

Rancang Bangun Sistem Kendali Dan Monitoring Pengolahan Air Limbah Berbasis PLC

M. Amin, Raja Harahap, Zulfadli Pelawi

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UISU-Medan

Amin3308@gmail.com; harahaprr@yahoo.com

Abstrak

Instansi pengolahan air limbah merupakan salah satu infrastruktur yang ada di industri manufaktur, hotel, rumah sakit dan lain-lain. pemilihan teknologi pengolahan air limbah harus dipertimbangkan terutama dibidang cara pengoperasiannya. Dimana pada sistem pengolahan limbah pada bidang industri, rumah sakit, hotel dan badan usaha lainnya pada umumnya pengoperasian dan pemantauan pada setiap tahapan prosesnya masih banyak yang menggunakan sistem secara manual sehingga mengakibatkan air limbah sering meluap. Untuk mengatasi permasalahan tersebut penulis merancang sebuah sistem kendali atau control untuk pengolahan air limbah yang dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis dan dapat. Alat ini terdiri dari tiga bagian yaitu input, proses, dan output. Dimana pada bagian input terdiri atas sensor level switch dan selektor switch, sensor level switch berfungsi untuk membaca level batas bawah dan level atas tanki sedangkan selektor switch berfungsi untuk pilihan pengoperasian pompa secara manual atau auto. Pada bagian proses alat yang digunakan adalah programmable logic controller (PLC) yang berfungsi untuk membaca sinyal yang dikirim sensor melalui digital input PLC dan kemudian akan mengontrol output berupa pompa sesuai dengan program yang dibuat. Pada bagian output terdiri dari pompa yang berfungsi untuk memindahkan air limbah dari tanki ke tanki sesuai tahapan prosesnya. Rancangan alat ini juga bisa di monitoring menggunakan laptop dengan harapan dapat mempermudah ataupun meringankan pekerjaan operator dalam memantau pengolahan air limbah tersebut.

Kata Kunci: Limbah, Sistem Kendali, PLC, Sensor, Monitoring

I. PENDAHULUAN

Sistem kendali secara otomatis di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi belakangan ini berkembang dengan pesat. Dengan adanya kemajuan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi menghasilkan inovasi baru yang berkembang menuju lebih baik. Hal ini dapat dilihat jangkauan aplikasinya mulai dari rumah tangga hingga industri dan badan usaha lainnya.

Dalam sistem pengolahan air limbah pemilihan teknologi sangat perlu terutama dibidang hal pengoperasiannya. Setiap jenis teknologi pengolahan air limbah mempunyai keunggulan dan kekurangannya masing-masing, oleh karena itu dalam hal pemilihan jenis teknologi tersebut perlu diperhatikan aspek teknis, aspek ekonomis, serta sumber daya manusia yang akan mengelola fasilitas tersebut. (Ir. Nusa Idaman Said; 2017).

Sistem pengolahan limbah pada bidang industri, rumah sakit, hotel dan badan usaha lainnya pada umumnya pengoperasian dan pemantauan pada setiap tahapan prosesnya masih secara manual.

Untuk mempermudah pengoperasian pengolahan air limbah tersebut perlu adanya sistem kontrol otomatis

Tujuan dari perancangan alat ini yaitu untuk menciptakan sebuah miniatur sistem control untuk pengolahan air limbah yang dapat dioperasikan secara manual dan auto.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

Limbah adalah buangan yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki di lingkungan karena tidak mempunyai nilai ekonomi. Limbah terdiri dari zat atau bahan buangan yang dihasilkan proses produksi industri yang kehadirannya dapat menurunkan kualitas lingkungan. Limbah yang mengandung bahan polutan yang memiliki sifat racun dan berbahaya dikenal dengan limbah B-3, yang dinyatakan sebagai bahan yang dalam jumlah relatif sedikit tetapi berpotensi untuk merusak lingkungan hidup dan sumber daya. Limbah dapat dikenali berdasarkan karakteristiknya, adapun karakteristik limbah adalah sebagai berikut:

1. Berupa partikel dan padatan, baik yang larut maupun yang mengendap, ada yang kasar dan ada yang halus. Berwarna keruh dan suhu tinggi.
2. Mengandung bahan yang berbahaya dan beracun, antara lain mudah terbakar, mudah meledak, korosif, bersifat sebagai oksidator dan reduktor yang kuat, mudah membusuk dan lain-lain.
3. Mungkin dalam jangka waktu singkat tidak akan memberikan pengaruh yang berarti, namun dalam jangka panjang mungkin berakibat fatal terhadap lingkungan.

