

Sistem Pengendalian Temperature Kondensor pada Prototype Pengolahan Minyak Atsiri

Suka Handaja^{1*}, Rizky Pradana², Cellin Dhea Praptiwi³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu Jawa Tengah, Indonesia 55312

Info Artikel

Histori Artikel:

Diterima berkas 01/05/2023

Direvisi 25/05/2023

Disetujui terbit 30/05/2023

Keyword:

Mikrokontroler

PID Controller

Essential oil

Distillation

Condenser

ABSTRAK

Prototype unit pengolahan minyak atsiri merupakan proses pengolahan dengan prinsip distilasi. Bahan baku diuapkan dengan media air dan uap yang terbentuk dikondensasi untuk didapatkan minyaknya. Untuk mendapatkan hasil yang optimal selama proses kondensasi, temperature kondensor dijaga pada nilai temperature 29° Celsius dengan cara menambah atau mengurangi laju aliran air sehingga temperature dapat dijaga nilainya. Diperlukan sistem kendali temperature agar temperature terjaga pada nilai setting yang diinginkan. Pada penelitian ini digunakan microcontroller Arduino UNO sebagai alat pengendalinya dan servo valve sebagai final control element untuk mengatur besar kecilnya aliran air. Mode PID controller dengan tuning Ziegler Nichols open loop digunakan dan didapatkan nilai $K_p = 174$, $k_i = 43.5$, $k_d = 174$ menghasilkan kestabilan pengendalian dengan karakteristik respon steady state sebesar 1.998 detik.

ABSTRACT

The prototype of the essential oil processing unit is a processing process with the principle of distillation. The raw material is evaporated with water and the steam formed is condensed to obtain the oil. To obtain optimal results during the condensation process, the condenser temperature is maintained at a temperature value of 30° Celsius by increasing or decreasing the water flow rate so that the temperature can be maintained. A temperature control system is required so that the temperature is maintained at the desired setting value. In this study, the Arduino UNO microcontroller was used as the controller and the servo valve as the final control element to regulate the size of the water flow. The PID controller mode with open loop and closed loop Ziegler Nichols tuning was used and the values for $K_p = 174$, $K_i = 43.5$, $K_d = 174$, with dynamic characteristic responds for steady state is 1,998 second.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



SPESIFIKASI

Nama Alat	Rancang Bangun Pengendalian Temperature Kondenser pada Prototype Pengolahan Minyak Astiri
Bidang	Instrumentasi, Control System
Kegunaan	Sebagai alat pengendalian temperature kondensor pada prototype pengolahan minyak astiri
Harga Alat	Rp. 4.556.000,-

*Penulis Korespondensi:

Alamat Email: suka.budi@esdm.go.id (Suka Handaja)

1. PENDAHULUAN

Minyak atsiri (essential oil) merupakan hasil dari pada bagian daun, bunga, biji, atau akar dari suatu tanaman yang telah melalui proses penyulingan. Salah satu jenis tanaman penghasil minyak atsiri yaitu serai wangi [1]. Menurut Baser dan Buchbauer, pada dasarnya manfaat dari serai wangi dapat dikelompokkan sebagai bahan aromaterapi, pewangi ruangan, pelancar pernapasan, dan lain-lain. Indonesia sebagai negara agraris memiliki sumber bahan baku minyak atsiri yang jika dimanfaatkan dan dikelola dengan baik akan dapat meningkatkan perekonomian bagi masyarakat [2]. Kendala yang dihadapi dalam memproduksi minyak atsiri adalah kurang tersedianya peralatan yang memiliki teknologi pengolahan dan berharga murah [3]. Apabila peralatan ini tersedia bagi masyarakat dengan harga yang terjangkau, produksi minyak atsiri ini akan dapat ditingkatkan demikian pula dengan kualitasnya [4].

