

MODEL SISTEM OTOMATIS *WATER TREATMENT PLANT* MENGGUNAKAN PLC BERBASIS *WIRELESS*

Rendi Priyatna¹, Firmansyah M S Nursuwars², Asep Andang³
Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia¹³
Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia²
email: 167002063@student.unsil.ac.id¹

Abstract

Conventional water treatment process such as intake, coagulation, flocculation, sedimentation, filtration, disinfection and reservoir are carried out manually starting from turning on the intake pump, backwash process, and monitoring other instruments in the water treatment process. However, Human errors often occur which result in accidents such as leakage of distribution pipes, mismatches of production data with distribution etc. The solution to this problem is that each process is installed with sensors to find out the condition of the process then the data from the sensors installed in the plant are processed by the PLC, so that the water treatment process can be carried out automatically, then the process data is transmitted to the server using wireless to be processed and become an information that is displayed in the HMI. From the results of this study, it was found that the design of the automatic water treatment plant system model in handling the scheduling of pump intake, distribution, and backwash firing as well as well-filled data reports with data accuracy reaching 91.82% to 100% in wireless range <80 meters without obstruction. This can minimize errors due to human errors committed by operators and assist the reporting system for companies engaged in water treatment plant.

Keywords: HMI, PLC, Water Treatment Plant, Wireless.

Abstrak

Dalam proses pengolahan air secara konvensional seperti *intake*, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi dan reservoir dilakukan secara manual mulai dari menyalakan *pump intake*, proses *backwash*, dan pemantauan alat instrument lainnya yang ada pada proses pengolahan air. Namun seringkali terjadi *human error* yang mengakibatkan kecelakaan seperti kebocoran pipa distribusi, ketidaksesuaian data produksi dengan distribusi dll. Untuk menangani masalah tersebut setiap proses dipasang sensor untuk mengetahui kondisi proses tersebut kemudian data-data dari sensor yang terpasang pada plant diolah oleh PLC sehingga proses pengolahan air dapat dilakukan secara otomatis, kemudian data proses tersebut di transmisikan ke *server* menggunakan *wireless* untuk diolah dan menjadi sebuah informasi yang ditampilkan dalam HMI. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa rancangan model sistem otomatis *water treatment plant* dalam menangani hal *scheduling* penyalakan *pump intake*, distribusi, dan *backwash* serta *report* data yang terakuisi dengan baik dengan keakurasian data mencapai 91.82% sampai 100% dalam jangkauan *wireless* < 80 meter tanpa halangan. Hal ini dapat meminimalisir kesalahan akibat *human error* yang dilakukan oleh operator dan membantu sistem *report* pada perusahaan yang bergerak di bidang *water treatment plant*.

Kata Kunci: HMI, PLC, Water Treatment Plant, Wireless.

I. PENDAHULUAN

Air merupakan sebuah kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia, dimana air digunakan untuk minum, mandi, dan mencuci [1], menurut Kepmenkes RI No 907/MENKES/SK/VII/2002 kebutuhan air harus tercukupi berdasarkan kuantitas, kontinuitas dan kualitas yang melalui proses pengolahan memenuhi syarat kesehatan (bakteriologis, kimiawi, radioaktif, dan fisik).

Dalam proses pengolahan air terdiri dari beberapa tingkatan pengolahan yaitu *intake*, *koagulasi*, *flokulasi*, *sedimentasi*, *filtrasi*, dan *reservoir*. tetapi, dalam pengolahan secara konvensional proses tersebut dikerjakan secara manual. Mulai dari penyalakan *pump intake*, *pump* distribusi, proses *backwash*, dan *report* data pendapatan. Namun sering kali terjadinya *human error* yang mengakibatkan beberapa kecelakaan seperti kebocoran pada pipa distribusi akibat *pressure* pada pipa terlalu besar, kecurangan dalam hal membuat laporan distribusi yang mengakibatkan kerugian pada perusahaan dll.

Pada bidang otomatisasi dan kontrol yang baik sangat diperlukan dalam menangani sistem yang kompleks yang memerlukan waktu yang cepat, dan tepat yaitu dengan memanfaatkan otomatisasi berbasis PLC dengan standar dan kualitas yang sudah tidak diragukan lagi terhadap keadaan sistemnya di dunia industri [2].

Penggunaan jaringan *wireless* merupakan salah satu alternatif terbaik dalam membangun jaringan yang praktis dan dapat meningkatkan mobilitas pada *user* [3]. Maka menurut permasalahan tersebut dibuatlah model sistem otomatis *water treatment plant* menggunakan PLC berbasis *wireless* dalam jangkauan komunikasinya, dengan begitu dapat meminimalisir kesalahan *human error* karena sistem WTP dan *report* nya dikerjakan secara otomatis.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. WTP (Water Treatment Plant)

Water treatment plant merupakan proses pengolahan air yang bertujuan untuk menjernihkan air hingga siap pakai. Dalam proses pengolahan air terdiri dari *intake*, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, dan reservoir [4].

