

Implementasi Kontrol PID Untuk Pengendalian Suhu Pada Tanki Kondensor Dalam Proses Destilasi Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis

Bagus Aji Miftahudin, Siswoko, Herman Hariyadi

Abstrak — Minyak atsiri adalah gabungan dari beberapa senyawa yang berbentuk zat cair yang didapatkan dari bagian tanaman yang memiliki bau khas yang wangi dengan cara destilasi. Minyak atsiri biasanya dikenal dengan *Essential oil volatile*. Salah satu tanaman penghasil dari minyak atsiri yang berada di Indonesia adalah jeruk manis. Ada beberapa faktor yang harus diperhitungkan dalam destilasi minyak atsiri pada kulit jeruk manis, salah satunya adalah temperatur pendingin uap panas setelah perebusan, karena yang sering terjadi dilapangan adalah suhu yang tidak terkontrol dan dapat mengakibatkan *over heating* dan uap hasil perebusan tidak akan terproses menjadi minyak secara maksimal. Oleh sebab itu dibuatlah sistem pengendalian suhu pada tanki kondensor menggunakan kontrol PID untuk mengatur suhu air di tanki agar tetap stabil saat uap panas mengalir. Didapatkan nilai $K_p = 4.8$, $K_i = 0,005$, dan $K_d = 914.68$ dengan menggunakan metode *Ziegler Nichols*. Alat ini menggunakan mikrokontroler ArduinoUno sebagai kontroler dan sensor LM35DZ sebagai sensor suhunya.

Kata kunci : *Kondensor, ArduinoUno, LM35DZ, PID*.

I. PENDAHULUAN

Minyak atsiri merupakan campuran dari senyawa yang berwujud cairan yang diperoleh dari bagian tanaman, akar, kulit, batang, daun, buah, biji, maupun dari bunga dengan cara penyulingan.

Minyak atsiri dikenal dengan nama minyak eteris (*Essential oil volatile*) yang merupakan salah satu hasil metabolisme tanaman. Minyak atsiri bersifat mudah menguap pada suhu kamar, mempunyai rasa getir, serta berbau wangi sesuai dengan bau tanaman penghasilnya. Salah satu jenis tanaman penghasil minyak atsiri yang berada di Indonesia adalah kulit jeruk manis.

Destilasi atau penyulingan adalah cara pemisahan zat cair dari campurannya berdasarkan perbedaan titik didih atau berdasarkan kemampuan zat untuk menguap. Destilasi yang digunakan pada kulit jeruk manis adalah dengan cara destilasi air. Pada proses penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Terdapat beberapa faktor yang harus

diperhatikan dalam destilasi minyak atsiri pada kulit jeruk manis, salah satunya adalah suhu air pada tanki kondensor. Karena yang sering terjadi dilapangan adalah uap hasil perebusan biasanya mengalami *over heating* apabila air pada kondensor tidak mampu menahan uap panas yang masuk. Akibatnya uap hasil perebusan biasanya tidak akan terproses menjadi minyak secara maksimal.

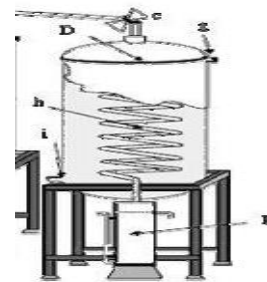
Berdasarkan permasalahan diatas maka dilakukan penelitian tentang pengendalian suhu pada tanki kondensor dalam proses destilasi minyak atsiri dengan kontrol PID". Diharapkan dengan dibuatnya alat ini dapat membantu masalah yang ada pada lapangan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondensor

Kondensor adalah sebuah alat yang digunakan untuk membuang kalor ke lingkungan, sehingga uap akan mengembun dan berubah fasa dari uap ke cair. Sebelum masuk ke kondenser refrigeran berupa uap yang bertemperatur dan bertekanan tinggi, sedangkan setelah keluar dari kondenser refrigeran berupa cairan jenuh yang bertemperatur lebih rendah dan bertekanan sama (tinggi) seperti sebelum masuk ke kondensor.