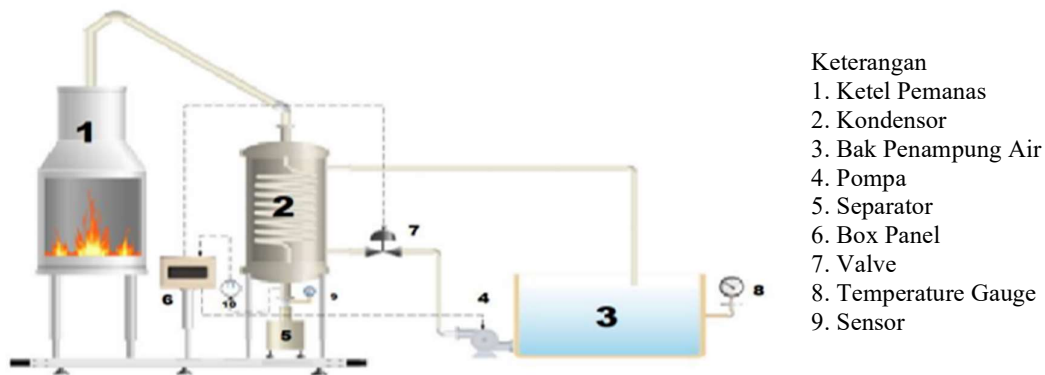
Pembuatan prototype pengolahan minyak atsiri merupakan salah satu cara untuk menyediakan peralatan pengolahan minyak atsiri, yang memiliki teknologi pengendalian untuk meningkatkan kualitas dan dapat diduplikasi teknologinya. Teknologi yang digunakan untuk mengolah minyak atsiri adalah menggunakan teknologi yang sederhana yaitu distilasi [5], diperlukan sentuhan teknologi instrumentasi dalam hal ini sebagai peralatan pengendali dan monitoring untuk meningkatkan kualitas produksi minyak atsiri. Bahan minyak atsiri diuapkan dengan memanaskan dengan media uap air sehingga terbentuk campuran uap air dan uap minyak atsiri [6]. Campuran uap ini kemudian dikondensasikan sehingga terbentuk cairan yang berisi campuran minyak dan air. Campuran minyak dan air ini kemudian dipisahkan berdasarkan berat jenisnya. Air yang lebih berat akan berada dibawah dan minyak yang lebih ringan akan berada diatas permukaan air, selanjutnya air ditapping untuk dibuang atau diambil sebagai aerosol dan minyak atsiri didapatkan sebagai produknya.

Salah satu bagian dari prototype pengolahan minyak atsiri adalah kondensor yang berfungsi merubah fasa uap menjadi fasa cair melalui proses kondensasi [7]. Pada artikel ini, pengendalian temperature pada kondensor dilakukan untuk meningkatkan kualitas produksi minyak atsiri. Temperatur kondensor dijaga pada temperature 29° Celsius. Untuk menjaga temperature sesuai yang diinginkan diperlukan peralatan sistem instrumentasi diantaranya alat ukur atau transmitter temperature, pengendali berupa microcontroller Arduino UNO dan final control element berupa servo valve.

2. METODA

2.1. Proptotype Pengolah Minyak Atsiri

Destilasi atau penyulingan uap dan air ini sering disebut sistem uap. Metode sistem ini mirip dengan perebusan atau penyulingan air, tetapi bahan baku dan air larutan tidak bersentuhan langsung dengan memberi batas berupa filter sehingga memiliki batas atas volume air. Sistem destilasi uap dan air ini banyak digunakan dalam industri minyak serai wangi. Hal ini karena membutuhkan sedikit air, sehingga penyulingannya lebih singkat [1]



Gambar 1. Skema Destilasi Uap dan Air

Pada proses pengolahan minyak atsiri serai wangi membutuhkan beberapa alat pendukung yang terdiri dari ketel distilasi, kondenser, dan separator. Pada pengolahan minyak atsiri serai wangi melibatkan kondensor secara substansial. Untuk mengubah serai wangi menjadi minyak atsiri, diperlukan kondensor untuk melakukan ekstraksi serai wangi menjadi minyak atsiri. Selain itu, kondensor merupakan bagian dalam proses pendinginan ekstraksi dengan melakukan proses pertukaran panas untuk menghilangkan panas. Purwarupa ini menggunakan penukar panas jenis shell – tube (shell tube heat exchanger) pada bagian shell akan memuat media pendingin sedangkan pada bagian tube memuat steam. Selain itu, kondensor ini menggunakan metode