B. OMRON CP1L-E

CP1L-E adalah salah satu series PLC yang dikeluarkan oleh omron yang *support* terhadap Modbus TCP dengan transmisi data melalui *port ethernet* [5]. Seperti yang ditunjukkan pada Gbr 1.



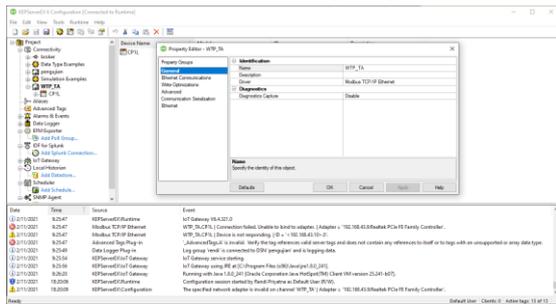
Gbr 1. OMRON CP1L-E

C. HMI (Human Machine Interface)

HMI merupakan sebuah sarana atau media antara machine dengan manusia dimana HMI mengumpulkan dan mengolah data dari machine menjadi informasi yang dapat dimengerti oleh manusia [6].

D. OPC (Open Platform Communication)

OPC adalah sebuah platform komunikasi yang dapat menerima data dari PLC, DCS, mikrokontrol, transmitter-transmitter sensor, aplikasi perangkat lunak, atau lainnya. Sebab OPC dapat menerima dan mengolah base data apa yang diterimanya. Tidak peduli dari mana data itu berasal, asalkan dasar komunikasinya apa dan seperti apa yang digunakan. Sehingga dapat di proses oleh OPC untuk dikomunikasikan dengan yang lainnya. Salah satu jenis OPC yaitu KepserverEx PTC.Inc [7]. Seperti pada Gbr 2.



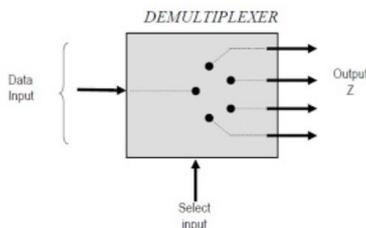
Gbr 2. Software OPC

E. Komunikasi Wireless

Komunikasi wireless merupakan sebuah jenis komunikasi tanpa kabel yaitu dengan memanfaatkan frekuensi radio dan IR untuk memberi sebuah koneksi jaringan ke seluruh dalam area sekitarnya. Area jangkauan wireless tergantung spesifikasi hardware yang digunakannya [8].

F. Demultiplexer Analog

Demultiplexer analog seperti pada Gbr 3, untuk mengatasi keterbatasan jumlah kanal ADC (analog digital konverter) dari sebuah device kontrol sehingga dapat menampung lebih banyak channel analog [9].



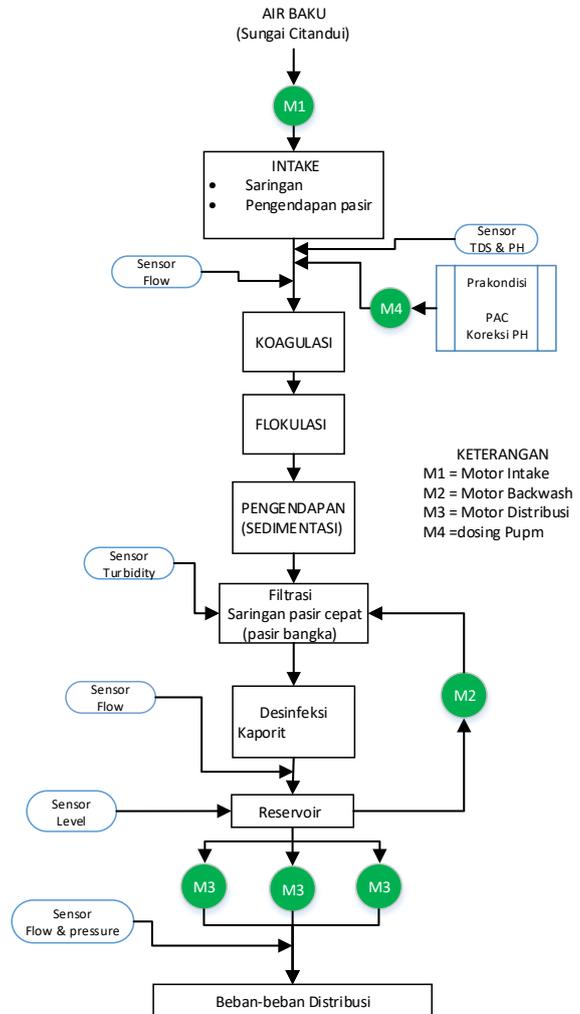
Gbr 3. Demultiplexer

III. METODE

Bagian ini berisi mengenai penjelasan metode yang digunakan dalam penelitian. Mulai dari perencanaan dan perancangan. Tahap perancangan terdiri dari dua bagian yaitu perancangan hardware dan software.

