



Simulasi Automation System Chemical Injection Untuk Efisiensi Pengolahan Limbah Batubara Berbasis TIA Portal V17

Difa Andrian Puspanto¹, Muhammad Syariffuddien Zuhrie², Farid Baskoro³,
I Gusti Putu Asto Buditjahyanto⁴

^{1,2,3,4} S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Received: 4 September 2024
Revised: 16 September 2024
Accepted: 30 September 2024

Sungai merupakan bagian penting bagi kelangsungan hidup makhluk hidup, khususnya manusia. Suatu sungai dianggap tercemar jika kualitas airnya tidak memenuhi peruntukannya. Pengolahan air limbah secara umum meliputi pemisahan padatan tersuspensi (TSS), pemisahan senyawa koloid, dan penghilangan senyawa polutan terlarut. Sistem takaran koagulan di sebagian besar instalasi pengolahan air masih menggunakan metode pengendalian manual berdasarkan rasio aliran air yang tetap. Oleh karena itu, jumlah flokulan yang ditambahkan tidak mungkin disesuaikan dengan perubahan kualitas air baku atau fluktuasi laju aliran air. Masalah yang harus dipecahkan adalah meningkatkan presisi dosing pump, sehingga bisa meminimalisir adanya kesalahan dosis serta meningkatkan efisiensi chemical injection. Juga perubahan angka TSS yang menyebabkan dosis injeksi tidak selalu sama. Masalah ini dapat diselesaikan dengan automation system. Automation system dapat mengolah sinyal sensor dan parameter lain secara cepat dan presisi, dengan bantuan program PLC S7-1200 CPU 1215c AD/DC/Rly dan PID controller, nilai error pada sistem bisa diminimalisir. Automation system juga dapat menghitung dosis secara akurat dan real-time, yang mampu merespon kebutuhan dosis yang fluktuatif menjadi perubahan dosis yang digunakan dalam satu waktu. Dibantu dengan visualisasi HMI Unified yang baik dan user friendly, maka pengolahan limbah dengan dosing pump akan menjadi lebih optimal.

Kata kunci: Automation system, TSS, PID controller, pengolahan air, PLC, HMI.

(*) Corresponding Author:

¹difa.20010@mhs.unesa.ac.id, ²zuhrie@unesa.ac.id,
³faridbaskoro@unesa.ac.id, ⁴asto@unesa.ac.id

How to Cite: Puspanto, D., Zuhrie, M., Baskoro, F., & Buditjahyanto, I. G. (2024). Simulasi Automation System Chemical Injection Untuk Efisiensi Pengolahan Limbah Batubara Berbasis TIA Portal V17. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(24.2), 211-216. Retrieved from <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/9281>

PENDAHULUAN

Sungai merupakan bagian penting bagi kelangsungan hidup makhluk hidup, khususnya manusia. Keberadaan sungai berperan penting sebagai ekosistem yang menunjang kelangsungan hidup biota di sekitarnya, termasuk tumbuhan bakau yang hidup di daerah aliran sungai, serta flora dan fauna yang hidup di sekitarnya. Suatu sungai dianggap tercemar jika kualitas airnya tidak memenuhi peruntukannya. Kualitas air ini berdasarkan baku mutu air kelas sungai berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. (M. Khoiri, 2020).

Salah satu kejadian yang terjadi adalah kondisi air di sekitar lokasi tambang batubara Sungai Batang Mangilan tidak memenuhi kebutuhan air yang dapat digunakan baik dari segi warna, bau lumpur, rasa, suhu, dan kekeruhan. Hal ini juga tidak memenuhi persyaratan peraturan Indonesia saat ini karena polusi dari pertambangan batu bara yang mempengaruhi pH, padatan tersuspensi, dan zat besi, diatur dalam peraturan kementerian kesehatan No.492/MENKES/PER/IV/2010 (Rahma, 2021).

Saat ini, pertambangan batubara mengalirkan limbah produksinya melalui sungai yang mengalir, dan kemudian air ini akan melewati proses water treatment untuk menetralkan air yang terkena limbah. Beberapa variabel yang harus diperhatikan adalah kadar keasaman (pH) dan yang cukup krusial adalah nilai kekeruhan (TSS) air tersebut. *Total Suspended Solid* (TSS) atau Padatan tersuspensi total adalah zat yang tersuspensi dalam air dan tidak terlarut. Jika kandungan kabut atau TSS tinggi maka nilai kecerahannya akan rendah, dan sebaliknya jika kandungan kabut atau TSSnya rendah maka nilai kecerahannya akan tinggi. Padatan tersuspensi yang tinggi mempengaruhi biota perairan melalui dua cara. Pertama, menghalangi atau mengurangi penetrasi cahaya ke kolom air, sehingga menghambat proses fotosintesis fitoplankton dan tanaman air lainnya, yang berarti berkurangnya pasokan oksigen terlarut. Kedua, tingginya kadar padatan tersuspensi dapat langsung merusak biota. (Effendi, 2000).

Tujuan dari pengolahan air limbah adalah untuk menghilangkan parameter pencemar dalam air limbah hingga diperbolehkan untuk dibuang ke badan air sesuai baku mutu air yang dapat diterima atau hingga kualitas tertentu dapat digunakan kembali. Pengolahan air limbah yang umum meliputi pemisahan padatan tersuspensi (pemisahan padat-cair), pemisahan senyawa koloid, dan penghilangan kontaminan terlarut. (Nugraha, 2019). Sistem takaran koagulan di sebagian besar instalasi pengolahan air masih menggunakan metode pengendalian manual berdasarkan rasio aliran air yang tetap. Oleh karena itu, jumlah flokulan yang ditambahkan tidak mungkin disesuaikan dengan perubahan kualitas air baku atau fluktuasi laju aliran air. Hal ini menyebabkan kekeruhan pada tangki sedimentasi berfluktuasi. Di sebagian besar instalasi pengolahan air minum (IPAM) di Indonesia, takaran koagulan dilakukan secara manual dan pengguna tidak dapat mengetahui berapa banyak koagulan yang ditambahkan. (Putra, 2023).

Proses pengolahan air secara tradisional seperti penyedotan, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, dan reservoir dilakukan secara manual, dimulai dengan menyalakan pompa hisap, backwashing, dan memantau peralatan lain dalam proses pengolahan air. Namun seringkali terjadi human error yang berujung pada kecelakaan seperti kebocoran pipa air dan ketidaksesuaian data produksi dan distribusi. Untuk mengatasi masalah ini, sensor dipasang di setiap proses untuk memahami status proses. Data dari sensor yang terpasang pada sistem diproses oleh PLC dan proses pengolahan air dilakukan secara otomatis.