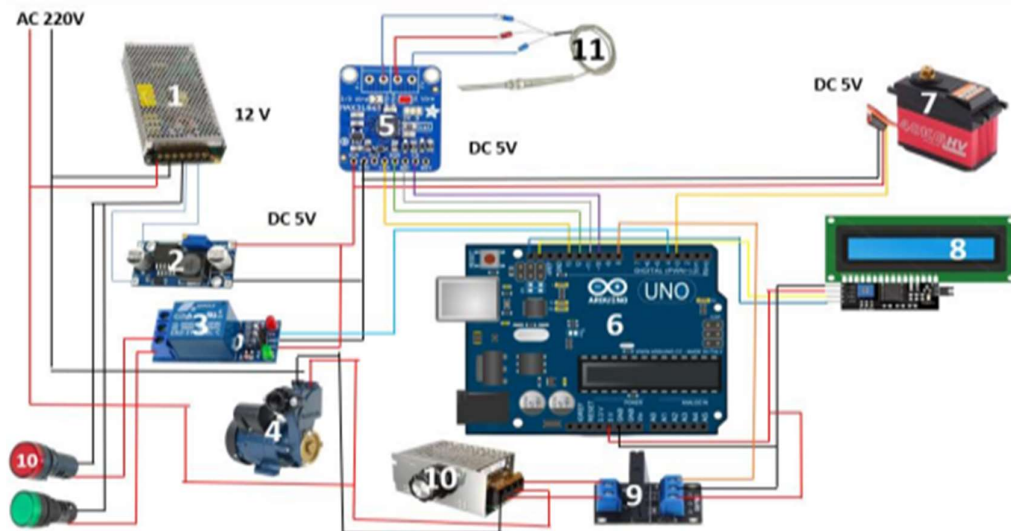
cross flow heat exchanger dengan cara melakukan penyilangan pada masukan media pendingin dan keluaran tube, sehingga suhu kondensat akan sama dengan suhu media pendingin [2]. Maka dari itu, faktor yang perlu diperhatikan adalah suhu dari media pendingin, apabila ketel distilasi mengalami over heating dan media pendingin pada kondensor tidak dapat menahan uap panas yang masuk maka steam pada tube tidak dapat terproses menjadi minyak atsiri dengan baik.

2.2. Pengendalian Temperatur Pada Kondensor

Kondensor yang dibuat pada penelitian ini meliputi tabung kondensor beserta komponen pendukungnya. Ukuran dimensi kondensor yang dibuat yaitu diameter 30, tinggi 50 cm dan bahan yang digunakan SS 304 2 mm. Sebagai penyalur media untuk pendinginan, dibuat berbentuk spiral agar memiliki luas penampang permukaan uap yang lebih besar.

Untuk sistem pengendalian temperature pada kondensor dipergunakan sistem feedback control system, dimana temperature diukur dan sinyal temperature dipakai sebagai dasar pengendali untuk membuka dan menutup servo valve. Besar kecilnya bukaan servo valve tergantung dari perintah pengendali yang melakukan perhitungan dengan metoda PID, dimana besar kecilnya sinyal pengendali tergantung dari selisih antara nilai setting dengan nilai pengukuran dan ditentukan pula oleh besar kecilnya parameter pengendali berupa nilai proportional, integral dan derivative. Untuk pengukuran temperature kondensor dipergunakan sensor RTD PT-100 [8]. Microcontroller Arduino Uno dipergunakan sebagai pengendali dengan mode PID disusun menggunakan software Arduino IDE. Pemilihan komponen pengendalian seperti sensor RTD PT-100, controller Arduino Uno R3, dan servo valve berdasarkan studi literatur dan spesifikasi komponen. Kemudian tahap pemrograman pada Arduino Uno R3 menggunakan software Arduino IDE menggunakan bahasa C++ ditunjukkan pada tabel 1. Program ini dibuat untuk melakukan pembacaan pada sensor, melakukan koreksi terhadap nilai error dengan parameter PID yang diberikan pada GUI.