A. Perencanaan Sistem

Perencanaan sistem otomatis pada model Sistem WTP seperti pada Gbr 4 mengenai peletakan titik-titik sensor dan aktuator untuk tujuan pembuatan model sistem otomatis water treatment plant.

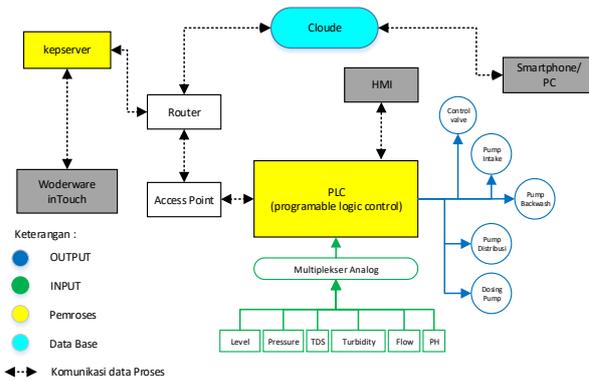


KETERANGAN
 M1 = Motor Intake
 M2 = Motor Backwash
 M3 = Motor Distribusi
 M4 =dosing Pupm

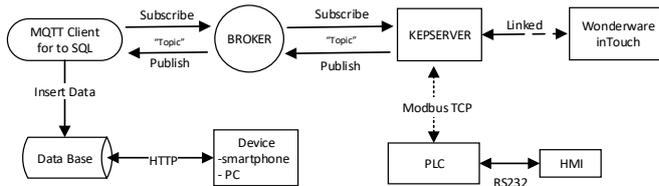
Gbr 4. Arsitektur

B. Perancangan Sistem

Perancangan sistem menggambarkan keseluruhan sistem yang dibuat yang dituangkan dalam bentuk blok diagram sistem dan sistem komunikasi yang telah dirancang seperti pada Gbr 5 dan Gbr 6.



Gbr 5. Blok diagram Sistem

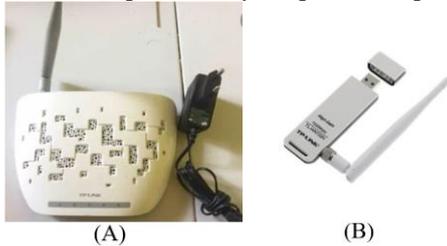


Gbr 6. Komunikasi Sistem

Pada tahap perancangan sistem dilakukan juga pemilihan spesifikasi untuk kebutuhan sistem ini. Pemilihan spesifikasi didasarkan pada kebutuhan yang telah dipertimbangkan di lapangan.

1) Wireless Adapter

Ada 2 jenis wireless adapter yang digunakan seperti pada Gbr 7. Pada sisi PLC menggunakan TP-LINK WA7001ND sebagai media komunikasi PLC melalui wireless, kedua pada sisi PC menggunakan TP-LINK WN722N. Untuk spesifikasinya dapat dilihat pada Tbl 1.



Gbr 7. Wireless Adapter

(A) TP-LINK TL-WA701ND, (B) TP-LINK TL-WN722N

Tbl 1. Spesifikasi Wireless adapter

No	Spesifikasi	TL-WN722N	TL-WA701ND
1.	Power Suplay	5V/0.5 A	9V/0.6 A
2.	Frekuensi	2.4Ghz	2.4 Ghz
3.	Antena	4 dbi	5 dbi
4.	Koneksi	USB 2.0	Ethernet
5.	Mode Oprasi	Client	Acces Point, Client, WDS, Bridge with AP.

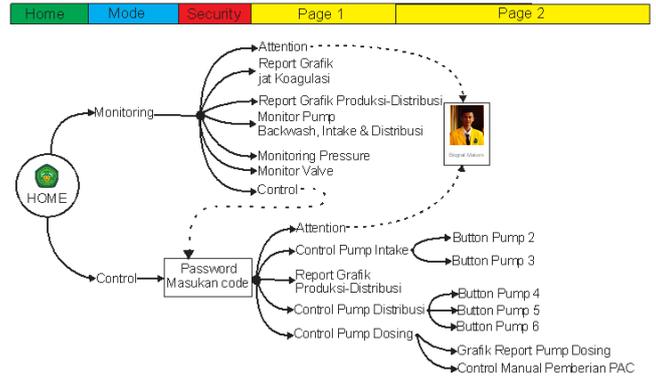
C. Desain Interface

Perancangan untuk desain interface terbagi menjadi 3 bagian yang masing-masing ditempatkan di tempat berbeda sesuai kegunaannya. Seperti pada Gbr 8.