Berdasarkan wujud atau karakteristiknya, limbah dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu sebagai berikut:

1. Limbah cair adalah limbah dalam wujud cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat mencemari lingkungan.
2. Limbah gas dan partikel adalah limbah yang banyak dibuang ke udara. Gas atau asap, partikulat, dan debu yang dikeluarkan oleh pabrik ke udara akan dibawa angin sehingga akan memperluas jangkauan pemaparannya. Partikel adalah butiran halus yang mungkin 5 masih terlihat oleh mata telanjang, seperti uap air, debu, asap, fume dan kabut.
3. Limbah padat adalah hasil buangan industri yang berupa padatan, lumpur, dan bubur yang berasal dari sisa proses pengolahan. Limbah ini dapat dikategorikan menjadi dua bagian, yaitu limbah padat yang dapat didaur-ulang (misalnya plastik, tekstil, potongan logam) dan limbah padat yang tidak memiliki nilai ekonomis.

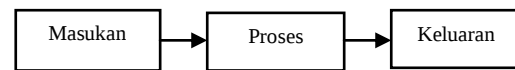
Berdasarkan sumbernya, limbah dapat digolongkan menjadi beberapa macam yaitu:

1. Limbah domestik atau rumah tangga adalah limbah yang berasal dari kegiatan pemukiman penduduk atau rumah tangga dan kegiatan usaha seperti pasar, restoran, gedung perkantoran dan sebagainya.
2. Limbah industri adalah merupakan sisa atau buangan dari hasil proses industri.
3. Limbah pertanian adalah limbah pertanian yang berasal dari daerah atau kegiatan pertanian maupun perkebunan.
4. Limbah pertambangan adalah limbah pertambangan yang berasal dari kegiatan pertambangan.
5. Limbah pariwisata adalah limbah limbah yang berasal dari sarana transportasi yang membuang limbahnya.
6. Limbah medis adalah limbah yang berasal dari dunia kesehatan atau limbah medis mirip dengan sampah domestik pada umumnya.

2.2 Sistem Kendali

Sistem kendali hampir ditemukan di setiap bidang mulai dari industri sampai pada kehidupan sehari-hari. Sistem adalah susunan komponen fisik yang terhubung atau terkait sedemikian rupa sehingga membentuk atau bertindak sebagai seluruh unit dalam satu kesatuan. Sedangkan kata kontrol atau kendali biasanya diartikan mengatur, mengarahkan, atau perintah. Dari kedua makna kata sistem dan kontrol/kendali, sistem kendali adalah suatu susunan komponen fisik yang terhubung atau terkait sedemikian rupa sehingga dapat memerintah, mengarahkan, atau mengatur diri sendiri atau sistem lain. Sistem kendali terdiri dari sub-sistem dan proses (atau plants) yang disusun untuk mendapatkan keluaran (output) dan kinerja yang diinginkan dari input yang diberikan. Gambar 2.1 memperlihatkan blok diagram untuk sistem kendali paling sederhana, sistem kendali membuat sistem dengan input yang diberikan

menghasilkan output yang diharapkan.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Kendali

2.3 Power Supply

Power Supply adalah sebuah piranti elektronika yang berguna sebagai sumber daya supaya piranti lain dapat bekerja. Catu daya memiliki rangkaian yang mengubah arus listrik AC menjadi DC. DC *Power Supply* atau Catu Daya ini juga sering dikenal dengan nama “Adaptor”. Catu daya memiliki 4 bagian utama agar dapat menghasilkan arus DC yang stabil. Keempat bagian tersebut diantaranya

- a. Transformator
- b. Penyearah (*Rectifier*)
- c. Penyaring (*Filter*)
- d. Regulator yang berfungsi sebagai penstabil tegangan.

2.4 Perangkat Masukan

2.4.1 Sensor

Sensor adalah jenis transduser yang digunakan untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor sering digunakan untuk pendeteksian pada saat melakukan pengukuran atau pengendalian.

2.4.2 Klasifikasi Jenis jenis Sensor

Sensor yang digunakan pada perangkat elektromik dan industri pada dasarnya dapat diklasifikasikan menjadi 2 kategori utama yaitu :

1. Sensor Pasif

Sensor Pasif adalah jenis sensor yang dapat menghasilkan sinyal output tanpa memerlukan pasokan listrik dari eksternal. Contohnya Termokopel (*Thermocouple*) yang menghasilkan nilai tegangan sesuai dengan panas atau suhu yang diterimanya.