Komponen elektrik dirangkai sedemikian rupa didalam panel box yang terintegrasi dengan program controller. Hasil konfigurasi wiring ditunjukkan pada gambar 2 beserta deskripsi singkat tentang komponen pada tabel 1



Gambar 2. Wiring pada pembuatan sistem pengendalian temperature kondensor

Tabel 1. Peralatan sistem pengendalian temperature kondensor

No	Nama Alat	Fungsi	Link
1.	Power Supply	Sumber tegangan 12 DC	https://bit.ly/3qOoq5C
2.	Buck Converter	Penurun tegangan dari 12V ke 5V	
3.	Relay 1 Chanel	Switching pilot lamp	
4.	Pompa AC	Pengalir pendingin ke kondensor	
5.	Modul MAX 31865	Digital converter sensor PT-100	

6	Arduino R3	Controller	
7	Motor Servo	Penggerak valve	
8	LCD 20 X 4	Display indikator	
9	Modul Relay SSR	Pengatur beban pompa	
10.	Dimmer	Penurun kecepatan putar pompa	
11.	RTD PT-100	Sensor temperatur	
12	Pilot Lamp	Lampu indikator	

Untuk pembuatan software terdiri dari dua bagian yaitu software untuk pengendalian dan software untuk monitoring. Kedua software yang dibangun berbasis Bahasa pemrograman C++ yang dibuat dalam Arduino IDE.

Tabel 2. Software untuk pengendalian dan monitoring temperature kondensor

No	Nama Alat	Software	Link
1.	Controller	Arduino IDE	https://bit.ly/3XaWbu9
2.	Monitor	Arduino IDE	https://bit.ly/44bIOMI

2.3. Penalaan Pengendali

Sistem pengendalian pada prototype ini terdiri dari runtutan sensor, controller, dan control valve. Dengan konfigurasi dari loop sistem tersebut merupakan sistem close loop yang mana akan terdapat error atau selisih antara sinyal input dengan sinyal umpan balik. Menggunakan mode kontroler PID (proportional, integral, derivatif). Berikut ini persamaan matematis PID: [9]

$$u(t) = Kp \cdot e(t) + Ki \int_0^t e(t)dt + Kd \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Pengendalian ini dikenal sebagai pengontrol tiga mode yang mana parameter pada controller ini meliputi unit Proportional dipergunakan untuk mengurangi error pada PV, selain itu jika nilai P terlalu besar maka dapat menimbulkan overshoot pada sistem. Yang ke-dua adalah unit Integral berfungsi untuk menghilangkan error dan offset pada sistem, tetapi jika nilai integral terlalu besar maka dapat menimbulkan osilasi pada sistem. Yang ke-tiga adalah unit Derivative yang berfungsi mempercepat dan menstabilkan respon PV menuju SP serta dapat mengurangi overshoot.

Dalam mencari parameter mode kontroler PID terdapat berbagai macam metode antara lain, Trial and Error, Direct Synthesis, Cohen-Coon, dan Ziegler – Nichols. Pada penelitian ini dipergunakan Metode Ziegler – Nichols. Metoda Ziegler – Nichols pertama kali digunakan pada tahun 1942 kelebihan dari metode ini yaitu tidak diperlukan penurunan model matematis pada setiap elemen pengendalian proses. Pada penalaan PID Ziegler – Nichols ini terdapat dua metode penalaan yaitu: Metoda Open Loop atau Metoda pertama Ziegler - Nichols ini menggunakan respon step untuk pengujian respon dari sistem sehingga membutuhkan proses yang stabil. Ciri dari sistem open loop di metode pertama ini adalah menggunakan dua parameter yaitu L (delay) dan T (konstanta waktu). Untuk menentukan parameter Proportional, Proportional Integral, dan Proportional Integral Derivative metode Ziegler – Nichols mempunyai ketentuan seperti pada gambar 3 (a).

Metoda Close Loop Metode atau dikenal dengan metoda kedua Ziegler – Nichols atau disebut ultimate gain menggunakan inputan step dan menggunakan proportional lalu nilai Kp sehingga didapatkan respons osilasi atau kritis dan didapatkan Kp saat kritis (Kcr) yang menghasilkan osilasi dengan amplitudo yang sama dengan nilai perioda osilasi yang disebut dengan Pcr. Untuk menentukan parameter P, PI, dan PID metode Ziegler – Nichols mempunyai ketentuan seperti pada gambar 3 (b) [10].