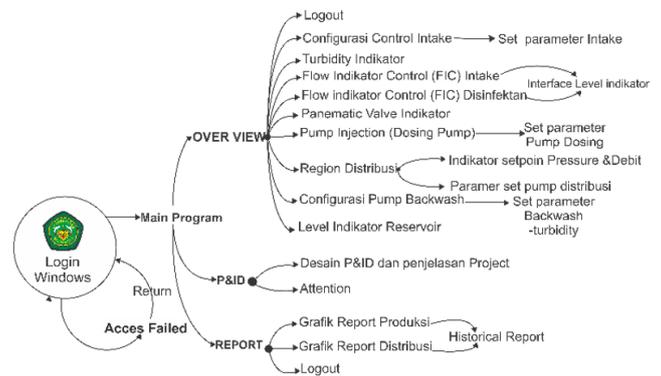


Gbr 8. Blok Region Interface

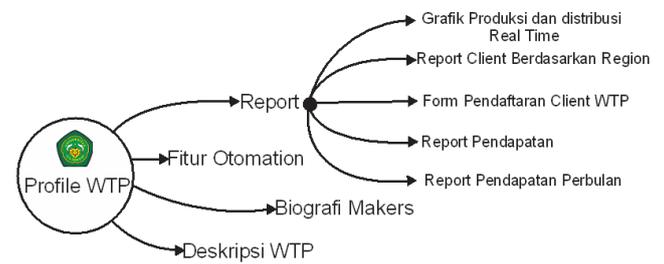
Perancangan Desain Interface untuk HMI dapat dilihat seperti pada Gbr 9, untuk desain interface pada wonderware seperti pada Gbr 10, dan untuk desain interface pada WEB seperti pada Gbr 11, semuanya menggambarkan fitur yang akan ditampilkan pada masing-masing blok region interface.



Gbr 9. Desain perancangan interface HMI



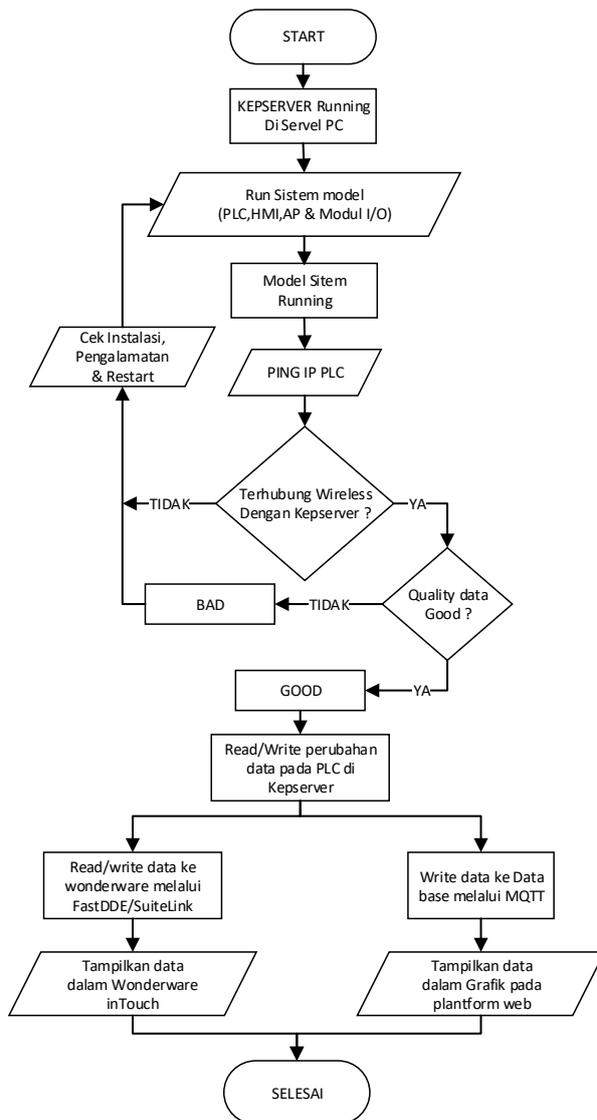
Gbr 10. Desain perancangan interface Wonderware inTouch.



Gbr 11. Desain perancangan interface WEB

D. Flowchart Sistem

Flowchart sistem dapat dilihat pada Gbr 12, berisi tentang awal mula dari menjalankan OPC (kepservers) dan modul sistem, menghubungkan model sistem dengan OPC sampai data dapat diakses dari wonderware dan web.

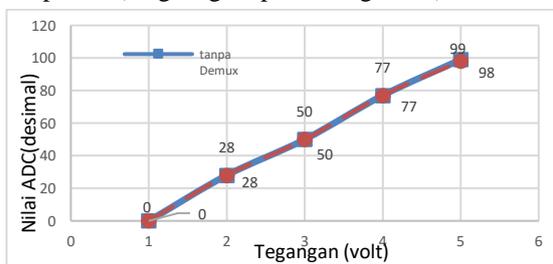


Gbr 12. Flowchart Sistem

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Demultiplexer

Pada pengujian demultiplexer dilakukan dengan memberikan tegangan ke Modul demultiplexer rentang 1-5 volt dan dibandingkan dengan data ADC tanpa demultiplexer (langsung ke pin analog PLC).



