



Rancang Bangun Sistem Otomasi Pada Unit Pengolahan Limbah Minyak Jelantah Menjadi Lilin Aromaterapi

Ahmad Adifani¹, Hasvienda Mohammad Ridlwan², dan Vernida Mufidah³

¹Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

²Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³PT Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur, 75324

Abstrak

Dewasa ini, pengetahuan manusia untuk meningkatkan efisiensi suatu pekerjaan semakin berkembang. Proses manual dapat terus dioptimalkan dengan sistem otomatisasi. Arduino merupakan sebuah papan sirkuit yang terintegrasi dengan mikrokontroler seperti Atmega 328p. Terdapat pengolahan limbah minyak jelantah menjadi lilin aromaterapi pada mitra binaan Badak LNG, yaitu SALIN SWARA yang menggunakan metode manual. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem kontrol pada pompa, solenod valve, servo, motor, dan heater supaya unit pengolahan limbah minyak jelantah menjadi lilin aromaterapi dapat memproduksi lilin aromaterapi dengan baik. Heater pada mixer column dikontrol dengan kontrol PID demi mengoptimalkan proses produksi seperti yang sudah dilakukan pada skala laboratorium. Peningkatan proses produksi pada unit ini perlu dilakukan pada bagian pipa output mixer column yang perlu diberikan heater tambahan agar tidak terjadi penyumbatan.

Kata-kata kunci: Otomatisasi, Arduino, PID, Kontrol, Lilin Aromaterapi.

Abstract

Nowadays, human knowledge to improve the efficiency of a job is growing. Manual processes can be continuously optimized with automation systems. Arduino is a circuit board that is integrated with a microcontroller such as the Atmega 328p. There is processing of used cooking oil waste into aromatherapy candles for Badak LNG's fostered partners, namely SALIN SWARA, which uses the manual method. The purpose of this study is to design a control system for the pump, solenod valve, servo, motor, and heater so that the waste cooking oil processing unit into aromatherapy candles can produce aromatherapy candles properly. The heater on the mixer column is controlled by PID control to optimize the production process as has been done on a laboratory scale. Improving the production process in this unit needs to be done on the mixer column output pipe which needs to be given an additional heater so that there is no blockage.

Keywords: Automation, Arduino, PID, Control, Aromatherapy Candle.

*Corresponding author *E-mail address*: ahmadadifani@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Badak LNG melalui Salin Swara (Sampah Keliling Swadaya Masyarakat) selaku mitra binaan telah melakukan percobaan pembuatan lilin aromaterapi dengan memanfaatkan limbah minyak jelantah dalam skala kecil. Namun, dalam percobaan pembuatan lilin aromaterapi dari limbah minyak jelantah ditemukan beberapa kendala, yaitu proses produksi hanya dalam skala kecil, proses pemanasan dan pengadukan dilakukan secara manual, serta kualitas produk yang dihasilkan kurang konsisten. Dengan kendala tersebut, diperlukan sebuah unit khusus yang dirancang untuk mengolah limbah minyak jelantah menjadi lilin aromaterapi supaya Salin Swara dapat membuat lilin aromaterapi dengan lebih mudah dan efektif yaitu mesin otomatis. Mesin otomatis bertujuan untuk mempercepat proses kegiatan dengan mengubah suatu kegiatan yang bersifat manual menjadi otomatis.

Perlu dilakukan uji coba skala laboratorium guna meninjau lebih lanjut proses pembuatan lilin aromaterapi dari limbah minyak jelantah. Selain itu, uji coba skala laboratorium perlu dilakukan guna meningkatkan kualitas mutu produk lilin aromaterapi yang dihasilkan. Dalam percobaan skala laboratorium yang telah dilakukan, ditemukan beberapa kendala dalam proses pembuatan lilin aromaterapi diantaranya adalah kurang maksimalnya kualitas lilin aromaterapi yang dihasilkan karena proses homogenisasi tidak berjalan dengan baik. Selain itu, proses pemanasan campuran memakan waktu lama. Di samping itu, proses pengolahan limbah minyak jelantah menjadi lilin aromaterapi yang cukup Panjang, diperlukan sistem otomasi yang memudahkan proses produksi.

