bearing; pelumasan yang tidak mencukupi; sistem transmisi rantai atau sabuk yang tidak optimal; serta kinerja bantalan yang kurang baik. Getaran yang berlebihan pada mesin dapat berdampak negatif seperti menyebabkan sambungan-sambungan mesin menjadi kendur, menimbulkan suara bising, meningkatkan beban pada elemen mesin, serta

mempercepat keausan komponen mesin. Oleh karena itu, penting untuk memantau dan mengendalikan getaran agar mesin tetap beroperasi secara optimal dan memiliki umur pakai yang lebih panjang.

METODOLOGI

Dalam pembuatan perangkat yang akan digunakan sebagai instrumen penelitian ini, akan dirancang rangka alat secara menyeluruh, termasuk beberapa elemen penting yang mendukung fungsinya. Salah satu komponen utama yang digunakan adalah dua buah motor tiga fasa berdaya 1,1 kW yang dihubungkan menggunakan sebuah kopling (*coupling*). Dalam sistem ini, satu motor akan difungsikan sebagai motor penggerak (*driver*), sementara motor lainnya akan berfungsi sebagai motor beban. Pada motor beban, akan diberikan tegangan DC yang bersumber dari regulator variabel dengan rentang 0-250 VDC. Tegangan ini dialirkan ke kumparan stator motor beban untuk menciptakan efek pengereman (*braking effect*). Tegangan DC tersebut dihasilkan oleh slide regulator, yang memungkinkan pengaturan besar kecilnya daya pengereman sesuai kebutuhan pengujian.



Gambar 1. Penggunaan motor dalam pengujian

Dalam pembuatan simulasi kerusakan motor berbasis *LabVIEW* ini, digunakan 2 buah motor yang dihubungkan oleh sebuah kopling. Fungsi dari kedua motor tersebut yaitu:

1. Motor *drive* (motor 1)

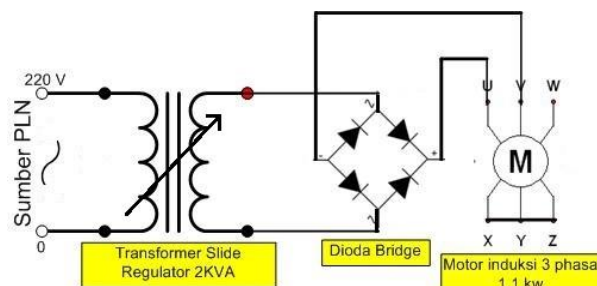
Motor ini yang akan digunakan sebagai motor simulasi dari *missalignment* motor, dalam proses pengambilan data dilakukan beberapa sampel *offset missalignment* dengan memberikan plat aluminium pada bagian bawah kaki motor.



Gambar 2. Shim Plate ukuran 0,5 mm dan 1.0 mm

2. Motor beban (motor 2)

Motor ini digunakan sebagai motor beban, dalam proses simulasi kerusakan ini motor diberikan tegangan DC dengan nilai yang bisa disetel dari tegangan 0 Vdc sampai dengan 250 Vdc. Pemberian tegangan DC ini dilakukan untuk memberikan pengereman pada motor.



Gambar 3. Skema pengereman

Studi ini menggunakan software LabVIEW sebagai alat analisis, yang merupakan bahasa pemrograman grafis dari National Instruments. Sinyal getaran ditampilkan dalam bentuk spektrum dan gelombang. Proses analisis dilakukan dengan mengubah sinyal analog menjadi digital menggunakan DAQ Card NI-USB 6212. Sensor disambungkan ke port analog DAQ, dan konversi sinyal dari domain waktu ke frekuensi dilakukan menggunakan algoritma FFT yang tersedia di LabVIEW.