Gbr 13. Pengujian Demultiplexer

Dari hasil pengujian terlihat pada Gbr 13 error terjadi ketika demultiplexer diberi tegangan 5 volt, jadi untuk rata-rata error nya adalah:

$$\% \text{ error} = \frac{\sum x - \sum y}{\sum y} = \frac{253 - 254}{254} \times 100\% = 0.39\% \quad (1)$$

Dimana : x = demux
y = tanpa demux

Jadi untuk presentase error menggunakan demultiplexer analog pada PLC sebesar 0.39 %.

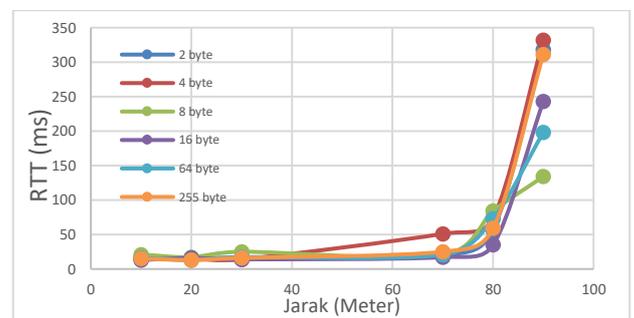
B. Pengujian Komunikasi Data

Pada tahap pengujian ini dilakukan dengan melihat seberapa akurat data yang di request dengan yang diterima dan melihat data apa yang dikirim dengan yang di terima dan berapa waktu yang diperlukan untuk proses transaksi data tersebut.

1) Performance Transfer data wireless



Gbr 14. Teknis pengujian performance transfer data wireless



Gbr 15. Pengujian Performance Transfer data wireless

Tbl 2. Rata-rata pengujian performance data wireless

Jarak (meter)	RTT (ms)	RTO
10	16	0
20	14.83	0
30	17.16	0
40	18.33	0
50	14	0
60	25.5	0
70	25.67	0
80	63.67	0
90	256	2

Untuk teknis pengujian seperti pada Gbr 14 dan pengujian performance transfer data secara wireless seperti pada Gbr 15, didapatkan bahwa nilai RTT akan semakin naik berdasarkan jumlah data. Menurut Tbl.2 rata-rata hasil pengujian pada jarak 90 meter sering terjadi RTO (request time out). Jadi untuk jarak transfer ideal <80 meter.

2) Pengiriman Data Ke OPC

Pada pengujian transfer data dari PLC ke OPC yang menggunakan protokol Modbus TCP seperti yang terlihat pada Tbl 3 akurasi mencapai 100% jumlah data yang di transfer dengan yang diterima itu sama, namun pada saat timepulse pengiriman dipercepat sampai 0.1 detik sekali, ada loss sebanyak 6 data, jadi akurasi ketika 0.1 detik sekali adalah 94%.

Tbl 3. Pengujian transfer data PLC ke OPC

No	Time pulse (detik)	Uji sampel pengiriman	Jumlah data diterima	Data Error rata-rata (%)	Defferentiation time rata-rata (detik)
1	3	100x	100x	0	0
2	1	100x	100x	0	0
3	0.5	100x	100x	0	0
4	0.1	100x	94x	0	0

3) Pengujian Insert data ke Database



Gbr 16. Teknis pengujian insert data ke database

Teknis pengujian *insert database* melalui protokol MQTT dapat dilihat seperti Gbr 16 dan untuk hasil yang diperoleh seperti pada Tbl 4, dimana akurasi mencapai 100% , dalam waktu pengiriman sekitar 0 – 1,15 detik.

Tbl 4. Pengujian insert data ke database

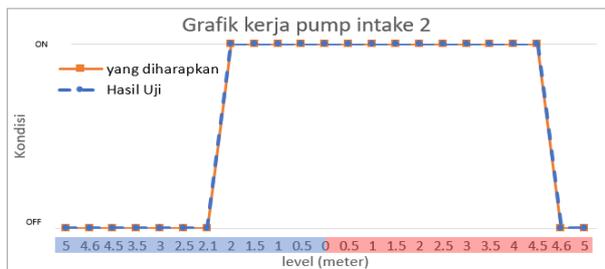
No	Time pulse (detik)	Uji sampel	Jumlah data diterima	Data Error (%)	Defferentiation time rata-rata (detik)
1	3	100x	100x	0	-0.87
2	1	100x	100x	0	0
3	0.5	100x	100x	0	-0.23
4	0.1	100x	100x	0	- 1.15