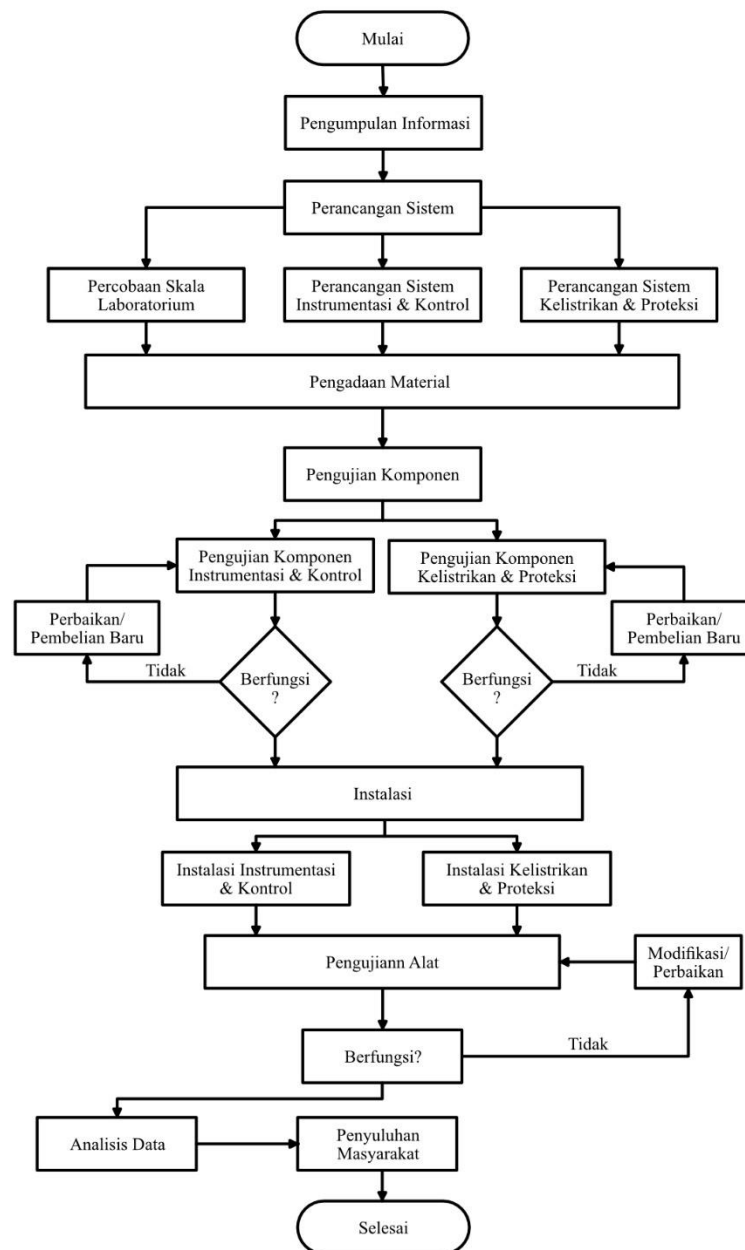
Oleh karena itu, penelitian ini berfokus untuk menyelesaikan kendala-kendala tersebut dengan membuat rancang bangun sistem otomasi pada unit pengolahan limbah minyak jelantah menjadi lilin aromaterapi sehingga pembuatan lilin aromaterapi dapat dilakukan dengan lebih mudah dan efektif. Sistem otomasi dirancang agar pengguna dapat melakukan proses produksi lilin aromaterapi dengan mudah, aman, dan efisien. Sistem otomasi tersebut mengacu pada kontrol motor pengaduk, elemen pemanas, valve, pompa, dan sekuensialnya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengolah limbah minyak jelantah menjadi lilin aromaterapi yang berkualitas dengan lebih mudah dan efisien.