Data proses kemudian dikirimkan secara nirkabel ke server, di mana data tersebut diproses dan ditampilkan sebagai informasi di HMI. (Rendi Priyatna, 2021). Dalam bidang otomasi dan pengendalian yang unggul, otomasi berbasis PLC digunakan untuk menangani sistem kompleks yang memerlukan pengendalian waktu yang cepat dan tepat, dengan standar dan kualitas yang tidak ada duanya di industri dalam hal keandalan sistem. (Rendi Priyatna, 2021).

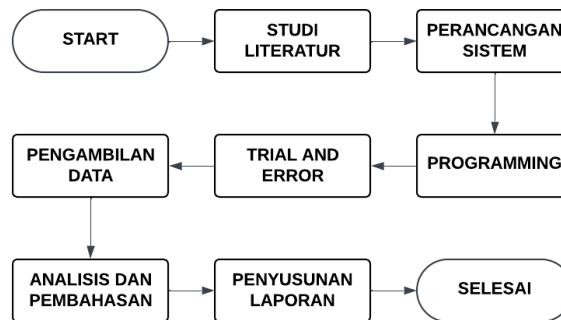
METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif. Dalam buku yang ditulis oleh Kasiram (2008:149) mengenai Metodologi Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif, mengungkapkan bahwa penelitian kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan data berupa nomor yang dimanfaatkan dalam menganalisis pengetahuan mengenai apa yang ingin diketahui (Nurariyanto. 2022).

Penulis menggunakan *software* TIA Portal V17 yang digunakan untuk merancang program *automation system* guna memenuhi tujuan penelitian.

Rancangan Penelitian

Penelitian kali ini menghasilkan data dosis yang harus dikeluarkan oleh *dosing pump*, berdasarkan perhitungan formula yang variabelnya didapatkan dari pembacaan sensor. Variabel yang dibaca dari sebuah sensor akan berupa sinyal analog yang bisa diterjemahkan oleh PLC S7-1200 1215 AC/DC/Relay sebagai bilangan *interger*, yaitu bilangan yang memiliki kisaran 0 sampai 27648. Dari bilangan *interger* itulah nantinya akan dikonversi menjadi bilangan *real*, sehingga mudah dibaca dan dimengerti oleh manusia. Setelah angka pembacaan didapat, selanjutnya adalah mengalikan variabel dengan rumus dosis, sehingga akan didapatkan berapa liter *chemical* yang harus dikeluarkan dalam satu waktu. Hasil takaran dosis ini akan kembali dikonversi menjadi bilangan *interger* untuk dikeluarkan melalui *analog output* untuk menggerakkan motor sesuai kecepatan yang diharapkan. Metode yang paling baik adalah ketika kecepatan motor dapat terus berubah mengikuti kebutuhan dosis.

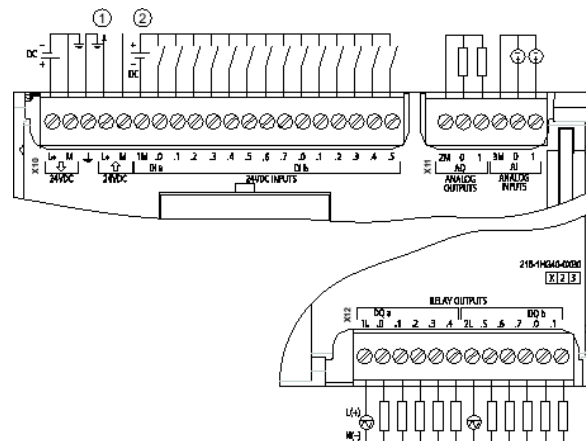


Gambar 1. Metode Pengumpulan Data

Instrument pengumpulan data pada penelitian kali ini meliputi perangkat lunak TIA Portal V17 dan *WinCC Unified*. Penerapan *Automation system* mengintegrasikan sinyal *analog input* yang didapat dari *injector* tegangan DC 0-10V akan menjadi *simulator* dari pembacaan sensor TSS. Cara kerja sensor aktual tetap sama, yaitu menggunakan sensor yang memiliki *output* analog berbasis tegangan atau arus yang mampu dibaca oleh PLC sebagai bilangan *interger*.

Perencanaan Controller

Pada penelitian kali ini digunakan PLC S7-1200 AC/DC/Relay yang mampu menerima sinyal *Digital Input* 24V DC dan *Analog input* 0-10V DC, serta mengeluarkan sinyal berupa *Digital Output* 24V DC dan *Analog Output* 0-20mA. *Wiring Diagram* PLC dapat dilihat pada gambar berikut.



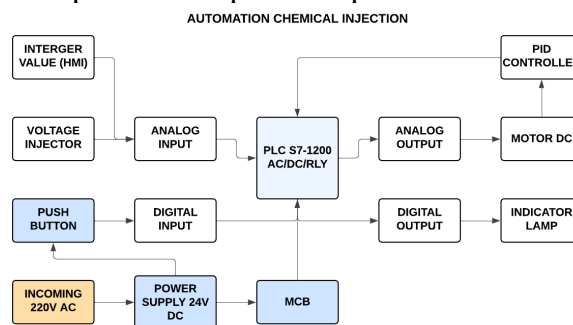
Gambar 2. Arsitektur PLC 1215c

Dilihat dari diagram diatas, PLC ini mampu mengintegrasikan sinyal *digital* dan *analog, input* dan *output*. PLC ini dapat digunakan sebagai kontroler utama dalam sistem ini, dan dapat juga dikolaborasikan dengan *PID controller* untuk memastikan sinyal *Analog Output* sudah keluar sesuai dengan kebutuhan, sehingga koreksi dapat berjalan secara berkelanjutan dan tingkat kesalahan dalam pemberian dosis dapat lebih diminimalisir lagi, sehingga menekan kemungkinan kerugian finansial dan pencemaran lingkungan.

Keseluruhan data yang diolah oleh PLC tersebut dapat divisualisasikan oleh HMI melalui simulasi pada *laptop* yang digunakan, ini akan mempermudah pembacaan dan monitoring keberhasilan sistem.

Perencanaan *Hardware*

Dilihat dari gambar, *push button* akan menjadi *input* sinyal digital yang akan berfungsi sebagai kontrol *start* dan *stop* sistem. Meskipun dapat juga dilakukan melalui *remote*, namun proteksi tetap lebih diperhatikan di sistem ini.