C. Pengujian Sistem

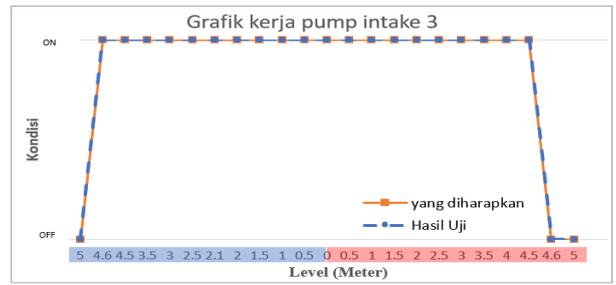
Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem sesuai dengan yang direncanakan atau tidak, seperti pengujian kontrol *pump intake*, distribusi, *backwash*, dan alarm untuk emergensi, semua hal itu di ujikan dalam bentuk simulasi.

1) Simulasi dan pengujian indikator kontrol *pump intake*

Pada pengujian ini dilakukan pengujian penyalan *pump intake* secara otomatis pada ketinggian bak reservoir 2 sampai 4.5 meter, pengujian ini dilakukan dengan menurunkan level air pada bak reservoir kemudian menaikannya kembali sampai mencapai ketinggian lebih dari 4.5 meter.



Gbr 17. Grafik kerja *pump intake* 2 otomatis



Gbr 18. Grafik kerja *pump intake* 3 otomatis

■ = Penurunan level (meter)
■ = Penaikan level (meter)

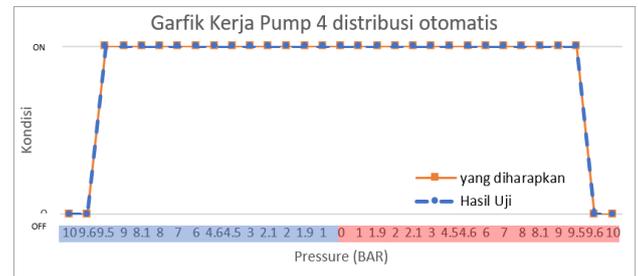
Untuk pengujian simulasi otomatis penyalan *pump 2* pada Gbr 17 dan *pump 3* pada Gbr 18 diperoleh sesuai dengan yang diharapkan dimana hasil pengujian sesuai dengan algoritma yang ditanamkan pada PLC.

2) Simulasi dan pengujian kontrol *pump* distribusi

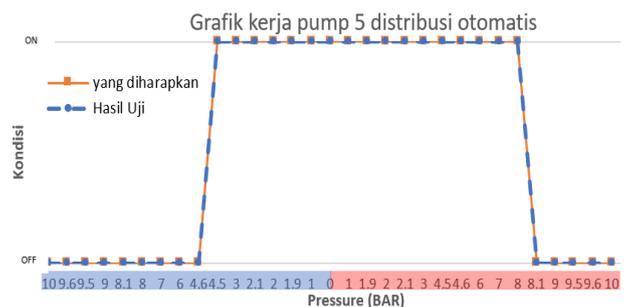
Pada pengujian simulasi indikator kontrol *pump* distribusi dilakukan dengan menurunkan nilai *pressure* dan menaikannya kembali. Untuk set value pengujian otomatis distribusi dapat dilihat pada Gbr.19.

value Sensor Pressure		
Parameter	Min	Max
Pump 4	0	9.5
Pump 5	4.5	8.0
Pump 6	2.0	8.0

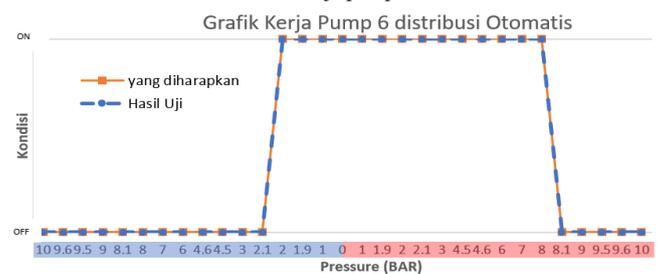
Gbr 19. value sensor *pump* distribusi otomatis



Gbr 20. Gambar kerja *pump* 4 distribusi otomatis



Gbr 21. Gambar kerja *pump* 5 distribusi otomatis



Gbr 22. Gambar kerja *pump* 6 distribusi otomatis

Keterangan :

- = Penurunan *Pressure* (BAR)
- = Peningkatan *Pressure* (BAR)

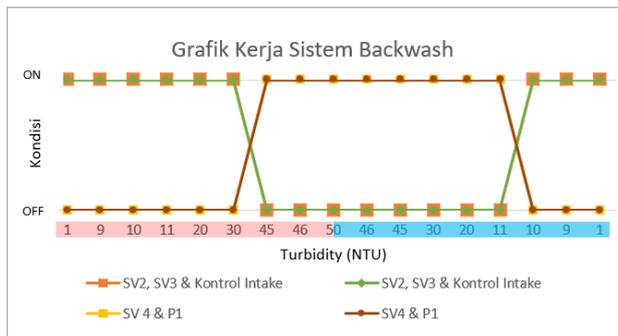
Untuk pengujian sistem indikator kontrol distribusi sesuai dengan perancangan dimana data *out pump 4, pump 5, pump 6* pada distribusi yang dapat dilihat pada Gbr 20, Gbr 21, Gbr 22, bekerja sesuai dengan parameter *pressure* sudah di tentukan sebelumnya.