Tujuan

1. Merancang dan membuat sistem otomasi yang dapat menghasilkan 10,5 L lilin aromaterapi pada setiap operasi
2. Menerapkan sistem kontrol berbasis pengontrol PID untuk pengendalian suhu *mixer column* melalui *electric heater*.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian tugas akhir ini, terdapat metode penelitian yang telah disusun ke dalam sebuah diagram alir. metode penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam melaksanakan setiap prosesnya dan dapat memudahkan dalam menilai sudah sejauh mana penelitian ini berlangsung.

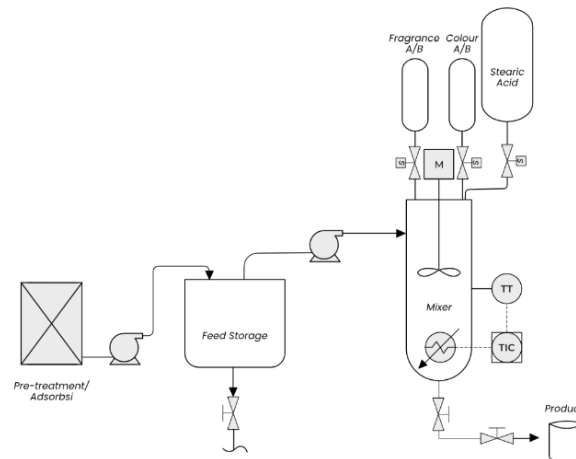


Gambar 1: Skema Metodologi Penelitian

Penjelasan Langkah Kerja

Untuk lebih memahami rangkaian Langkah kerja secara lebih detail, berikut merupakan hasil dari uraian Langkah-langkah pengerjaan penelitian (diagram alir) di atas secara singkat, yaitu:

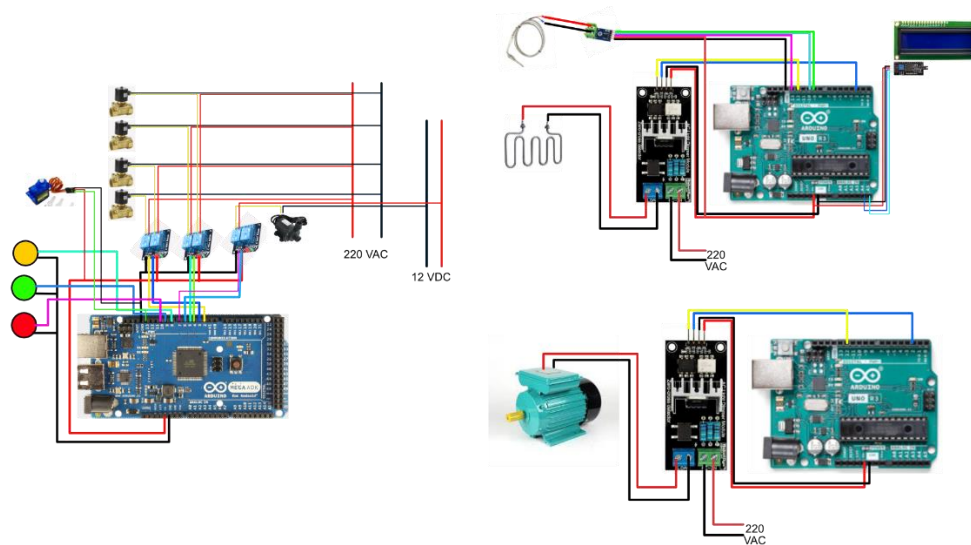
1. Perancangan Sistem



Gambar 2: PFD Unit Pengolahan Limbah Minyak Jelantah Menjadi Lilin Aromaterapi

Gambar 2 merupakan *process flow diagram* unit yang dirancang. Rancang bangun unit pengolahan limbah minyak jelantah menjadi lilin aromaterapi terdiri dari 3 Proses Utama, yaitu:

- Adsorpsi dan Filtrasi
- Mixing (Pencampuran/Pengadukan)
- Pemanasan



Gambar 3: Sistem Kontrol

Gambar 3 merupakan single line diagram unit pengolahan limbah minyak jelantah menjadi lilin aromaterapi. Dibutuhkan 3 buah Arduino dengan masing-masing memiliki fungsi yang berbeda-beda, yaitu:

- Sebagai kontrol sekuensial
- Sebagai kontrol PID untuk heater
- Sebagai kontrol untuk motor

2. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan sebanyak dua kali, yaitu sebagai berikut:

- Pengujian Komponen
- Pengujian Alat

3. PERHITUNGAN PERENCANAAN SISTEM

Pada tahap perhitungan ini, terdapat beberapa hal yang dihitung dan dipertimbangkan. *Time delay* merupakan waktu tunggu sebuah komponen mempertahankan posisinya. Dalam hal ini, *time delay* berarti sistem mempertahankan nilai *on*.

1. Perhitungan *Time Delay*, terdapat 4 hal yang membutuhkan perhitungan/pengujian *time delay*, yaitu Pompa Minyak, Solenoid Valve Pewangi, Solenoid Valve Pewarna, dan Servo. Metode yang digunakan adalah metode pengukuran secara langsung di lapangan. *Time delay* rata-rata untuk Pompa Minyak 100 detik, Solenoid Valve Pewangi 6 detik, Solenoid Valve Pewarna 3 detik, dan Servo 210 detik.

Tabel 1: Pengujian Time Delay Sol. Valve Pewangi

Pengujian Tim Delay Solenoid Valve Pewangi						
Waktu (detik)	Volume (mL)					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
1	71	71	75	74	73	72,8
2	137	146	140	140	143	141,2
3	200	211	211	216	205	208,6
4	255	272	272	283	261	268,6
5	333	350	327	322	333	333
6	405	400	400	394	400	399,8

Tabel 2: Pengujian Time Delay Sol. Valve Pewarna

Pengujian Tim Delay Solenoid Valve Pewarna						
Waktu (detik)	Volume (mL)					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
1	43	40	46	37	34	40
2	62	62	62	62	62	62
3	96	96	100	96	100	97,6
3,1	100	103	103	106	106	103,6
3,05	100	103	100	103	100	101,2

Tabel 3: Pengujian time delay minyak jelantah

Pengujian Tim Delay Pompa Minyak Jelantah						
Waktu (detik)	Volume (mL)					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
30	1050	1000	950	1000	1000	1000
60	1900	1900	1950	1950	1900	1920
90	2800	2750	2750	2800	2800	2780
100	3000	3000	3000	3050	3000	3010