Type of Controller	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

(a)

Type of Controller	K_p	T_i	T_d
P	$0.5K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45K_{cr}$	$\frac{1}{1.2} P_{cr}$	0
PID	$0.6K_{cr}$	$0.5P_{cr}$	$0.125P_{cr}$

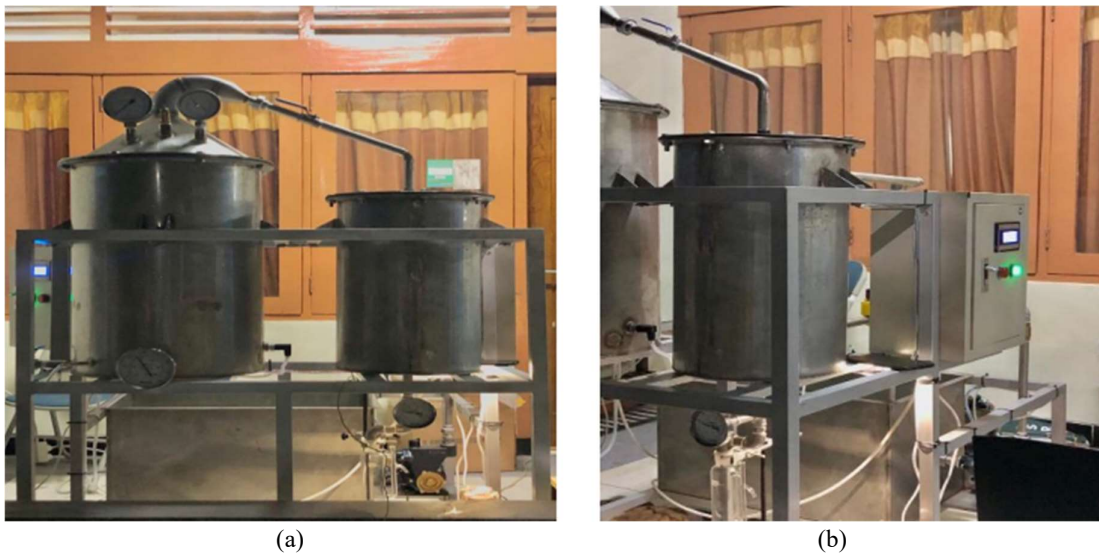
(b)

Gambar 3. (a). Penentuan nilai parameter pengendali metoda open loop
(b). Penentuan nilai parameter pengendali metoda closed loop

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototype kondensor ini digunakan untuk mengkondensasikan uap minyak dan uap air serai wangi dengan tube spiral tembaga sepanjang 8.8 meter dipasang pada bagian dalam kondensor. Hasil dari kondensasi disebut dengan kondensat, yang mana kondensat ini terbagi menjadi dua yaitu, minyak atsiri serai wangi dan hidrosol. Kedua liquid tersebut akan dipisahkan berdasarkan massa jenis dengan menggunakan alat tambahan yaitu separator. Kondensat ini akan di sensing oleh RTD PT – 100 yang memiliki tiga kabel yang berwarna biru dan merah, ketiga kabel tersebut sebagai + dan – yang akan dihubungkan dengan menggunakan modul MAX 31865 yang akan mengkonversi output dari sensor RTD (resistansi) menjadi sinyal digital yang dapat diterima oleh kontroler. Kemudian servo valve akan mengendalikan laju aliran sesuai dengan perintah dari kontroler yang beroperasi sesuai dengan persentasi bukaan yang dikehendaki pada mode manual mulai dari 0% hingga 100% atau sudut bukaan valve 0 – 90 derajat dan akan mengatur bukaan valve secara otomatis apabila menggunakan mode kontrol auto berdasarkan hasil koreksi, perhitungan kontroler dari parameter PID yang diberikan.