Kondensor yang air pendinginnya langsung dibuang, maka air yang berasal dari suplai air dilewatkan ke kondensor akan langsung dibuang atau ditampung di suatu tempat dan tidak digunakan kembali. Sedangkan kondensor yang air pendinginnya digunakan kembali, maka air yang keluar dari kondensor dilewatkan melalui menara pendingin (*cooling tower*) agar temperaturnya turun.

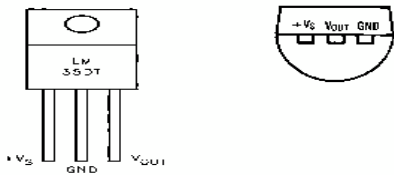


Gambar 1 Bentuk Kondensor

2.2 Sensor Suhu LM35DZ

Sensor LM35DZ adalah modul sensor suhu LM35DZ yang tahan air. Dalam modul LM35DZ ini, sensor LM35DZ telah diberi lapisan yang tahan air, sehingga modul tetap dapat

bekerja dengan baik untuk mengukur suhu dalam cairan. Sensor suhu LM35DZ adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. LM35DZ memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35DZ juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan.



Gambar 2 Sensor suhu LM35DZ

Meskipun tegangan sensor ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi yang diberikan kesensor adalah sebesar 5 volt, sehingga dapat digunakan dengan catu daya tunggal dengan ketentuan bahwa LM35DZ hanya membutuhkan arus sebesar 60 μ A hal ini berarti LM35DZ mempunyai kemampuan menghasilkan panas (*self-heating*) dari sensor yang dapat menyebabkan kesalahan pembacaan yang rendah yaitu kurang dari 0,5 $^{\circ}$ C pada suhu 25 $^{\circ}$ C.

2.3 Arduino Uno

Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328 (*datasheet*). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *board* Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya.

2.4 Metode PID

Didalam suatu sistem kontrol dikenal adanya beberapa macam aksi kontrol, diantaranya yaitu aksi kontrol *proporsional*, aksi kontrol *integral* dan aksi kontrol *derivative*. Masing-masing aksi kontrol ini mempunyai keunggulan-keunggulan tertentu, dimana aksi kontrol *proporsional* mempunyai keunggulan *rise time* yang cepat, aksi kontrol *integral* mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error* dan aksi kontrol *derivative* mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error* atau meredam *overshot/undershot*. Untuk itu agar menghasilkan output dengan *risetime* yang cepat dan *error* yang kecil dapat dilakukan dengan menggabungkan ketiga aksi kontrol ini menjadi aksi kontrol PID. Parameter pengontrol *Proporsional Integral Derivative* (PID) selalu didasari atas tinjauan terhadap karakteristik yang di atur (*plan*). Dengan demikian

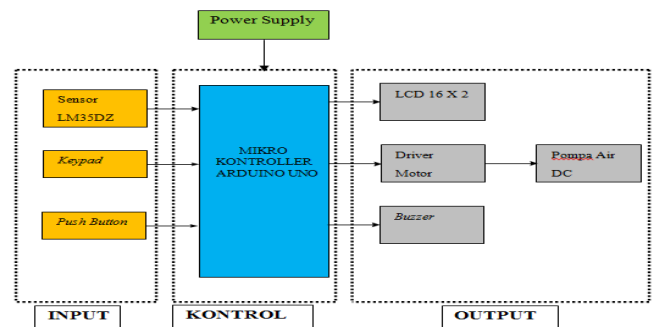
bagaimanapun rumitnya suatu *plan*, perilaku *plan* tersebut harus di ketahui terlebih dahulu sebelum pencarian parameter PID itu dilakukan.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Prinsip Kerja Sistem

Prinsip kerja dari sistem implementasi kontrol PID untuk pengendalian suhu pada tanki kondensor dalam proses destilasi minyak atsiri kulit jeruk manis adalah mengontrol temperatur di dalam kondensor agar selalu *steadystate* sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan. Sistem ini menggunakan metode PID sebagai sistem kontrol nya untuk menstabilkan temperatur. Berat kulit jeruk yang digunakan sebanyak 5 kg dan air yang digunakan untuk perebusan sebanyak 10 liter.