Gambar 3. Perancangan *Hardware*

Sinyal *analog input* didapat dari 2 cara, yaitu *injector* tegangan dan modifikasi *value* dari HMI. Sinyal ini diibaratkan sebagai pembacaan sensor TSS yang membaca nilai kekeruhan air, dan *flow meter* yang membaca debit yang mengalir, sehingga kedua variabel tersebut akan dimasukkan dalam formula dosing.

Pengaktifan sinyal *output digital* dan *analog* berasal dari sumber PLC, karena dalam penelitian ini tidak menggunakan pompa bertegangan tinggi. Namun bila diperlukan, pompa dapat dihubungkan dengan relay untuk mentransmisikan sinyal ke tegangan seharusnya.

Perencanaan *Software*

Pada tahapan perencanaan *software* TIA Portal, dibutuhkan instalasi *software* setidaknya versi 17 untuk mendukung PLC ini. Proses *programming* dapat dilakukan hanya dalam 1 *software* tersebut, dengan instalasi tambahan WinCC Unified untuk HMI *Unified Comfort*. Tipe HMI ini adalah keluaran terbaru, yang dapat menampilkan warna dan desain yang jauh lebih baik dan menarik dibanding generasi sebelumnya.

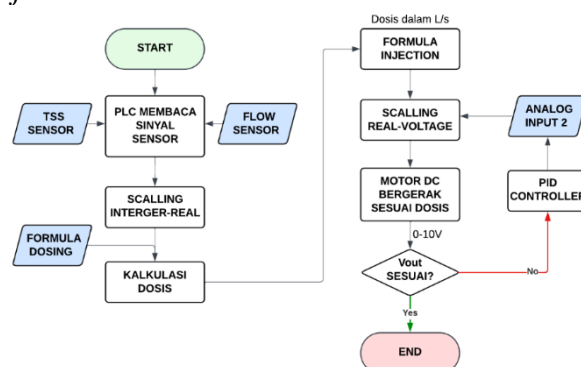
Programming PLC cukup menggunakan 2 bahasa, yaitu *ladder* dan *function block*. *Ladder* akan lebih efektif untuk pemrograman *start/stop* yang menggunakan sinyal *digital* sederhana, sedangkan *function block* akan digunakan untuk mengolah sinyal *analog*, *multi state*, *timer*, dan lain sebagainya.

Dengan memaksimalkan dua bahasa tersebut, sistem sudah dapat terdistribusi dengan baik dan optimal dan meminimalisir aktivitas yang harus dilakukan oleh manusia.

Untuk HMI desain, bisa menggunakan simulasi dari laptop yang tersedia untuk memonitoringnya. Meskipun dari *laptop*, proses *monitoring* akan tetap sama dan berlangsung secara *real-time*. Setiap I/O yang ingin ditampilkan dan dikontrol melalui HMI, harus dikoneksikan terlebih dahulu ke PLC melalui PLC *Tag*.

Desain Sistem

Pada gambar dibawah merupakan *flowchart* dari pemrograman *automation system chemical injection*.

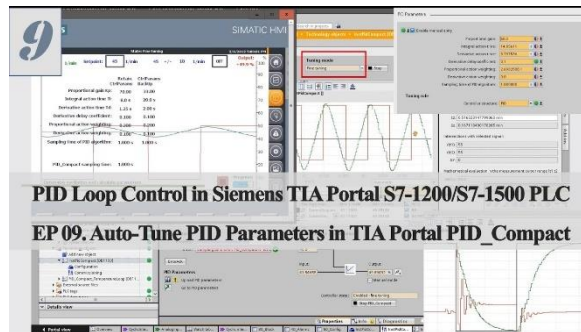


Gambar 4. Diagram Alir

Pertama sinyal *analog input* akan dibaca oleh PLC yang berupa bilangan *interger*. Bilangan tersebut kemudian dikonversi menggunakan *function block* menjadi bilangan *real*, dan dikalikan dengan konstanta untuk menjadi sebuah dosis. Dosis ini akan dikeluarkan oleh pompa berdasarkan tinggi rendahnya RPM motor. Sehingga dosis dikonversi kembali menjadi bilangan *interger*, dan selanjutnya digunakan untuk menggerakkan motor sesuai kecepatan yang dibutuhkan. Untuk koreksi yang lebih optimal, tegangan *output* kembali dibaca oleh PLC menjadi *analog input* yang baru, dan menjadi *setpoint* dari *PID controller*.

Implementasi PID Controller

Penggunaan *PID controller* pada penelitian ini untuk menjamin bahwa tegangan yang diterima oleh motor DC memang sesuai dengan dosis yang dikeluarkan. Apabila terjadi kesalahan atau perbedaan tegangan, PID akan merespon dengan mengembalikan sinyal *error* sehingga tegangan motor dapat menjadi *setpoint* penentuan dosing.

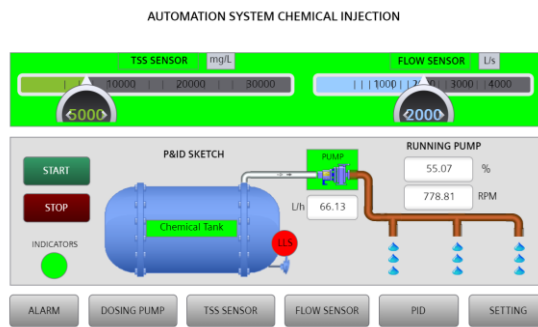


Gambar 5. PID Compact TIA Portal

HASIL DAN PEMBAHASAN

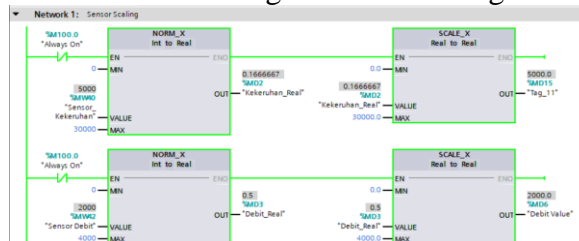
Hasil

Pengujian Real-Time Perubahan Input



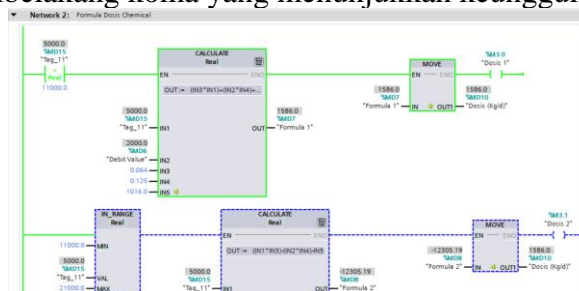
Gambar 6. Tampilan HMI

Setelah motor menyala, motor akan mulai beroperasi dengan kecepatan yang diminta. Pada gambar diatas motor beroperasi dengan kecepatan 55,07%, dengan pembacaan sensor TSS 5000mg/L dan debit sungai sebesar 2000L/s.