Tabel 4: Pengujian time delay servo

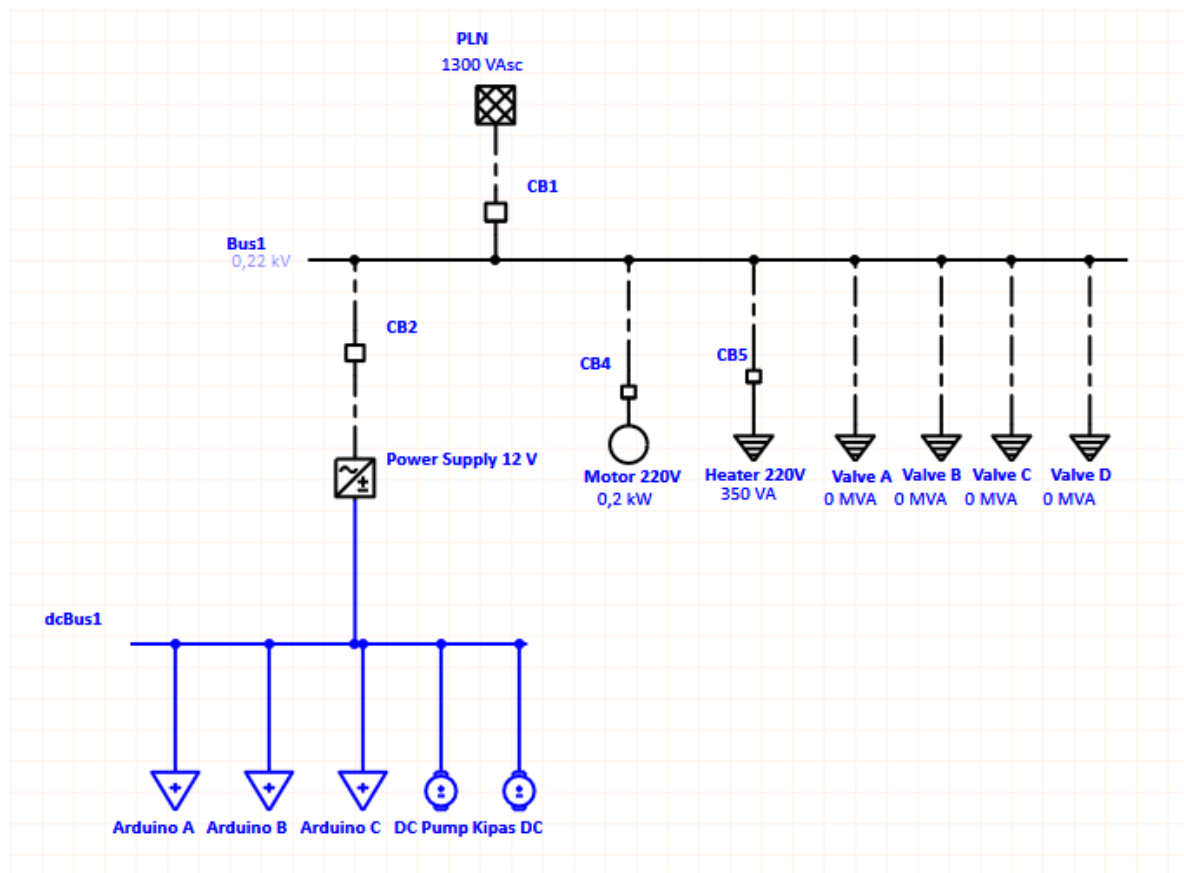
Pengujian Tim Delay Servo Stearic Acid						
Waktu (menit)	Volume (mL)					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
1	2000	2050	2000	2000	2050	2020
2	3950	3900	3950	3950	3900	3930
3	6050	5900	5900	5900	6000	5950
3,5	7000	7000	7050	7050	7000	7020
4	8050	8000	8000	8050	8000	8020

- Perhitungan Beban dan Penentuan arus nominal CB
 Arus nominal cb merupakan nilai arus minimal agar cb dapat beroperasi.

Tabel 5: Penentuan nominal CB

No.	Komponen	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Nominal CB*
1	Motor AC	200	220	0,9	2
2	Power Supply	60	220	0,27	2
3	Elemen Pemanas	1500	220	6,8	10

*Penentuan nominal circuit breaker tersebut telah dikalikan dengan safety factor 1,25 sesuai standar IEC dan disesuaikan dengan keberadaan di pasaran.



Gambar 4: Rancangan Sistem Kelistrikan

3. Tuning PID Heater

Metode yang digunakan untuk tuning PID adalah Metode Ziegler Nichols. Metode ini dilakukan dengan cara mengubah nilai K_p hingga menghasilkan respon system yang beresilasi secara terus menerus dengan amplitude yang tetap. Besarnya nilai K_p saat respon system beresilasi terus menerus merupakan nilai K_{cr} . Nilai P_{cr} didapat dengan menghitung jarak (dalam satuan waktu) antara 1 bukit dengan bukit lainnya (1 gelombang).

Setelah K_{cr} dan P_{cr} didapatkan, nilai-nilai K_p , t_i dan T_d bisa dihitung dengan menggunakan rumus-
rumus parameter PID untuk Ziegler-Nichols tipe *close loop*.