2. Sensor Aktif

Sensor Aktif adalah jenis sensor yang membutuhkan sumber daya eksternal untuk dapat beroperasi. Sifat fisik Sensor Aktif bervariasi sehubungan dengan efek eksternal yang diberikannya. Sensor Aktif ini disebut juga dengan Sensor Pembangkit Otomatis (*Self Generating Sensors*).

3. Sensor Analog

Sensor Analog adalah sensor yang menghasilkan sinyal output yang kontinu atau berkelanjutan. Sinyal keluaran kontinu yang dihasilkan oleh sensor analog ini sebanding dengan pengukuran. Berbagai parameter Analog ini diantaranya adalah suhu, tegangan, tekanan, pergerakan dan lain-lainnya. Contoh Sensor

Analog ini diantaranya adalah akselerometer (accelerometer), sensor kecepatan, sensor tekanan, sensor cahaya dan sensor suhu.



Gambar 2. Sensor Level Transmitter

4. Sensor Digital

Sensor Digital adalah sensor yang menghasilkan sinyal keluaran diskrit. Sinyal diskrit akan non-kontinu dengan waktu dan dapat direpresentasikan dalam “bit”. Sebuah sensor digital biasanya terdiri dari sensor, kabel dan pemancar. Sinyal yang diukur akan diwakili dalam format digital. Output digital dapat dalam bentuk Logika 1 atau logika 0 (ON atau OFF). Sinyal fisik yang diterimanya akan dikonversi menjadi sinyal digital di dalam sensor itu sendiri tanpa komponen eksternal. Kabel digunakan untuk transmisi jarak jauh. Contoh Sensor Digital ini diantaranya adalah akselerometer digital (digital accelerometer), sensor kecepatan digital, sensor tekanan digital, sensor cahaya digital dan sensor suhu digital.



Gambar 3. Sensor Leve Switch

2.4.3 Selector Switch

Selector switch adalah suatu saklar atau kontak yang dapat berubah posisi dengan cara memutarnya secara manual. Selector switch mempunyai 2 sampai 8 posisi tergantung sesifikasi dari selectornya. Ada yang berlaku seperti toggle switch di mana selector dapat berhenti pada satu posisi, dan ada yang berlaku seperti push button, di mana setelah melakukan pemilihan maka selector akan kembali ke posisi semula atau posisi netral. Gambar 4 memperlihatkan sebuah selector switch.

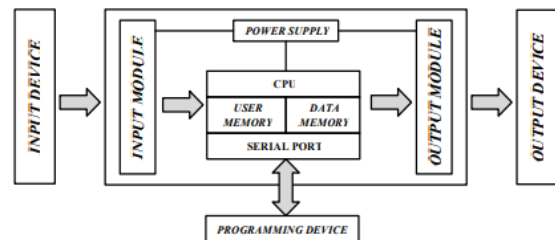


Gambar 4. Slector Switch

2.5 Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) adalah pengendali sistem otomatis yang sangat populer dalam industri manufaktur. Programmable

Logic Controller (PLC) dapat melakukan perhitungan-perhitungan aritmatika yang relative kompleks, fungsi komunikasi, dokumentasi dan lain sebagainya. Kontrol dari program PLC adalah menganalisa input kemudian mengatur output sesuai dengan keinginan pemakai. Peralatan input bisa berupa sensor, push button, limit switch, atau peralatan lainnya yang bisa menghasilkan sinyal yang bisa masuk ke input PLC. Sedangkan output bisa berupa switch yang bisa menyalakan lampu indikator, relay yang menggerakkan motor atau peralatan lain yang bisa digerakkan oleh sinyal output PLC. Gambar 5 memperlihatkan Program Logic Controller



Gambar 5. Programmable Logic Controller

Keunggulan PLC dibandingkan sistem kontrol konvensional yaitu:

1. Fleksibilitas, sebelum ditemukan PLC, setiap mesin mempunyai alat kendali tersendiri, misalkan terdapat 10 buah mesin maka alat pengendali yang diperlukan juga terdapat 10 buah. Dengan PLC maka untuk mengendalikan beberapa mesin hanya memerlukan 1 buah PLC saja. Sehingga sistem ringkas dan kabel yang digunakan semakin sedikit, tidak perlu banyak ruang untuk menempatkannya.
2. Kemudahan dalam koreksi dan perubahan suatu program.
3. Kecepatan operasi mencapai 0,01 detik.
4. Metode pemrograman mudah dipelajari dan bermacam-macam (Ladder Diagram, STL, FBD).
5. Menyederhanakan komponen-komponen sistem kontrol seperti relay, timer, counter, dsb karena PLC sudah mencakup semuanya.
6. Penambahan atau memodifikasi rangkaian lebih mudah dan cepat