Hasil implementasi gabungan mekanikal dan elektrik menghasilkan suatu unit pengolahan minyak atsiri yang dapat digunakan untuk menghasilkan produk minyak atsiri tertentu sesuai dengan bahan yang digunakan



(a) (b)
Gambar 4. (a). Prototype unit pengolah minyak atsiri
(b). Bagian kondensor prototype pengolah minyak atsiri

Untuk mengetahui hasil pengendalian, temperature kondensor diukur menggunakan sensor RTD PT-100, sensor ini memiliki nilai keluaran berupa hambatan listrik bernilai 100 ohm saat temperature sensor 0oC. Agar sinyal sensor dapat dibaca oleh microcontroller Arduino UNO, sinyal sensor dikonversikan menjadi sinyal digital 12 bit menggunakan modul MAX 31865. Agar modul ini dapat dipakai diperlukan library Adafruit_MAX31865.h. Sebelum memakai modul ini, diperlukan deklarasi parameter untuk temperature dengan menunjukkan pin-pin dari modul ini yang dipakai dan dikoneksikan dengan Arduino UNO. Dalam hal ini deklarasi parameternya menggunakan parameter thermos sebagai berikut: [8]

```
Adafruit_MAX31865 thermo = Adafruit_MAX31865(CS_PIN, DI_PIN, DO_PIN, CLK_PIN);
```

Untuk membaca nilai sensor RTD PT-100 dipergunakan perintah sebagai berikut

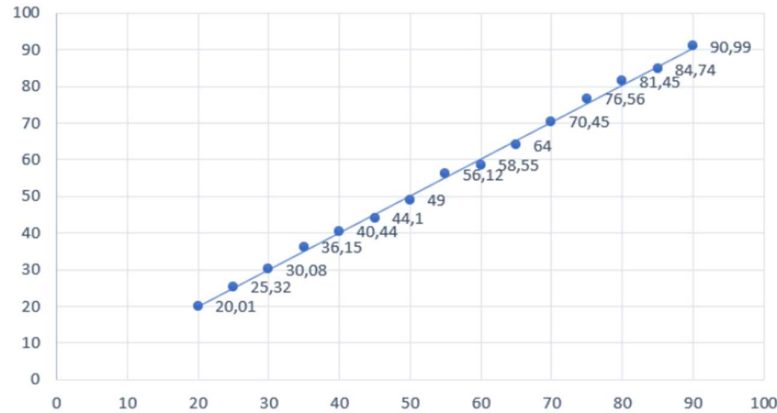
```
thermo.begin(MAX31865_2WIRE);
```

Sedangkan hasil bacaannya adalah dengan menjalankan fungsi `read_sensor()` yang dinyatakan dengan deklarasi sebagai berikut

```
read_sensor();
suhu = thermo.temperature(RNOMINAL, RREF) - 10;
suhucal = (0.9776 * suhu) + 2.2821; // kalibrasi linier excel
```

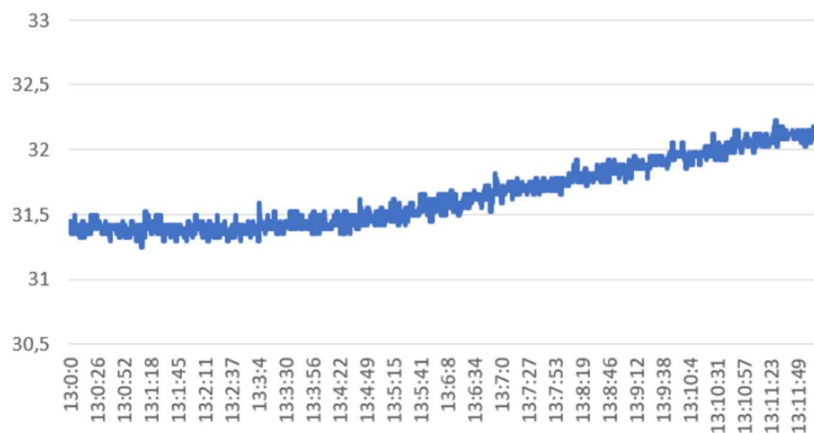
Data hasil pembacaan kemudian dimodifikasi dan dilinearisasi menggunakan software excel sehingga didapatkan persamaan untuk linierisasi tersebut diatas.