Setpoint yang digunakan pada proses kondensasi ini adalah 30 $^{\circ}$ C dan 35 $^{\circ}$ C untuk suhu perebusan 100 $^{\circ}$ C. Saat nilai setpoint dimasukkan maka mikrokontroler akan aktif dan *driver* bertugas untuk mengendalikan pompa DC untuk mensirkulasi air pada kondensor. Pompa DC tersebut mendorong air yang ada pada kondensor menuju ke radiator untuk didinginkan hingga mencapai *setpoint* yang diinginkan. Jika suhu air dalam kondensor telah mencapai *setpoint* maka sensor akan mengirim data ke mikrokontroler dan memerintahkan pompa DC untuk mengurangi aliran yang dikeluarkan supaya suhu tetap dalam setpoint. Waktu yang digunakan untuk proses keseluruhan ialah 2 jam.



Gambar 3 Diagram Blok Sistem

3.2 Perencanaan Mekanik



Gambar 4 Perencanaan Mekanik

- Spesifikasi Mekanik

1. A. Dimensi Kondensor

- Diameter : 27 cm
- Tinggi : 34 cm

- Berat : 5 kg
- B. Dimensi Pipa Ulir
- Panjang : 300 cm
 - Diameter : 1,2 cm
 - Tebal : 0,3 cm

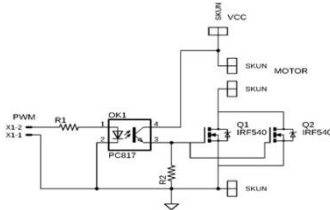
- C. Bahan
- Kondensor : Besi
 - Pipa Ulir : *Stainless Steel*
 - Trolli : Besi

2. Warna
- Kondensor : Hitam
 - Pipa : Silver
 - Troli : Hitam

- Spesifikasi Elektronik Alat

- Sensor : *LM35DZ*
 - *Temperature range* : -55 s/d 150°C
 - *Current* : (-) 60 µA
- Processor : Mikrokontroler Arduino Uno R3
 - *Type IC* : ATmega 328
 - *Power Supply* : 5 VDC
 - *Clock Speed* : 16 MHz
 - *Pin Digital I/O* : 14 pin
 - *Pin Analog Input* : 6 pin
- Actuator : Pompa Air DC
 - *Daya* : 100 watt
 - *Tegangan* : 12VDC
 - *Flow* : 7L/Min
- Display : LCD 16 x 2
 - Sumber : PS 12 VDC

3.3 Rangkaian Driver Heater

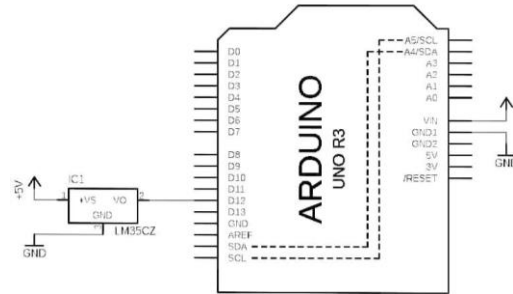


Gambar 5 Rangkaian *Driver* Motor Pompa

Rangkaian *driver* motor berfungsi untuk menggerakkan motor DC yaitu dengan cara mengatur tegangan pada motor yaitu dengan mengatur besar *duty cycle* melalui program pada mikrokontroler. *Driver* motor yang digunakan adalah *driver mosfet* yang berfungsi sebagai penguat karena tegangan keluaran dan keluaran arus mikrokontroler terlalu kecil yaitu 4,8V dan 4mA sampai 20 mA (*datasheet*) sedangkan tegangan motor sebesar 12V. Jika mikrokontroler langsung terhubung

3.4. Rangkaian Sensor LM35DZ

Pada rangkaian ini digunakan LM35DZ sebagai komponen utama dalam pembacaan suhu. LM35DZ mempunyai kemampuan membaca suhu -55°C sampai dengan 150°C sesuai dengan *datasheet*.