Di samping keunggulan yang dimiliki oleh PLC, terdapat juga beberapa kelemahan yaitu:

1. Keadaan lingkungan tempat instalasi mempengaruhi kinerja PLC
2. Harga relatif tinggi jika dibandingkan dengan kontroler lain
3. Memerlukan perawatan berkala agar kinerjanya tetap maksimal
4. Pemasangan/instalasi harus di berikan pengamanan agar tidak terjadi short circuit dan merusak PLC

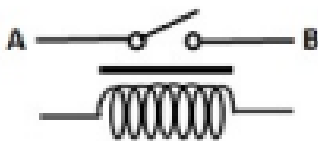
Secara umum PLC terdiri dari beberapa bagian yaitu catu daya (Power Supply), Control Processing Unit (CPU), modul masukan (input) dan modul keluaran (output). Catu daya (Power Supply) berfungsi untuk mengubah arus AC dari main power ke power DC yang dibutuhkan oleh PLC. Modul masukan (input) merupakan alat penghubung antara perangkat masukan (sensor, saklar, push button, dan lain-lain) dengan CPU. Sedangkan modul keluaran (output) merupakan penghubung antara CPU dengan perangkat keluaran, yaitu suatu peralatan yang dijalankan atau dikontrol oleh PLC. Alat yang termasuk perangkat keluaran antara lain : motor, solenoid, lampu, relay ataupun suatu alat pengendali (controller) yang lain. Modul masukan dan keluaran ini disebut juga bagian I/O (masukan/keluaran).



Gambar 6. Bentuk fisik PLC LE3U

2.6 Perangkat Keluaran (Relay)

Relay merupakan suatu peranti yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk memutus atau menyambungkan aliran listrik secara tidak langsung. Relay disebut juga saklar magnet. Relay mempunyai dua bagian utama yaitu kumparan (coil) yang dikendalikan secara elektromagnetik dan saklar (switch) yang dikendalikan secara mekanik. Gambar 2.19 memperlihatkan 46etika sebuah relay. Sedangkan Gambar 7 memperlihatkan symbol relay NO dan NC.



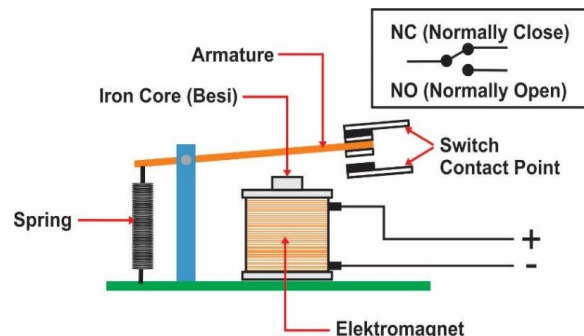
Gambar 7. 1Relay

Adapun bentuk fisik relay dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Bentuk fisik relay

Relay sebagai komponen terbagi menjadi 4, yaitu 46 etika 46 magnet atau coil, armature, switch contact point (saklar), dan juga spring. Namun perlu diketahui jika contact point relay terdiri dari 2 bagian, yaitu Normally Close (NC). Ini merupakan kondisi awal *ketika* diaktifkan akan selalu berada di posisi Close. Bagian yang kedua adalah Normally Open (NO), dimana merupakan kondisi yang permulaan. Sebelum diaktifkan, maka akan berada di posisi Open.



Gambar 9. Rangkaian dalam Relay

III. METODE PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data pada penelitian ini diperoleh dari dua sumber, yaitu:

- Sumber data primer
Sebagian data tersebut diperoleh lewat wawancara dengan teknisi yang ada pada area pengolahan limbah yang menjadi tempat penelitian, beberapa data yang diperoleh juga melalui pengalaman dilapangan sehingga diangkat sebagai pembandingan.
- Sumber data sekunder
Pada tahap ini data diperoleh secara tidak langsung melainkan melalui media perantara, seperti jurnal yang terdapat di beberapa website.