Tabel 6: Tabel Parameter PID untuk Ziegler Nichols

Type Kontroller	K_p	T_i	T_d
P	$0,5K_p$	∞	0
PI	$0,45K_p$	$\frac{1}{1,2}P_{cr}$	0
PID	$0,6K_p$	$0,5P_{cr}$	$0,125P_{cr}$

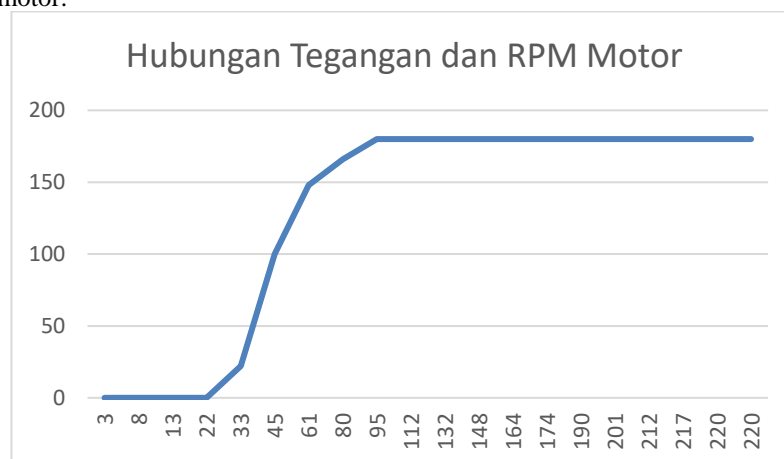
4. PENGUJIAN KEBERHASILAN SISTEM

Sistem sekuensial

Pada sistem sekuensial yang dibuat, dengan *time delay* yang sudah dilakukan pengukuran secara langsung, masing-masing komponen mampu memberikan hasil rata-rata yang relatif baik. Namun, pada servo terkadang timbul sumbatan akibat stearic acid yang menggumpal sehingga perlu diberikan bantuan vibrasi.

Sistem Kontrol Motor

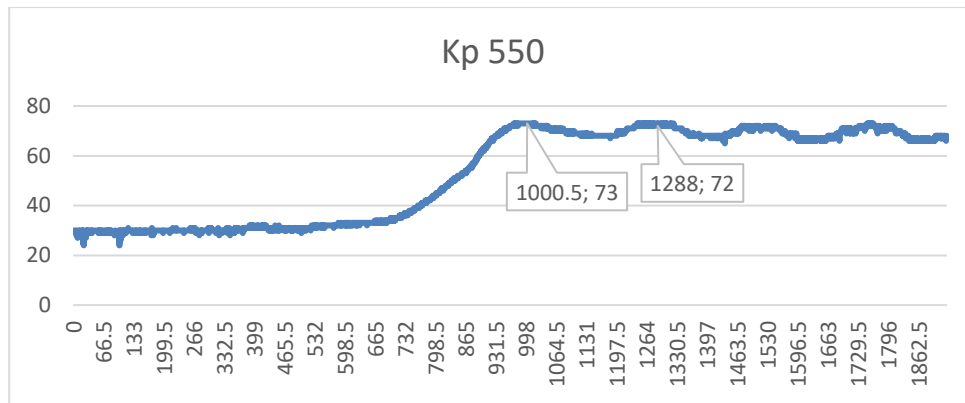
Pada sistem kontrol motor, dilakukan kontrol penurunan tegangan rata-rata yang diberikan pada motor. Hal tersebut karena ketika diberikan daya maksimum, motor pengaduk menjadi tidak stabil. Ketika motor pengaduk memiliki rpm 180 atau di atasnya maka pengaduk akan tidak stabil. Berikut adalah gambar grafik hubungan tegangan dan rpm motor:



Gambar 5: Grafik hubungan tegangan dan RPM motor

Sistem Kontrol PID Heater

Pada kontrol PID untuk heater digunakan metode Ziegler Nichols. Respon sistem akan beresilasi secara terus menerus jika diberikan nilai K_p sebesar 550.