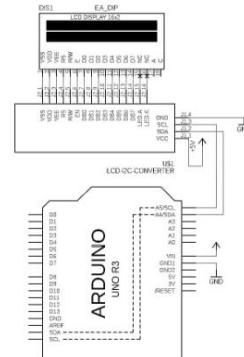
Gambar 6 Rangkaian LM35DZCD

3.5 Rangkaian LCD

Dalam konfigurasinya display yang digunakan adalah LCD 16x2 yang berarti display ini mampu menampung 2 baris dan 16 kolom karakter. Rangkaian display ini berfungsi untuk menampilkan data-data yang sebelumnya telah diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno dan ditentukan data yang akan ditampilkan pada LCD 16x2 ini akan menampilkan *setpoint* dan suhu yang terbaca.

Dengan penggunaan shield LCD 16x2 yaitu I2C, penggunaan pin pada shield LCD 16x2 ini membutuhkan 2 pin data dan 2 pin VCC dan GND.

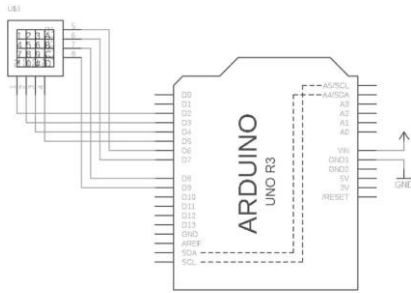
Fungsi rangkain modul I2C disini adalah menghemat penggunaan pin pada minimum sistem. 16 pin pada LCD dihubungkan pada 16 pin I2C dan selanjutnya output pin keluaran dari I2C yang terhubung pada pin minimum sistem hanya berjumlah 4 buah.



Gambar 7 Rangkaian LCD dengan I2C

3.6 Rangkaian Keypad

Keypad yang digunakan dalam system ini adalah keypad matrix 4x4. Keypad disini berfungsi sebagai perangkat yang digunakan untuk memasukkan nilai setpoint yang diinginkan. Berikut adalah rangkaian skematik rangkaian keypad 4x4.

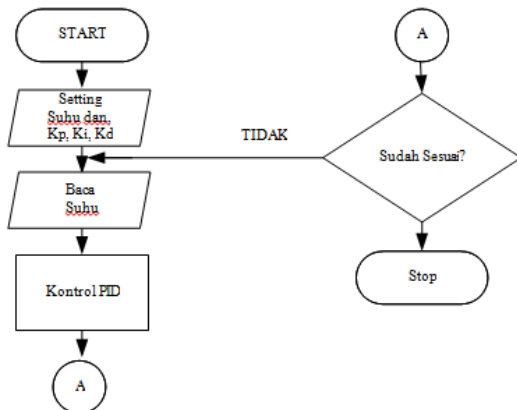


Gambar 8 Rangkaian Keypad

3.7 Perancangan Kontrol

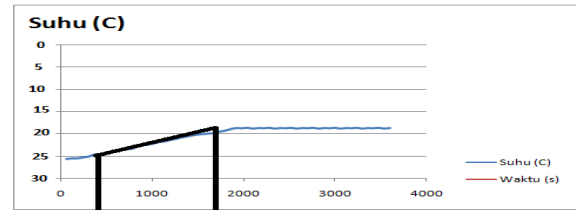
Pada perancangan dan pembuatan *software* ini menggunakan Mikrokontroler ArduinoUno dan untuk kontrol pengendalian suhu akan menggunakan Metode Osilasi PID Ziegler-Nichols atau metode *Trial Error*.