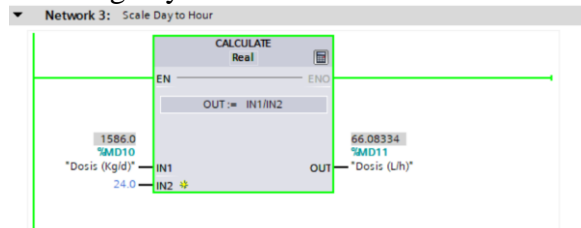
Gambar 7. Function Block

Kedua data sensor terbaca pada PLC sebagai bilangan *interger*, kemudian dikonversi menjadi bilangan *real*. Dapat dilihat pada gambar diatas, bilangan *real* memiliki angka dibelakang koma yang menunjukkan keunggulan presisi.



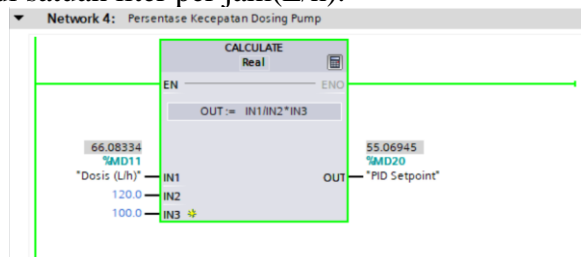
Gambar 8. Pemilihan Formula

Karena angka TSS yang terbaca adalah 5000mg/L, maka formula yang digunakan adalah Dosis 1, dengan kalkulasinya sehingga didapat dosis yang harus dikeluarkan adalah 1.586kg/day.



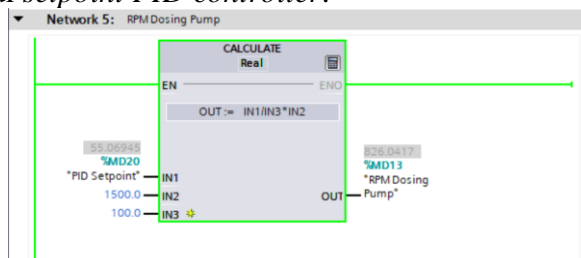
Gambar 9. Scalling satuan dosis

Karena *dosing pump* lebih mudah beroperasi dengan satuan liter, maka dosis dikonversi menjadi satuan liter per jam(L/h).



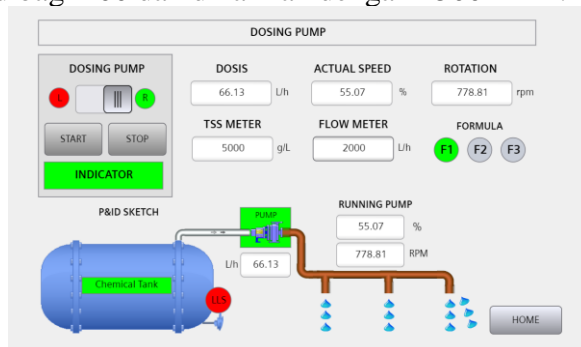
Gambar 10. Scalling persentase dosing

Karena maksimum spesifikasi *dosing pump* adalah 120L/h dan simulatornya menggunakan motor dc, maka dosis perlu diubah menjadi satuan persen (%), ini akan memudahkan proses simulasi karena prinsip kerja motor DC adalah kecepatan putaran dan tegangan *inputnya* berbanding lurus. Nilai inilah yang nanti akan menjadi *setpoint PID controller*.



Gambar 11. Scalling RPM

Untuk tambahan, persentase kecepatan diubah menjadi RPM dengan perbandingan spesifikasi *dosing pump*, yaitu 1500 RPM di kecepatan maksimum. Maka persentase dibagi 100 dan dikalikan dengan 1500 RPM.



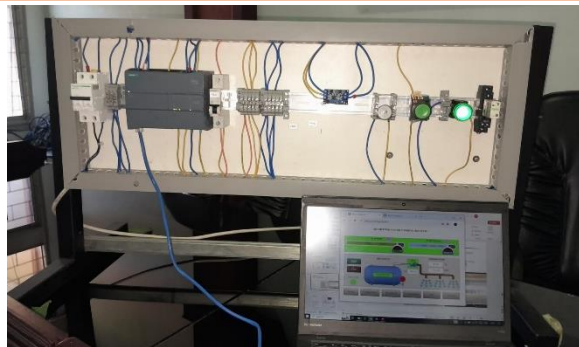
Gambar 12. Monitoring Dosing Pump

Setelah semua program sudah berjalan, maka seluruh data tadi akan ditampilkan di HMI untuk kemudahan *monitoring*, sehingga operator dapat dengan cepat memahami proses yang sedang berlangsung. Untuk menambah nilai estetika, digunakan beberapa gambar dan animasi untuk mendukung proses. Namun, sebaiknya warna utama tetap dominan agar saat terjadi *fault*, operator dapat dengan segera menyadari dan mengambil tindakan.

Pengujian Perpindahan Formula Otomatis

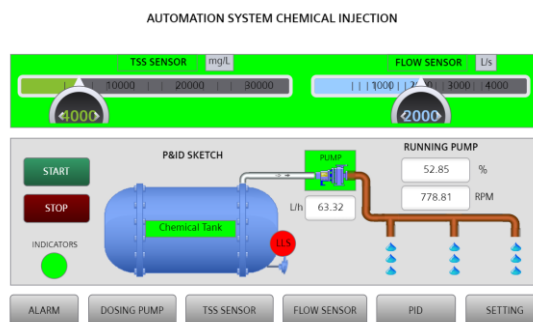
Tabel 1. Formula chemical injection

Formula	Assume	R Square	Code
$DOSIS (Kg/hari) = 0.064*(TSS) + 0.125*(DEBIT) + 1016$	TSS (mg/L) < 11.000 mg/L		F4
$Dosis (Kg/hari) = 0.346*(TSS) - 0.627*(DEBIT) - 1024.77$	TSS (mg/L) 11.000 - 21.000		F5
$Dosis (Kg/hari) = 0.355*(DEBIT) + 0.095*(TSS) - 1671.26$	TSS (mg/L) > 21.000 mg/L		F6