3.2 Spesifikasi Perancangan

Sebelum merancang blok diagram dan rangkaian terlebih dahulu membuat spesifikasi sistem dimana spesifikasi sistem adalah sebagai berikut :

- 1.Sumber Tegangan : 220 Volt AC (Alternating Current)
- 2.Power supply : 24 Volt DC dan 12 VDC
- 3.Software : GX-WORK dan Easy Builder Pro
- 4.Mikrokontroler : PLC LE3U
- 5.Input : Sensor level Switch
Selektor Switch
- 6.Output : Pompa
Pilot Lamp
Relay

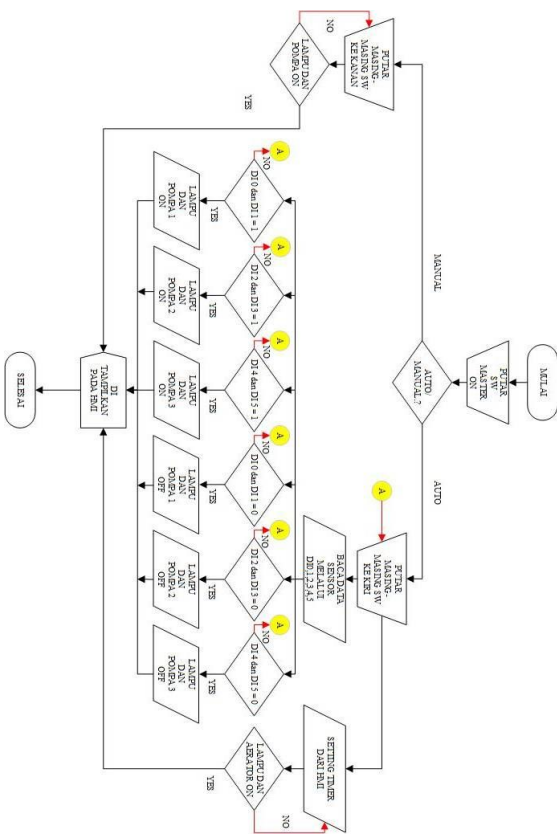
3.3 Instrumen Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, diperlukan beberapa instrument antara lain:

- 1. Komputer/labtop, digunakan untuk memprogram PLC.
- 2. Kabel program RS232, digunakan sebagai media untuk menghubungkan komputer dengan PLC saat memprogram.
- 3. Tang amper, digunakan untuk mengukur beban keseluruhan alat saat beroperasi.
- 4. Grinda tangan, digunakan untuk memotong holo aluminium untuk tulangan box panel.
- 5. Bor tangan, digunakan untuk melobangi box panel.
- 6. Mata bor nachi, sebagai media utama pada bor untuk melobangi box panel.
- 7. Tab, digunakan untuk membuat drat pada besi dan juga akrilik.
- 8. Olso, digunakan untuk memberikan lubang bulatan pada bx panel.
- 9. Toolkit, digunakan sebagai alat bantu dalam perakitan alat ini.
- 10. Tang rivet, digunakan untuk menyambungkan tulangan box panel

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian alat ini dilakukan untuk melihat kinerja keseluruhan komponen apakah bekerja sesuai dengan yang di inginkan. Metode yang digunakan dalam pengujian alat ini adalah dengan melakukan pengamatan langsung pada sistem yang telah di buat kemudian mencatat hasil keluaran berupa tegangan dan status on/off . Pengujian yang dilakukan bervariasi untuk memperoleh perbandingan nilai.



Gambar 10. Diagram Alir sistem

4.1 Hasil Pengujian Selektor Switch Manual

Hasil pengujian Selektor Switch Manual dapat dilihat pada Tabel 1. :

Tabel 1. Hasil Pengujian Selektor Switch Manual

NO	Selektor Switch	Posisi	Pump 1	Pump 2	Pump 3	Aerator
1	1	Manual	ON	OFF	OFF	OFF
2	2	Manual	OFF	ON	OFF	OFF
3	3	Manual	OFF	OFF	ON	OFF
4	4	Manual	OFF	OFF	OFF	ON

4.2 Hasil Analisa Pengujian Sensor Level switch

Hasil pengujian untuk masing-masing level switch tiap tanki dapat dilihat pada Tabel 2.

:

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Level Switch

NO	Sensor Level Switch	Digital Input		Keterangan
		Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	
1	1	✓	x	Bagus
2	2	✓	x	Bagus
3	3	✓	x	Bagus
4	4	✓	x	Bagus
5	5	✓	x	Bagus
6	6	✓	x	Bagus

Dari tabel diatas dapat di lihat bahwa semua sensor yang digunakan masih berfungsi dengan baik karena masih dapat dideteksi oleh digital input PLC.