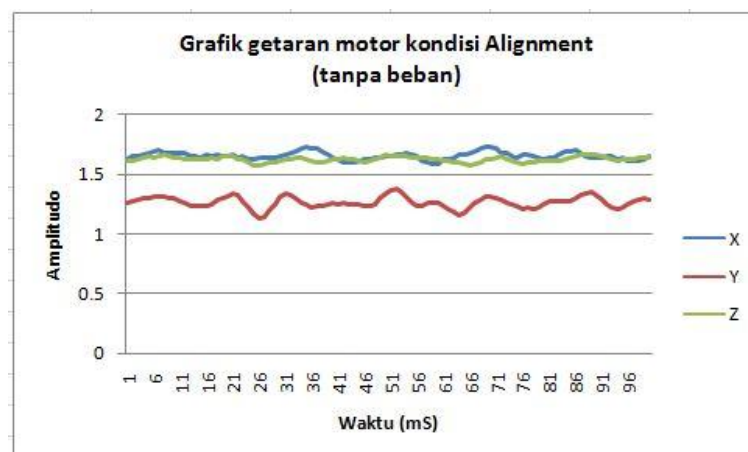
Pada studi ini FFT dimanfaatkan guna memunculkan sinyal spektrum yang menginformasikan besaran frekuensi khusus dari sinyal getaran. Perubahan sinyal memanfaatkan fitur FFT pada *LabVIEW*. FFT mentransformasi sinyal yang diperoleh dari sensor menjadi domain frekuensi dari domain waktu. Jendela (*window*) yang dimanfaatkan merupakan *Hanning*. Jendela tersebut berfungsi untuk memutus sinyal sehingga sepotong sinyal dapat diperoleh untuk dianalisis. Sensor adalah salah satu elemen utama untuk mengukur getaran karena ada di posisi paling depan dari proses peninjauan getaran mesin. Sensor getaran akan merubah nilai sinyal getaran menjadi sinyal analog dalam satuan

listrik yang biasanya berupa tegangan listrik. Sensor MEMS (*Micro electro mechanical Systems*) dimanfaatkan pada studi ini. MEMS yang dimanfaatkan merupakan ADXL 335 *Accelerometer* dengan wujud modul yang tergabung dengan pengkondisi sinyal sehingga mampu dimanfaatkan langsung dalam mendeteksi getaran. ADXL 335 adalah sistem pengukuran akselerasi 3-axis yang terpadu serta menyeluruh dalam satu IC., memiliki sensor micromachined yang permukaannya berupa polysilicon serta rangkaian penguat. Sinyal keluaran berbentuk tegangan analog berbanding lurus dengan nilai akselerasi. Sensor tersebut mampu mendeteksi akselerasi dinamik yang ditimbulkan dari pergerakan (motion) serta akselerasi statis dari gaya gravitasi. *Output* dari sensor tersebut dikoneksikan ke komputer lewat NI-USB 6212 dari *National Instruments* dengan memanfaatkan aplikasi *LabVIEW*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam analisis ini, data yang digunakan untuk memahami dampak offset misalignment motor terhadap getaran dan arus berasal dari sinyal output tiga buah CT (Current Transformer) dan sensor accelerometer ADXL 335, dengan satuan amplitudo berupa tegangan (Volt). Hasil analisis FFT di domain frekuensi menunjukkan bahwa amplitudo tertinggi muncul pada frekuensi 51 Hz sebesar 83,243 dB. Selain itu, muncul juga frekuensi lain dengan amplitudo lebih rendah, yaitu 151 Hz (50,676 dB), 251 Hz (52,939 dB), 351 Hz (40,642 dB), 451 Hz (31,661 dB), 551 Hz (35,277 dB), 651 Hz (23,066 dB), 751 Hz (17,617 dB), dan 851 Hz (24,697 dB). Spektrum ini menunjukkan adanya komponen frekuensi tambahan setelah frekuensi utama, yang dapat memberikan informasi penting tentang kondisi dinamis motor.

Pada gambar 4 merupakan bentuk gelombang antara sinyal output sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z menampilkan amplitudo yang cukup rendah fluktuasinya, hal tersebut disebabkan oleh keadaan getaran pada motor saat kondisi alignment (normal) yang rendah.

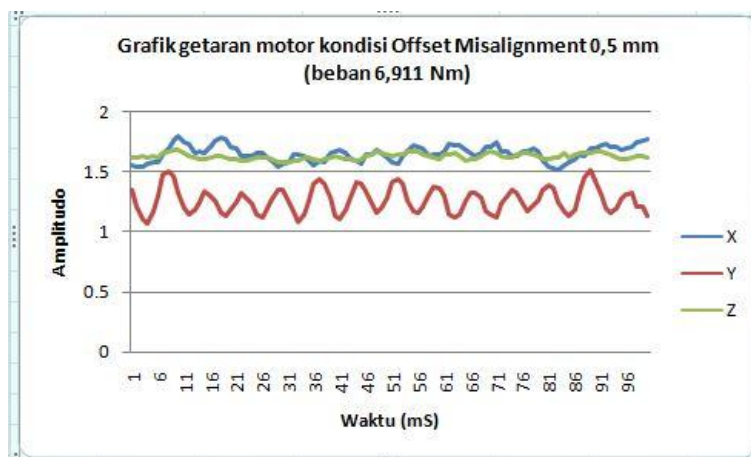


Gambar 4. Bentuk grafik getaran pada motor kondisi *alignment*

Hasil spektrum FFT dengan Amplitudo dan satuannya Desibel (dB) terhadap Frekuensi (Hz). Pada kondisi motor *offset misalignment* 0,5 mm dengan beban 6,911 Nm