Gambar 13. Panel Automation System

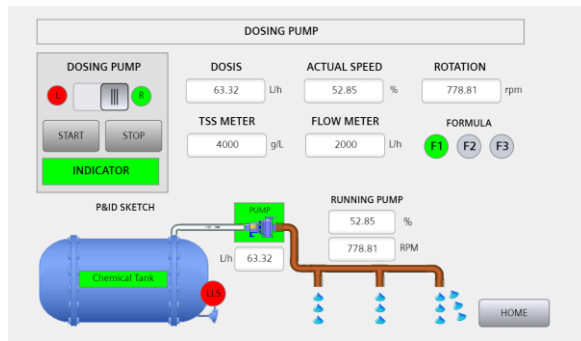
Formula diatas memiliki 3 rumus yang berbeda berdasarkan nilai TSS yang terbaca, maka sistem ini harus bisa merespon perubahan TSS secara *real-time*, dan menentukan formula yang digunakan berdasarkan *range* yang ditentukan. Formula penentuan dosis dibuat menggunakan *function block diagram*.



Gambar 14. Pengujian Formula 1

Untuk pengujian, TSS sensor diinput dengan nilai 4000mg/L, dan debit sungai dengan nilai 2000L/s.

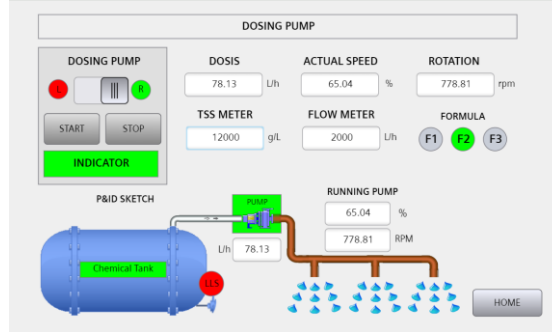
Dengan demikian, formula yang terpakai adalah dosis 1, karena angka TSS yang terbaca (4000) dibawah 11.000. *Coil* dibelakang rangkaian berfungsi untuk menampilkan indikator secara *real* dari perubahan dosis, bisa dilihat pada *function block* diatas dosis 1 aktif, sementara lainnya mati.



Gambar 15. Tampilan Formula 1

Pada tampilan HMI juga menunjukkan formula 1 aktif, dan air menyala pelan karena putaran motor masih dibawah 60%. Indikator pompa aktif dan motor bergerak dengan kecepatan 52,85%, 778,81 rpm, dan 63,32 L/h.

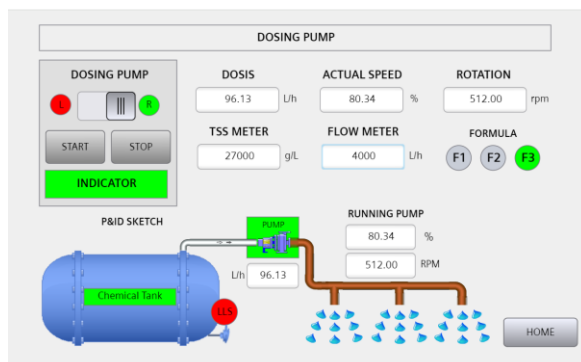
Percobaan kedua dengan angka TSS 12.000mg/L untuk perpindahan dosis. Bisa dilihat pada gambar diatas bahwa dengan angka TSS 12.000, dosis 2 aktif karena berada di dalam *range* dosis 2, yaitu 11.000-21.000mg/L.



Gambar 16. Tampilan Formula 2

Pada tampilan HMI menunjukkan formula 2 aktif, dengan hasil dosis 78,13L/h, kecepatan 65,04%, dan rotasi 778,81 rpm. Tampilan air berubah lebih deras mengikuti kecepatan putaran motor.

Percobaan ketiga dengan pembacaan TSS 27.000 untuk mencapai *range* dosis 3, dan formula ketiga aktif mengikuti *range* dosis 3, karena angka TSS diatas 21.000mg/L.



Gambar 17. Tampilan Formula 3

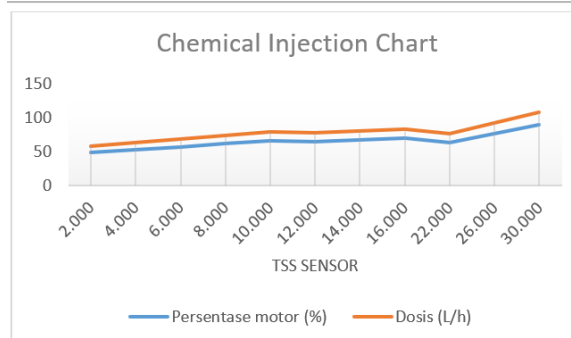
Pada tampilan HMI juga menunjukkan formula 3 aktif, dosis 80,34 L/h dan kecepatan motor di angka 80,34%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sistem otomatisasi ini mampu merespon perubahan TSS untuk menentukan penggunaan dosis.

Tabel 2. Pengujian perubahan dosis

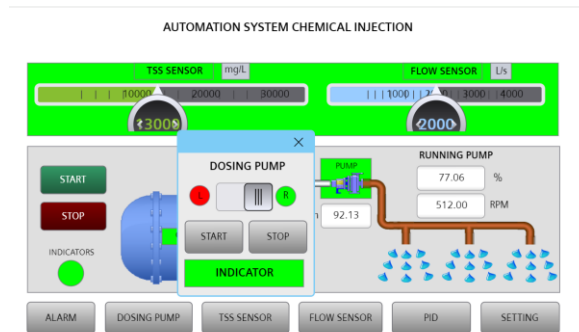
No.	TSS (mg/L)	Flow (L/s)	Dosis (L/s)	RPM	Speed (%)	Formula
1	2.000	2.000	58,07	726,04	48,40	1
2	4.000	2.000	63,32	792,71	52,85	1
3	6.000	2.000	68,63	859,38	57,29	1
4	8.000	2.000	74,13	926,04	61,74	1
5	10.000	2.000	79,13	992,71	66,18	1
6	12.000	2.000	78,13	975,64	65,04	2
7	14.000	3.000	80,63	1009,50	67,30	2
8	16.000	4.000	83,13	1043,35	69,56	2
9	22.000	4.000	76,63	957,68	63,85	3
10	26.000	4.000	92,13	1155,59	77,04	3
11	30.000	4.000	108,13	1353,51	90,23	3