4.3 Hasil Analisa Pengujian Beban Alat

Hasil pengujian untuk mengetahui jumlah beban seluruh alat dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Hasil Pengukuran Beban Alat

NO	Besar Arus (Ampere)	Status Pompa			
		1	2	3	Aerator
1	0,302	ON	OFF	OFF	OFF
2	1,068	ON	ON	OFF	OFF
3	1,505	ON	ON	ON	OFF
4	1,677	ON	ON	ON	ON



Gambar 11. Bentuk Alat Secara Keseluruhan

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian alat yang dilakukan dapat disimpulkan diantaranya :

1. Alat prototype untuk control pengolahan limbah ini bisa di operasikan dengan dua cara yaitu secara Manual dan otomatis.
2. Sistem control masih menggunakan sensor digital
3. Alat ini bisa dioperasikan melalui dari panel dan personal computer atau labtop.
4. Alat ini sudah dilengkapi dengan tampilan status on/off pompa dan level tangki penuh dan level tangki habis.
5. Besar Arus alat ini pada saat semua pompa dalam keadaan hidup adalah sebesar 1,667 A.

5.2 Saran

1. Untuk penggunaan alat ini apabila di aplikasikan langsung dalam dunia industri sebaiknya menggunakan sensor analog supaya level tangki dapat dipantau mulai dari 0% sampai 100% .
2. Untuk penggunaan skala control dan pembacaan status yang lebih banyak sebaiknya menggunakan IO PLC yang lebih banyak dan menggunakan PLC jenis modular.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anlexi, 2021. *Aplikasi Selang Polyurethane* Semarang. (<https://www.alenxi.com/blog/aplikasi-selang-polyurethane>) Diakses 30 Oktober 2022
- [2]. Dickson Kho, 2022. *Pengertian Sensor dan Jenis-jenis Sensor*. <https://teknikelektronika.com/pengertian-sensor-jenis-jenis-sensor/> Diakses 30 Oktober 2022.
- [3]. Faizal Arya Samman, 2016. “*Dasar Sistem Kendali*”. Lembaga Sains, Teknologi dan Seni (Institute of Sciences, Technologies and Arts – IESTA). Sulawesi Selatan.
- [4]. Handy Wicaksono, 2009. “*Programmable Logic Controller-Teori, Pemrograman dan Aplikasinya dalam Otomasi Sistem*”. Graha Ilmu, Jogjakarta.
- [5]. Iebhe, 2009. *Apa itu PLC dan Apa Fungsinya*. (<https://ndoware.com/apa-itu-plc.html>). Diakses 6 maret 2022
- [6]. Iwan Setiawan, 2006. “*Programmable Logic Controller dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol*”. Andi Yogyakarta.
- [7]. Kelas PLC. *Perbedaan Antara PLC Modular dan PLC Compact*”. (<https://www.kelasplc.com/perbedaan-plc-modular-dan-compact/>). Diakses 6 maret 2022
- [8]. MN Nazif, 2018. *Pengertian, Prinsip Kerja Catu Daya*, (http://eprints.undip.ac.id/67144/6/Bab_2.pdf). Diakses 6 maret 2022
- [9]. Muslim Mahardika, Andi Sudiarso, Gunawan Setia Prihandana. 2021 *Perancangan dan Manufaktur Pompa Sentrifugal*”.UGM PRESS
- [10]. Novi Puji Astuti, 2021. *Mengenal Fungsi MCB pada Instalasi Listrik berikut Pengertian dan Jenisnya*”. Jawa Barat. (<https://www.merdeka.com/jabar/mengenal-fungsi-mcb-pada-instalasi-listrik-berikut-pengertian-dan-jenisnya-kln.html>). Diakses 30 Oktober 2022
- [11]. PDAControl, 2019. *Revision Hardware PLC Lollette FX3U 14MR/LE3U/FX3U/FX3UC Part 1*. (<http://pdacontrolen.com/revision-hardware-plc-lollette-fx3u-14mr-le3u-fx3u-fx3uc-part-1/>)Diakses 30 Oktober 2022
- [12]. Syahril Ardi, Sirin Fairus, Sekar Sugmanigrum, 2020. *Disain Sistem Kendali dan Monitoring Proses Instalasi Pengolahan Air Limbah Buanqan Bolier Berbasis PLC dan HMI (Human Machine Interface)*”. LP2M Politeknik Manufaktur Astra.
- [13]. Zam zami, 2010. *Analisa Valve dan Kerusakannya*”. Pontianak.