Gambar 6: Grafik Kp 550

Dari grafik di atas, dapat diambil data nilai $K_{cr} = 550$. Data $P_{cr} = 269$. Setelah didapatkan nilai K_{cr} dan P_{cr} , Ziegler-Nichols merekomendasikan penyetelan nilai PID menggunakan tabel berikut:

Tabel 7: Tuning PID Ziegler Nichols

Tipe Pengontrol	Kp	Ti	Td
P	0,5 Kcr		
PI	0,45 Kcr	1/1,2 Pcr	
PID	0,6 Kcr	0,5 Pcr	0,125 Pcr

Pada penelitian ini digunakan kontrol PI dikarenakan membutuhkan respon yang cepat dan mampu menjaga kondisi tunak. Respon sistem cenderung landai, grafik osilasi berkesinambungan baru ditemukan pada nilai $K_{cr} = 550$. Sehingga penulis memutuskan untuk hanya menggunakan pengontrol PI saja, tanpa menggunakan kontrol Derivatif.

Menentukan nilai K_p :

$$K_p = 0,45 \times K_{cr}$$

$$K_p = 0,45 \times 550 = 247,5$$

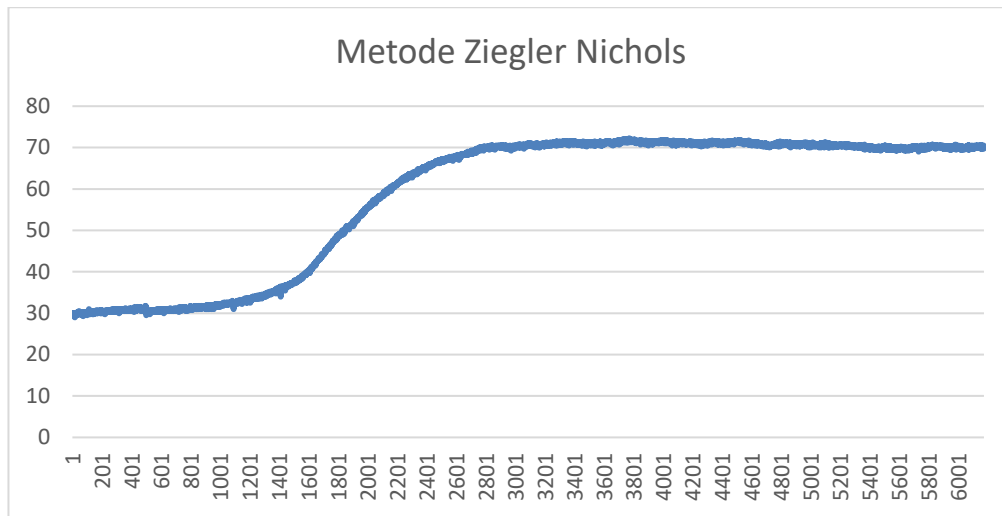
Menentukan nilai K_i

$$T_i = \frac{1}{1,2} \times P_{cr}$$

$$T_i = \frac{1}{1,2} \times 269 = 224,16$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i}$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{247,5}{224,16} = 1,104$$



Gambar 7: Grafik PID Heater

Grafik di atas merupakan data hasil proses pemanasan keseluruhan bahan pembuatan lilin aromaterapi oleh sistem kontrol temperature *heateri*. Berdasarkan grafik di atas, sistem kontrol memiliki nilai *rise time* sebesar 1377,5 detik atau sebesar 22,95 menit, *overshoot maximum* pada suhu 72 derajat Celsius atau sebesar 2,85% dari *set point*, dan *dead time* sebesar 510 detik

5. KESIMPULAN

1. Telah dibuat rancang bangun sistem kontrol sekuensial pada unit pengolahan limbah minyak jelantah menjadi lilin aromaterapi dengan kapasitas produksi 10,5 L untuk setiap kali unit *running*. Ditemukan *losses* yang diakibatkan penguapan dan pembekuan pada dinding *mixer column* dan *tubing output mixer column*, sehingga produk lilin aromaterapi yang dihasilkan berkurang hingga 200 – 400 mL.
2. Telah dibuat rancang bangun sistem kontrol motor pengaduk dengan sistem *On-Off* dengan modifikasi daya input pada motor penggerak. Motor dikontrol memiliki kecepatan 50-60 RPM.
3. Telah dibuat rancang bangun sistem kontrol temperatur *heater* dengan sistem PID. Metode penalaan PID yang dipilih adalah metode Ziegler-Nichols tipe 2 dengan nilai $K_p = 247,5$ dan $K_i = 1,104$ karena memberikan respon yang cukup baik, yaitu nilai *rise time* sebesar 22,95 menit, *overshoot* maksimum 2,85% dan *dead time* sebesar 510 detik.