Tabel 3. Pengujian Persamaan Polinomial

No	Persamaan Polinomial	✓
Formula 1 = (TSS × 0,064) + (Flow × 0,125) + 1.016		
1	$\frac{(2.000 \frac{mg}{L} \times 0,064) + (2.000 \frac{L}{s} \times 0,125) + 1.016}{24h} L \times \frac{100\%}{120L} = 48,4027\%$	✓
2	$\frac{(4.000 \frac{mg}{L} \times 0,064) + (2.000 \frac{L}{s} \times 0,125) + 1.016}{24h} L \times \frac{100\%}{120L} = 52,8472\%$	✓
3	$\frac{(6.000 \frac{mg}{L} \times 0,064) + (2.000 \frac{L}{s} \times 0,125) + 1.016}{24h} L \times \frac{100\%}{120L} = 57,2916\%$	✓
4	$\frac{(8.000 \frac{mg}{L} \times 0,064) + (2.000 \frac{L}{s} \times 0,125) + 1.016}{24h} L \times \frac{100\%}{120L} = 61,7361\%$	✓
5	$\frac{(10.000 \frac{mg}{L} \times 0,064) + (2.000 \frac{L}{s} \times 0,125) + 1.016}{24h} L \times \frac{100\%}{120L} = 66,1805\%$	✓
Formula 2 = (TSS × 0,346) - (Flow × 0,627) - 1.024,77		
6	$\frac{(12.000 \frac{mg}{L} \times 0,346) - (2.000 \frac{L}{s} \times 0,627) - 1.024,77}{24h} L \times \frac{100\%}{120L} = 65,0427\%$	✓
7	$\frac{(14.000 \frac{mg}{L} \times 0,346) - (3.000 \frac{L}{s} \times 0,627) - 1.024,77}{24h} L \times \frac{100\%}{120L} = 67,2996\%$	✓
8	$\frac{(16.000 \frac{mg}{L} \times 0,346) - (4.000 \frac{L}{s} \times 0,627) - 1.024,77}{24h} L \times \frac{100\%}{120L} = 69,5565\%$	✓
Formula 3 = (TSS × 0,095) + (Flow × 0,355) - 1.671,26		
9	$\frac{(22.000 \frac{mg}{L} \times 0,095) + (4.000 \frac{L}{s} \times 0,355) - 1.671,26}{24h} L \times \frac{100\%}{120L} = 63,8451\%$	✓
10	$\frac{(26.000 \frac{mg}{L} \times 0,095) + (4.000 \frac{L}{s} \times 0,355) - 1.671,26}{24h} L \times \frac{100\%}{120L} = 77,0395\%$	✓
11	$\frac{(30.000 \frac{mg}{L} \times 0,095) + (4.000 \frac{L}{s} \times 0,355) - 1.671,26}{24h} L \times \frac{100\%}{120L} = 90,2340\%$	✓

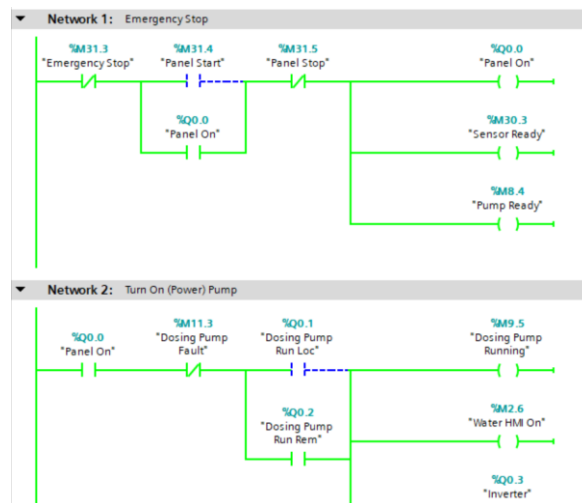


Pengujian Monitoring dan Controlling HMI



Gambar 18. Pengujian tombol *start HMI*

Ketika tombol *start dosing pump* dinyalakan, indikator pompa aktif dan pompa mulai menyala sesuai dosis yang berjalan. Indikator air juga menyala keluar dari pipa.



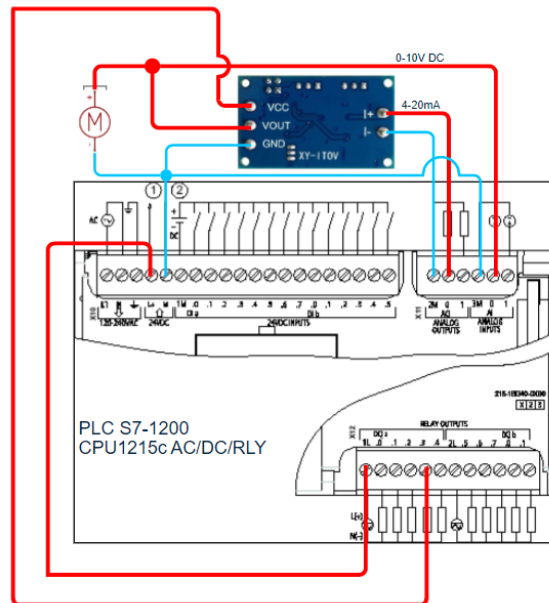
Gambar 19. Respon *ladder PLC*

Sementara kondisi *ladder* di PLC pada *network 2* aktif dan *dosing pump* menyala, juga *converter* untuk menggerakkan motor dan *water HMI* untuk tampilan air pada HMI.

Implementasi PID Controller

Untuk merealisasikan *PID controller* dengan optimal, dibuat rangkaian *loop* tertutup sederhana seperti pada gambar diatas, dengan rincian sebagai berikut:

- Sinyal *analog output* PLC dikonversi menjadi tegangan untuk bisa menggerakkan motor dan menjadi sinyal 0-10V.
- Sinyal tegangan dari *converter* dimasukkan kembali ke *analog input* PLC untuk dibaca oleh PLC.
- Selisih dari tegangan yang dikeluarkan PLC dan diterima kembali akan menjadi nilai *error*.

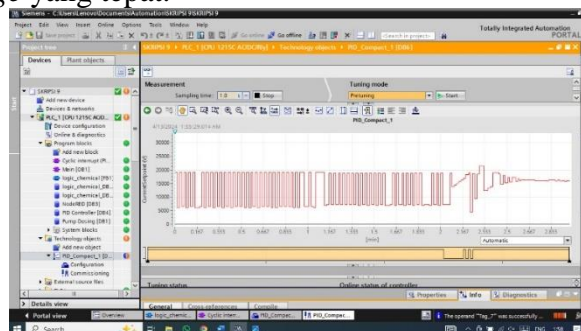


Gambar 20. Wiring Diagram PID

Dalam TIA Portal terdapat *function block* yang dapat dimanfaatkan untuk kontrol PID, yaitu *PID Compact*. Untuk menggunakannya, block ditarik ke *network* PID dan diisi parameternya. Terdapat 3 komponen penting untuk menerapkan *PID controller*, yaitu *setpoint*, *input*, dan *output*. Pada akhirnya, sistem akan terus bekerja sampai *input* sama dengan *setpoint* yang dituju, terlepas dari berapa *output* yang harus dikeluarkan.