3) Simulasi dan pengujian kontrol *pump backwash*

Pengujian ini dilakukan dengan menaikkan dan menurunkan nilai *turbidity* dan melihat respon pada sistem *backwash* bekerja sesuai rancangan atau tidak, untuk sistem *backwash* terdiri dari selenoid *valve 2, solenoid valve 3, Solenoid valve 4, dan pump 1*, yang mempengaruhi kerja kontrol *intake* ketika *backwash* dalam posisi *running*. untuk *set value* kerja *backwash* dapat dilihat pada Gbr 23.

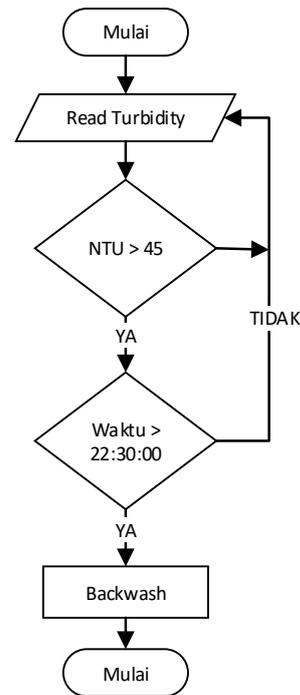


Gbr 23. Konfigurasi *set-value turbidity* kontrol *backwash*



Gbr 24. Konfigurasi *set-value turbidity* kontrol *backwash*

Proses *backwash* akan terjadi apabila nilai *turbidity* memenuhi *set value* yang di atur sebelumnya seperti yang terlihat pada Gbr 24. *Pump1* dan Solenoid *valve 4* akan aktif ketika kondisi *turbidity* bernilai 45 NTU. Kemudian untuk *SV2, SV3* dan kontrol *intake* akan mati sampai kondisi *turbidity* kembali lagi mencapai nilai terendah yaitu 10 NTU. Perubahan dan memenuhi syarat waktu seperti yang ditunjukkan oleh Gbr 24.



Gbr 25. Flowchart kerja sistem *backwash*

Proses *backwash* selain dari parameter *turbidity* juga dipengaruhi berdasarkan waktu, apabila kondisi waktu belum memenuhi syarat maka *backwash* tidak dapat dilakukan. Seperti yang dijelaskan pada Gbr 25.

4) Simulasi dan pengujian Emergensi

Pada pengujian ini dilakukan simulasi emergensi pada sistem *water treatment* yang sudah dirancang dengan memberi parameter-parameter yang dapat membuat sistem dalam mode emergensi seperti, *over current pump 4, pump5, pump6* dan dengan menekan *push button* emergensi pada *plant*.

Tbl 5. Pengujian mode emergensi

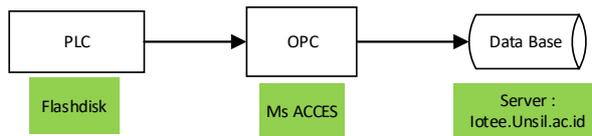
No	Name device	Kondisi	Pop-up Indikator		Buzzer
			HMI	WW	
1	Emergency button	ON	Muncul	Muncul	Bunyi
		OFF	Tidak Muncul	Tidak Muncul	Tidak bunyi
2	Over current Pump 4	ON	Muncul	Muncul	Bunyi
		OFF	Tidak Muncul	Tidak Muncul	Tidak bunyi
3	Over current Pump 5	ON	Muncul	Muncul	Bunyi
		OFF	Tidak Muncul	Tidak Muncul	Tidak bunyi
4	Over current Pump 6	ON	Muncul	Muncul	Bunyi
		OFF	Tidak Muncul	Tidak Muncul	Tidak bunyi

Hasil pengujian sistem emergensi yang dapat dilihat pada Tbl 5. Pengujian sesuai dengan perencanaan dimana semua kondisi emergensi dapat memberikan notifikasi pada HMI, WW, dan *buzzer* yang berbunyi di *plant*.

5) Pengujian akurasi data sistem

Pada pengujian tahap ini, dilakukan pengiriman data dari PLC ke OPC kemudian ke *database* berdasarkan 110 sample yang dilakukan, pada setiap tahap data disimpan dan dibandingkan untuk mengetahui keakurasiannya, dan lama

waktu pengirimannya, untuk teknis pengujian seperti pada Gbr 26.