Saran

1. Sebaiknya memilih ukuran pipa yang digunakan pada kontrol servo dengan diameter yang lebih besar dari ½ inch. Juga, Memodifikasi desain pipa yang tidak terlalu banyak *elbow*. Dengan demikian, diharapkan laju stearic acid menjadi lancar dan tidak timbul sumbatan.
2. Sebaiknya memberikan desain pemanas tambahan pada bagian pipa *output mixer column* untuk mencegah sumbatan akibat lilin aromaterapi yang membeku.

REFERENSI

- [1] W. Bolton, *Instrumentation and Control Systems*. Penerbit: Elsevier Science & Technology Books, 2004.
- [2] W. Bolton, *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol (Translation of: Instrumentation and Control System)*, Jakarta: 2006.
- [3] Wibowo, P., Kartoraharjo, S., Agustina, Y., Y. (2012). *Motor Penggerak Listrik*.
- [4] Ridhyo S.P., Ellingga, RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL PADA UNIT PEMBUATAN SABUN CAIR CUCI TANGAN BERBASIS ARDUINO. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Jakarta. (2021).
- [5] K. Ogata, *Modern Control Engineering*, Fifth Edit. 2010.
- [6] Fauziansyah, Fauzan. *Desain Kendali PID dengan Metoda Ziegler-Nichols dan Cohen-Coon Menggunakan Matlab dan Arduino Pada Plant Level Air*. Laporan Mata Kuliah Sistem Kendali Digital. Politeknik Negeri Bandung (2015).
- [7] Robotshop, "Arduino Mega 2560 Datasheet," Power, pp. 1–7, 2015.
- [8] Gultom, Golfrid, Implementasi Pengiriman Data Sensor Suhu Ke Database Pada Sistem Heating-Holding Pemanas Bertingkat VCO. Politeknik Negeri Kimia Industri.
- [9] Wendri, Nyoman, ALAT PENCATAT TEMPERATUR OTOMATIS MENGGUNAKAN TERMOKOPEL BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana (2012).
- [10] Ekayana, Anak Agung, RANCANG BANGUN PENGAMAN POWER SUPPLY BERBASIS ZERO CROSSING DETECTOR PADA LABORATORIUM KOMPUTER. STMIK STIKOM Indonesia (2018).
- [11] I. Sinclair and J. Dunton, *Practical Electronics Handbook*, Sixth.
- [12] Dewi, Kartika, Implementasi Zero Crossing Pada Kontrol Unit untuk pengaturan iluminasi Lampu Pijar dan Kipas Angin Berbasis Nuvoton. Politeknik Negeri Ujung Pandang (2016).
- [13] Opticontrols, Cohen-Coon Tuning Rules. Available from: <https://blog.opticontrols.com/archives/383>.
- [14] Youtube: Electronoobs, AC 220V Heater Temperature PID and TRIAC control. Available from <https://www.youtube.com/watch?v=P6mbBJDIvxI>
- [15] Balitro, Lilin Aromaterapi. Available from http://balitro.litbang.pertanian.go.id/?page_id=5144&lang=en
- [16] Guru, Electro. AC Dimmer with Arduino | RobotDyn AC dimmer. Available from <https://www.youtube.com/watch?v=3hAzLrYsE7A>
- [17] Electronoobs. 220V AC HEATER PID TEMPERATURE CONTROL. Available from http://electronoobs.com/eng_arduino_tut39.php