dari hasil pengukuran memperlihatkan wujud spektrum FFT yang dihasilkan dari analisis FFT domain frekuensi, amplitudo dominan terdeteksi pada frekuensi 51 Hz (84,438 dB), frekuensi rendah sesudah frekuensi dominan 151 Hz (47,559 dB), 251 Hz (50,723 dB), 351 Hz (32,605 dB), 451 Hz (30,152 dB), 551 Hz (33,425 dB), 651 Hz (18,352 dB), 751 Hz (17,664 dB), dan frekuensi terakhir 851 Hz (7,017 dB).

Hasil data getaran yang dihasilkan dari penelitian ini dapat ditinjau melalui gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Data getaran pada motor kondisi *offset misalignment* 0,5 mm

Sinyal yang dihasilkan oleh spektrum FFT dengan Amplitudo dan satuannya Desibel (dB) terhadap Frekuensi (Hz). Pada kondisi motor *offset misalignment* 1 mm dengan beban 6,920 Nm dari hasil pengukuran terlihat bentuk spektrum FFT yang dihasilkan oleh analisa FFT domain frekuensi, amplitudo dominan terjadi pada frekuensi 51 Hz (84,232 dB), frekuensi rendah sesudah frekuensi dominan 151 Hz (47,263 dB), 251 Hz (50,396 dB), 351 Hz (31,289 dB), 451 Hz (29,318 dB), 551 Hz (34,434 dB), 651 Hz (19,189 dB), 751 Hz (13,065 dB), dan frekuensi terakhir 851 Hz (12,579 dB). Terjadi perubahan pada sumbu Y saat diberi beban 6,920 Nm pada offset misalignment 1 mm, dimana sumbu Y amplitudonya lebih tinggi dibandingkan dengan sumbu X dan sumbu Z.

Spektrum FFT dengan Amplitudo dan satuannya Desibel (dB) terhadap Frekuensi (Hz). Pada kondisi motor *offset misalignment* 1,5 mm dengan beban 6,911 Nm dari hasil pengukuran terlihat bentuk spektrum FFT yang dihasilkan oleh analisa FFT domain frekuensi, amplitudo dominan terjadi pada frekuensi 51 Hz (84,322 dB), frekuensi rendah sesudah frekuensi dominan 151 Hz (35,149 dB), 251 Hz (50,355 dB), 351 Hz (34,438 dB), 451 Hz (28,749 dB), 551 Hz (33,811 dB), 651 Hz (18,641 dB), 751 Hz (14,721 dB), dan frekuensi terakhir 851 Hz (14,015 dB).

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pengukuran pada motor induksi 3 fasa 1,1 kW menggunakan perangkat National Instruments USB-6212, diperoleh beberapa kesimpulan penting.

Perubahan yang terlihat pada spektrum FFT arus disebabkan oleh pergeseran kondisi motor dari posisi *alignment* ke posisi *offset misalignment*. Berdasarkan hasil pengujian, semakin besar tingkat *offset misalignment*, semakin banyak amplitudo yang muncul pada spektrum FFT dibandingkan dengan kondisi motor yang dalam posisi *alignment*. Hasil pembacaan sensor accelerometer dapat digunakan untuk membedakan kondisi motor saat *alignment* dan saat terjadi *offset misalignment* melalui analisis getaran. Pembacaan *accelerometer* memberikan informasi mengenai perubahan amplitudo akibat getaran motor induksi. Output dari accelerometer ADXL 335 berupa tegangan (Voltage), karena sensor ini menghasilkan sinyal dalam bentuk tegangan analog. Kondisi *offset misalignment* pada motor memberikan dampak langsung terhadap peningkatan getaran yang dihasilkan. Hasil pengujian dengan accelerometer menunjukkan bahwa getaran muncul secara kontinu dan besarnya sebanding dengan tingkat *offset misalignment* pada poros motor. Getaran tertinggi tercatat pada sumbu Y dengan kondisi *offset misalignment* sebesar 1,5 mm dan beban 6,804 Nm, yaitu sebesar 1,785 V. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan kondisi normal (*alignment*), di mana getaran hanya sebesar 1,380 V.