Untuk pengaturan dasar, jenis sinyal yang dikontrol diubah menjadi voltage, dengan satuan volt. *Input* dan *output* menggunakan sinyal analog atau *integer*. Mode bisa menggunakan *automatic mode* untuk mendapat parameter secara otomatis.

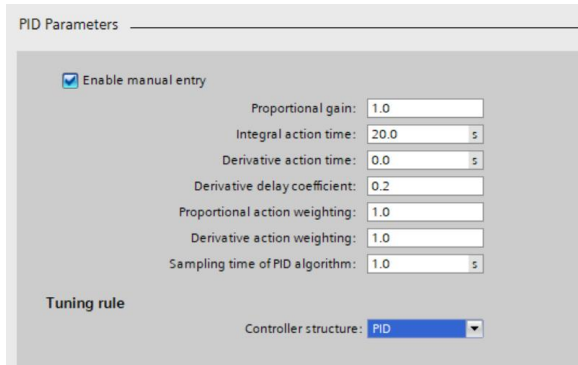
Selanjutnya adalah *scalling*, berapa nilai maksimum dan minimum dari *input* dan *output* PID. Sehingga *PID controller* dapat mengolah sinyal *input* dan *output* dalam *range* yang tepat.



Gambar 21. Auto Tuning PID

Selanjutnya adalah penggunaan fitur *tuning* PID, ada 2 jenis *tuning* yang dapat digunakan yaitu *pretuning* dan *fine tuning*. Sederhananya, proses ini membiarkan *PID compact* mempelajari plant yang dikontrolnya, dan menentukan parameter yang pas untuk memproses nilai *error*.

Setelah *auto tuning* selesai, PID parameter akan terisi dengan angka yang terpakai. Parameter ini tetap dapat diubah oleh pengguna sesuai kebutuhan sistem yang dikontrolnya.

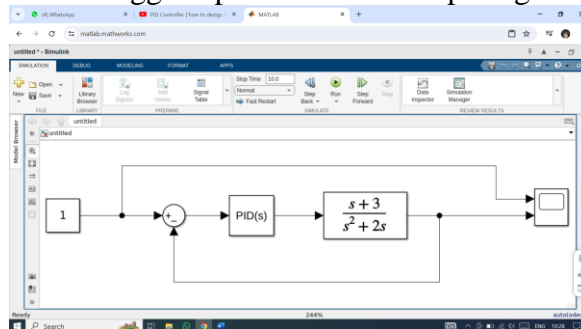


Gambar 22. Parameter PID

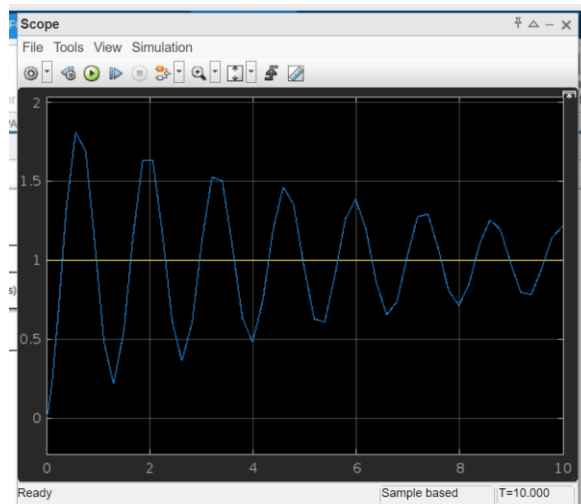
Dengan parameter PID yang didapat setelah *pre-tuning* TIA Portal, didapati parameter sebagai berikut:

$$\begin{aligned} k_P &= 1, \\ t_I &= 20\text{s}, \text{ dan} \\ t_D &= 0\text{s}. \end{aligned}$$

Parameter tersebut diujikan pada *Matlab* untuk mendapatkan pemodelan serta gelombang PID. Sehingga dapat dimodelkan seperti gambar berikut:



Gambar 23. Pemodelan PID Matlab

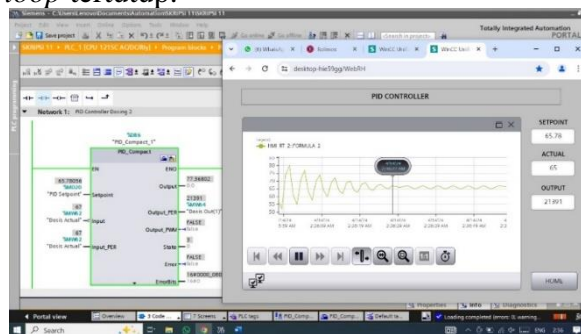


Gambar 24. Gelombang PID Matlab

Dengan memberikan parameter $kP=1$, $tI=20s$, dan $tD=0s$, didapati gelombang seperti pada gambar diatas. Dapat dilihat PID memberikan respon untuk mendekati *setpoint* dalam waktu tertentu, hingga stabil di angka *setpoint* dimana motor harus bekerja.

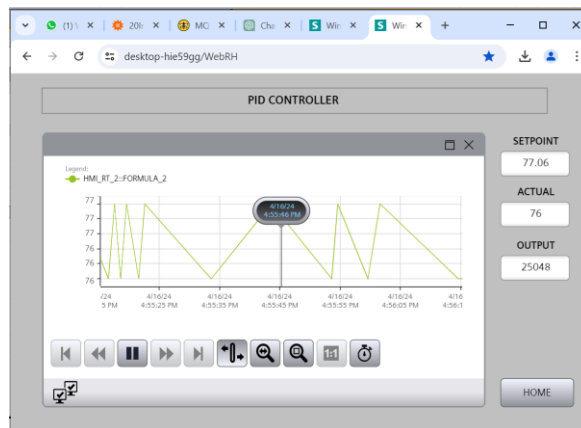
Integrasi PID Controller dengan Automation System

Dengan *PID controller*, *setpoint* akan menjadi tolak ukur tegangan yang dikeluarkan. Bisa dilihat pada gelombang diatas, PID akan memanipulasi sinyal *output* yang dikeluarkan, hingga sinyal *input* yang terbaca sesuai dengan *setpoint*. Dengan begitu, dosis tidak lagi diukur berdasarkan kecepatan RPM, tapi secara aktual dari proses *loop* tertutup.