Hasil pengujian sensor ditunjukkan pada gambar 5. Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan nilai pengukuran dengan thermometer air raksa dan nilai pengukuran penunjukkan display monitor. Dari gambar 5 terlihat bahwa penunjukkan nilai temperature memiliki liniaritas yang cukup baik



Gambar 5. Grafik validasi sensor setelah dilinearisasi atau dikalibrasi

Penalaan sistem dilakukan dengan menggunakan dua metode dari Ziegler Nichlos. Pada pernacangan PID dengan metode pertama ziegler nichlos dengan memberikan inputan step untuk melihat perubahan pada PV hingga stabil. Metode pertama Ziegler Nichlos ini membutuhkan parameter L (Time Delay) dan Ts (Konstanta Waktu). Parameter tersebut didapat dari data bump test dengan membuat grafik dari excel menggunakan data data hasil bump test. Bump test ini di lakukan dengan mengatur MV dari 100% hingga 20% sampai proses dalam kondisi steady state.



Gambar 6. Grafik bump test sistem pengendalian temperature kondensor dengan MV 100% sd 20%

Dari grafik 6 didapatkan Delay Time (L) = 2 detik, waktu delay merupakan waktu yang dibutuhkan PV setelah diberi perubahan nilai MV dan Time Constant (Ts) yang merupakan waktu yang diperlukan saat nilai PV

berubah sebesar 63,2% dari nilai awal 31,39°C (PV1) ke nilai baru 32,15°C (PV2) maka hasil pengurangan PV 1 dan PV 2 yaitu 0,76 sehingga menjadi $63,2\% \times 0,76 = 0,48032$. Terjadi perubahan pada PV 2 = 32,15°C – 0,48032 = 31,66°C (290 detik), sehingga T_s diperoleh sebesar 290 detik

Dengan menggunakan tabel pada gambar 2, penalaan PID menggunakan zigler nichlos open loop mempunyai rule terkait nilai PID nya adalah sebagai berikut .

$$K_p = 1,2 \cdot \frac{T}{L} = 1,2 \cdot \frac{290}{2} = 174$$

$$T_i = 2 \times L = 2 \cdot 2 = 4$$

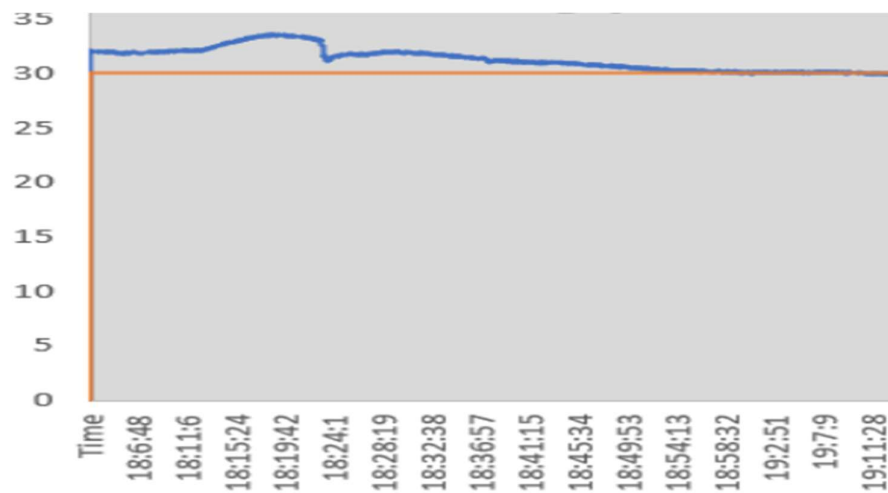
$$T_d = 0,5 \times L = 0,5 \cdot 2 = 1$$

Sehingga didapatkan nilai

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{174}{4} = 43,5$$

$$K_d = K_p \cdot T_d = 174 \cdot 1 = 174$$

Nilai tersebut setelah diujicobakan ke dalam sistem pengendalian dengan menggunakan nilai perubahan setting dari 32 ke 30 menghasilkan respon seperti terlihat pada gambar berikut



Gambar 7. Respon dinamik sistem pengendalian kondensor saat perubahan set point dari 32°C ke 30°C

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa respon sistem memberikan nilai settling time sebesar 1.998 detik atau sekitar 33 menit. Hasil ini mungkin belum memuaskan akan tetapi tujuan dari pengendalian untuk mendapatkan nilai proses dengan kestabilan dapat dipenuhi. Tuning dengan metoda lain perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil pengendalian yang lebih optimal.