Gbr 26. Teknis Pengujian akurasi data sistem

Tbl 6. Rata-rata Pengujian akurasi data sistem

Bagian	PLC	OPC	Database
Error pengiriman data (%)		0%	1.33%
Akurasi data pengiriman (%)	100%		91,82%
Waktu pengiriman (detik)		1	3

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan menurut 110 sample yang diberikan seperti pada Tbl 6, diperoleh rata-rata *error* pengujian yang ditunjukkan seperti pada Tbl, untuk ke akurasian pengiriman data sensor sampai ke *database* 91.82 - 100 % dengan waktu pengiriman 4 detik yang mana 1 detik dari pengiriman PLC ke OPC menggunakan protokol Modbus TCP dan 3 detik dari OPC ke *database* menggunakan protokol MQTT.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa model sistem otomatis *water treatment plant* dapat dibuat dalam model otomatisnya dalam menangani hal *scheduling* penyalan *pump intake* berdasarkan kontrol level pada bak reservoir, *scheduling* penyalan *pump* distribusi berdasarkan kontrol *pressure* pada pipa distribusi, *scheduling* penyalan *backwash* berdasarkan waktu dan kontrol *turbidity* pada bak filtrasi, dan sistem *report* yang terakuisi.

Model sistem ini dapat bekerja dan mengirimkan data tanpa terjadi RTO < 80 meter dengan keakurasian data pengiriman dari PLC sampai ke *database* sekitar 91,82 - 100% dengan lama waktu pengiriman rata-rata selama 4 detik dimana 1 detik dari PLC ke OPC menggunakan protokol modbusTCP dan 3 detik dari OPC ke *database* menggunakan protokol MQTT.

REFERENSI

- [1] N. N. Naim, I. Taufiqurrahman, and U. Siliwangi, "SISTEM MONITORING PENGGUNAAN DEBIT AIR KONSUMEN DI PERUSAHAAN DAERAH AIR MINUM," vol. 02, no. 01, pp. 31–39, 2020.
- [2] M. G. Hudedmani, R. M. Umayal, S. K. Kabberalli, and R. Hittalamani, "Programmable Logic Controller (PLC) in Automation," *Adv. J. Grad. Res.*, vol. 2, no. 1, pp. 37–45, 2017.
- [3] N. Hiron and A. Andang, "Wireless communication with batching method based on Xbee-PRO S2B module for sensing of wind speed," *Proceeding - 2016 2nd Int. Conf. Sci. Inf. Technol. ICSITech 2016 Inf. Sci. Green Soc. Environ.*, pp. 250–253, 2017.
- [4] F. Ramadhan, L. Siami, and W. Winarni,

"Optimalisasi Instalasi Pengolahan Air Minum Solear, PDAM Tirta Kerta Raharja -Kabupaten Tangerang," *Semin. Nas. Pembang. Wil. dan Kota Berkelanjutan*, vol. 1, no. 1, pp. 132–141, 2019.

- [5] D. Cpl-, "CP series CPIL CPU Unit D -D / CPIL-EL D -D High Performing Programmable Controller with Embedded Ethernet."
- [6] S. N. Edusainstek *et al.*, "DESAIN DAN SIMULASI SISTEM HMI (Human Machine Interface) 2 . 1 Teknologi Sistem Konveyor Sistem konveyor adalah peralatan transportasi atau pemindah yang berfungsi untuk mengangkut dan memindahkan bahan-bahan industri . Konveyor biasanya mengangkut dan ," pp. 253–262, 2018.
- [7] "KEPServerEX Connectivity Platform | OPC Server | Kepware," *PTC Inc*, 2020. [Online]. Available: <https://www.kepware.com/en-us/products/kepserverex/>. [Accessed: 15-Feb-2020].
- [8] R. Hartono and A. Purnomo, "Wireless Network 802.11," *D3 Ti Fmipa Uns*, vol. 1, no. 1, pp. 1–23, 2011.
- [9] R. Hidayat, "Analisis Pemanfaatan Multiplexer Analog 74HC4051 pada Mikrokontroler ATMega16," *Isu Teknol.*, vol. 10, no. 2, 2015.

BIOGRAFI PENULIS



Rendi Priyatna, lahir di Ciamis, 06 April 1998, kuliah di Teknik Elektro Universitas Siliwangi mengambil konsentrasi Sistem Kendali dan untuk penelitian saya mengambil Sistem Otomasi menggunakan PLC berbasis *wireless*.



Firmansyah M.S.N., Lahir di xxxx. Bekerja sebagai tenaga pengajar di Program Studi Informatika Universitas Siliwangi dengan bidang konsentrasi xxxx.



Asep Andang., Lahir di xxxx, 23 Agustus 1976. Bekerja sebagai tenaga pengajar di Program Studi Teknik Elektro Universitas Siliwangi dengan bidang konsentrasi Sistem Kendali.