UCAPAN TERIMAKASIH

Alhamdulillah, puji syukur selalu penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat, taufik dan berkah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik. Penulis juga ingin menghaturkan ucapani terimakasih yang itak iterhingga dan ipenghargaan isetinggi-itingginya kepada

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, H. W., Rajab, M. A., Khodair, Z. T., & Alkhalidi, J. (2020). The effect of inter laminate layer on flexural strength for unsaturated polyester resin reinforced hybrid fabric composite. *International Journal of Nanoelectronics and Materials*, 13(1), 55–62.
- Bernadeta Wuri Harini. (2021). Pengaruh Parameter Motor pada Sistem Kendali tanpa Sensor Putaran. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, 10(3), 236–242. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v10i3.1848>
- Dhiya' Ushofa, B., Anifah, L., Buditjahjanto, G., & Endryansyah. (2022). Sistem Kendali Kecepatan Putaran Motor DC pada Conveyor dengan Metode Kontrol PID. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(Universitas Negeri Surabaya), 332–342.
- Hari Nugroho, W., Gede Eka Lesmana, I., & Camalia Hartantrie, R. (2022). Analisis Kinerja Motor Terhadap Kerusakan Kompresor Tipe B – 304 pada LRT Jakarta Seri 1100. *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, 4, 89–96. <https://doi.org/10.35814/asiimetrik.v4i1.2429>
- Hendrawan, A., Siswadi, S., Supari, S., & Ragil Ajun Abdilah Al Khomsi. (2021). Penyebab Kerusakan Electro Motor Oil Max Pump pada Mesin Induk di KM. Dharma Kartika IX. *Saintara : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Maritim*, 5(2), 28–35. <https://doi.org/10.52488/saintara.v5i2.104>
- Junior S., S., & Saleh, A. (2022). Analisis Pengaruh Misalignment Pada Kinerja Motor Induksi. *Majalah Ilmiah Gema Maritim*, 24(1), 18–25. <https://doi.org/10.37612/gema-maritim.v24i1.274>
- Meidiasha, D., Rifan, M., & Subekti, M. (2020). Alat Pengukur Getaran, Suara Dan Suhu Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Indikasi Kerusakan Motor Induksi Berbasis Arduino.

- Journal of Electrical Vocational Education and Technology, 5(1), 27–31.
<https://doi.org/10.21009/jevet.0051.05>
- Nahin, N. I., Nafis, M., Prokash Biswas, S., Kamal Hosain, M., Das, P., & Haq, S. (2022). Investigating the input power quality of multi-pulse AC-DC power converter fed induction motor drives. *Heliyon*, 8(12), e11733.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11733>
- Rizqi Tsaniy Arif, am, & Nur Yahya, S. (2021). Simulasi Proteksi Transformator Daya Dengan Relai Diferensial Dual-Bias Presentase Menggunakan Perangkat Lunak Pscad. *Vertex Elektro*, 13(01), 25–29.
- Santoso, K. J. (2020). Analisis Missalignment Dengan Vibration Trend Analysis. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(3), 82. <https://doi.org/10.22441/jtm.v8i3.5898>
- Suryadi, D., Febriyanto, M. R., & Fitrilina, F. (2021). Analisis Ketidaksesumbuan Poros (Misalignment) pada Rotordinamik Berdasarkan Sinyal Suara. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 12(2), 487–495. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.02.25>
- Syahputra, R., Purwanto, H., Wiyagi, R. O., Mustar, M. Y., & Soesanti, I. (2021). Analysis of Induction Motor Performance Using Motor Current Signature Analysis Technique. *Journal of Electrical Technology UMY*, 5(1), PRESS.
<https://doi.org/10.18196/jet.v5i1.11764>
- Triyanto, A., Gunawan, W., Kusnadi, H., & Sunardi, A. (2022). *Praktikum Transformator* (A. Triyanto (ed.); Issue 1). UNPAM PRESS.
- Winarta, A., Rasta, I. M., Suamir, I. N., & Puja, I. G. K. (2021). Experimental Study of Thermoelectric Cooler Box Using Heat Sink with Vapor Chamber as Hot Side Cooling Device. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0736-3_37