4. KESIMPULAN

Telah dibuat sebuah prototype unit pengolahan minyak atsiri dan telah diuji coba dengan mengolah daun serai wangi. Metoda pengolahan yang dilakukan adalah dengan menggunakan metoda distilasi atau penguapan. Uap yang dihasilkan kemudian didinginkan dengan menggunakan kondensor sehingga didapatnya larutan minyaknya. Untuk mendapatkan hasil yang optimal diperlukan sistem pengendalian temperature pada kondensernya. Pengendalian temperature pada condenser yang dibuat adalah menggunakan pengendali PID yang dibuat dari microcontroller Arduino UNO. Untuk proses komputasi dari sistem pengendalinya digunakan software Arduino IDE. Hasil unicoba sistem pengendali temperature mendapatkan respon pengendali yang baik yaitu didapatkan respon kestabilan meskipun nilai settling time masih terlalu lama. Tuning parameter dengan metoda lain perlu dilakukan jika diinginkan untuk mendapatkan respon yang lebih optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih atas kesempatan dan penggunaan laboratorium instrumentasi oleh Politeknik Energi dan Mineral Akamigas sehingga penelitian ini dapat diselesaikan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sulaswatty, Quo vadis minyak serai wangi dan produk turunannya, Jakarta: LIPI Press, 2019.
- [2] G. Buchbauer and H. C. Baser, Handbook of Essential Oils Science, Technology, and Applications, Second Edition, England: CRC Press, 2015.
- [3] M. R. N. Alfajri, B. Harahap and A. I. Dewantoro, "Evaluasi dan perbaikan proses produksi minyak atsiri nilam berbasis neraca masa (studi kasus CV Anugerah Essential Oil, Sumedang)," *Teknologi Industri Pertanian*, pp. 21 - 27, 2019.
- [4] Kementerian Perindustrian, "Ada Potensi Cuan Besar di Minyak Atsiri, Kemenperin Optimalkan Hilirisasi," 16 October 2021. [Online]. Available: <https://www.kemenperin.go.id/artikel/22866/Ada-Potensi-Cuan-Besar-di-Minyak-Atsiri,-Kemenperin-Optimalkan-Hilirisasi->.
- [5] S. Pramadani, Fakhrizal and M. Miftah, "ITS Tingkatkan Produktivitas Ekstraksi Mesin Distilasi Minyak Atsiri," 25 October 2022. [Online]. Available: <https://www.its.ac.id/news/2022/10/25/its-tingkatkan-produktivitas-ekstraksi-mesin-distilasi-minyak-atsiri/#:~:text=Pada%20dasarnya%2C%20minyak%20atsiri%20merupakan%20komoditi%20ekstrak%20alami,yang%20hendak%20diekstraksi%20dicampur%20dengan%20air%20kemud>.
- [6] L. K. Dewi, D. L. Friatnasary, W. Herawati, V. Nurhadianty and C. Cahyani, "Studi Perbandingan Metode Isolasi Ekstraksi Pelarut dan Destilasi Uap Minyak Atsiri Kemangi terhadap Komposisi Senyawa Aktif," *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, pp. 13 - 19, 2018.
- [7] Z. Anwar, S. Hasanuddin and D. M. Dipa, "Perancangan Kondensor Pada Mesin Destilasi Minyak Serai Wangi Kapasitas 5 kg," *Jurnal Teknik Mesin dan Industri*, pp. 48 - 53, 2023.
- [8] L. Ada, "Adafruit MAX31865 RTD PT100 or PT1000 Amplifier Arduino Code," 1 January 2023. [Online]. Available: <https://learn.adafruit.com/adafruit-max31865-rtd-pt100-amplifier/arduino-code>.
- [9] K. Ogata, Modern Control Engineering, New Jersey, Amerika Serikat: Prentice Hall, 2010.
- [10] V. Kumar and A. Patra, "Application of Ziegler Nichols Method for Tuning of PID Controller," *International Journal of Electrical and Electronic Engineering*, pp. 559 - 570, 2016.