Gambar 25. Implementasi PID

Terlihat pada *block* diatas, pembacaan *input* (tegangan aktual) ternyata tidak sama dengan *output*, faktor ini bisa terjadi karena beberapa hal, seperti spesifikasi *converter*, panjang kabel, dan faktor lainnya sehingga muncul *margin error*. Dengan adanya *PID controller*, *setpoint* bisa ditentukan secara *real-time*, sehingga tegangan akan terus ditambah sampai tegangan aktual sama atau mendekati dengan *setpoint*.



Gambar 26. Outpit PID Controller

Sistem ini berjalan cukup baik, terbukti dengan grafik diatas yang menunjukkan *margin error* dibawah 1%. *PID controller* terbukti mampu menjadi solusi yang baik untuk merespon adanya *margin error* pada suatu sistem.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian Simulasi *Automation system Chemical Injection* untuk efisiensi pengolahan limbah batubara berbasis TIA Portal V17, dapat disimpulkan bahwa:

Automation system berbasis TIA Portal V17 mampu menyediakan pengolahan data yang kompleks untuk mendukung proses efisiensi *chemical injection*, dengan perhitungan dosis yang presisi menggunakan persamaan polinomial dan mudah dimonitoring dengan tampilan informatif melalui HMI untuk menampilkan data dan grafik yang ada dalam sistem ini.

PLC S7-1200 CPU 1215c AC/DC/Rly mampu mengolah sinyal *input* dan *output* secara *real-time* dengan input yang fluktuatif menggunakan *ladder diagram* dan *function block*, dan menentukan formula dosis yang harus digunakan dalam 3 kondisi dalam rentang angka TSS yang berbeda.

Penggunaan *PID controller* dapat menekan nilai *error* pada sistem dengan baik, dengan *auto-tuning* dan pengujian *Matlab* untuk mendapatkan parameter yang ideal, sehingga sistem mampu mengoreksi kesalahan dosing dengan cepat hingga selisih *input* dan *output loop* tertutup dapat ditekan hingga dibawah 1%.

Berdasarkan simpulan di atas terdapat beberapa saran yang dapat penulis berikan agar dapat dijadikan bahan untuk mengembangkan penelitian ini pada penelitian selanjutnya, yaitu:

Membuat *prototype* dengan pompa air sehingga proses injeksi bisa dipantau secara langsung dan diukur debit dan volume *chemical* yang dikeluarkan.

Menggunakan sensor TSS dan sensor debit sehingga pengambilan data bisa dilakukan secara aktual dengan fluktuasi yang lebih bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Achmad, A. Ejah. 2011. Penentuan Level Air Tangki Dengan Sistem Kendali. *Elektr. Enj.* 2011;9(2);78–82.
- B. Firman, W. Handajadi, S. Maulana. 2021. Sistem Pengendalian Motor Induksi 3 Fase Berbasis Programmable Logic Control & Variabel Speed Drive Berpenampil Human Machine Interface. *J. Elektr.* 2021;8(2);37-44
- Bagas Dhanes Kesworo, 2020. Rancang Bangun Sistem Otomasi Greenhouse
- D. H. Simanjuntak, R. Risfendra. 2021. Sistem Monitoring Pada Sorting Machine dengan HMI Berbasis PLC. *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.* 2021;2(1);65–70.
- Effendi, H. 2020. Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan
- F. Azizah, M. Yuhendri. 2022. Solar Panel Monitoring and Control System Using Human Machine Interface. *Andalasian Int. J. Appl. Sci. Eng. Technol.* 2022;2(3);149–158
- Heycal Ridwan, Muldi Yuhendri, Habibullah, Juli Sardi, 2023. Sistem Kendali dan *Monitoring* Pompa Air Otomatis Berbasis *Human Machine Interface*. *Jurnal Teknik Elektro Indonesia.* 2023;4(2);592-600
- I. N. Gusniar. 2014. Optimalisasi Sistem Perawatan Pompa Sentrifugal di Unit Utility PT.ABC. *J. Ilm. Solusi.* 2014;1(1);77–86.
- I. Rifaldo, M. Yuhendri. 2022. Sistem Monitoring Kecepatan Motor Induksi dengan HMI Berbasis PLC. *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.* 2022;3(2);319–325

- Luqman Abdul H, Rino Andias, 2017. Simulasi Sistem Otomasi Proses Pelubangan Kartu Tekstil *Jacquard* Pada Mesin *Punching* di PT. Buana Intan Gemilang. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri*. 2017;4(1):68-75
- M. Khoiri. 2020. Analisa Dampak Pembuangan Limbah Pengolahan Tepung Ikan Terhadap Kualitas Air Sungai dan Ekosistem Mangrove di Sungai Kalimireng, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik. *Jurnal Teknik Lingkungan*
- Nanda DR, Yabsutur R, Wardahtun R, Nandita AS, Sisca C. DAMPAK PERTAMBANGAN BATU BARA PADA KESEHATAN LINGKUNGAN: A SYSTEMATIC REVIEW. 2021:1-4.
- Nugraha. 2019. Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Pt Natura Perisa Aroma Lampung. *Jurnal Air Indonesia*. 2019;11(2);60-78.
- Putra, Andreas Pratama, 2023. Sistem Pengendalian Flowrate *Dosing pump* Koagulan Pada Proses Penjernihan Air.
- Ranto H, Mubarak, Musrifin G. Sebaran Total Suspended Solid (Tss) Di Kawasan Muara Sungai Kampar Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau. *JURNAL PERIKANAN DAN KELAUTAN*. 2018;23(1):21-30.
- Rendi Priyatna. 2021. Model Sistem Otomatis *Water Treatment Plant* Menggunakan PLC Berbasis *Wireless*. *Jurnal of Energy and Electrical Engineering*
- T. A. Ardiansyah, R. Risfendra. 2020. Rancangan Sistem Mounting Device Berbasis PLC Menggunakan HMI. *JTEIN J. Tek. Elektro Indonesia*. 2020;1(2);49-54
- Teguh Wirawan, 2020. Sistem Otomatisasi Pompa Air *Water Cooling Tower* Menggunakan Mikrokontroler Arm Stm32f4 Di PT. Indospring Tbk. *Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*. 2020;15(2):23-35.
- Z. Iqtimal, I. Devi, Syahrizal. 2018. Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air. *Kitektro*. 2018;3(1);1-8.