Mikrokontroler ArduinoUno digunakan untuk pengatur data input seperti sensor suhu LM35DZ dan keypad, maka data output diproses melalui port yang telah ditentukan, dan Mikrokontroler ArduinoUno juga digunakan sebagai pengolah data yang terdiri dari pembacaan data input set poin keypad, data yang diterima akan dikirim dan diolah didalam mikrokontroler ArduinoUno yang kemudian jadi acuan dalam pengambilan keputusan oleh kontroler PID. Berikut adalah *flowchart* sistem perancangan *software*.



Gambar 9 Digram Alir Perangkat Lunak

Untuk perancangan kontrol PID menggunakan metode osilasi *Ziegler-Nichols* untuk menentukan nilai Kp Ki dan KD sesuai dengan cara yang telah ada, dimana ketiga konstanta ini sangat berpengaruh terhadap kestabilan suhu agar mencapai *setpoint* yang diinginkan. Dalam penentuan mencari nilai Kp, Ki dan Kd dilakukan pengujian dengan cara mensirkulasi air pada kondensor tanpa menggunakan kontrol dan menggunakan PWM sebesar 255 pada pompa DC nya. Dari percobaan yang dilakukan didapatkan data seperti gambar 10.



Gambar 10 Grafik Pengujian Suhu Tanpa Kontrol

Dari Gambar 10 dicari L (waktu tunda) dan T (konstanta waktu). Didapatkan nilai L = 440s dan T = 1758s, dari nilai L dan T yang sudah diketahui maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai Kp, Ki dan Kd dengan rumus.

Nilai Kp
 $Kp = 1,2 \times T/L \dots \dots \dots (1)$
 $Kp = 1,2 \times 1758/440$
 $Kp = 4,8$

Nilai Ki
 $Ki = Kp/Ti \dots \dots \dots (2)$
 $Ki = 4,8/(2 \times L)$
 $Ki = 0,005$

Nilai Kd
 $Kd = Kp \times 0,5 \times L \dots \dots \dots (3)$
 $Kd = 4,8 \times 0,5 \times 440$
 $Kd = 914,68$

Dengan diperolehnya nilai Kp, Ki, dan Kd, ketiga nilai tersebut dimasukkan kedalam program kembali dan dilihat melalui grafik apakah respon yang dihasilkan nantinya sesuai dan dapat menjadi sistem menjadi stabil.

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian Sensor Suhu LM35DZ

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sensor LM35DZ dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan mengatur nilai suhu kondensor dari suhu ruang sampai suhu maksimal yang selanjutnya akan dibandingkan antara pembacaan suhu pada display dengan pembacaan *thermometer*.

Tabel 1 Pengujian Sensor Suhu

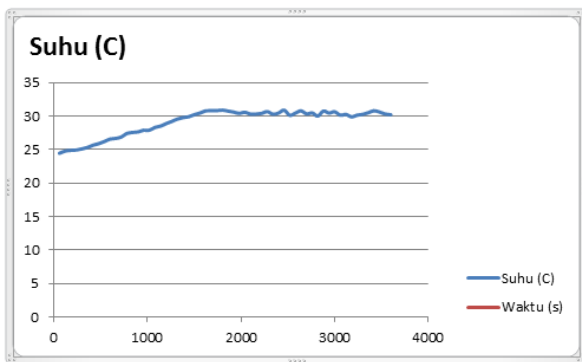
No	Suhu <i>Thermometer</i> (⁰ C)	Suhu <i>Display</i> (⁰ C)	<i>Error</i> (%)
1	26,4	26,3	0,3
2	30	30,2	0,6
3	40	40,3	0,75
4	50	50,2	0,4
5	60	59,9	0,16
6	70	70,9	1,2
7	80	81	2
	Rata-rata Error		0,77

Berdasarkan tabel 1 perbandingan suhu pada display dengan pembacaan sensor pada *thermometer* memiliki nilai *error* terbesar 2% dan terkecil 0.3% dengan rata-rata *error* sebesar 0.77%.

4.2 Pengujian PID Control

- Pengujian PID Control Menggunakan metode Ziegler Nichols, *setpoint* = 30°C

Selanjutnya akan dilakukan pengujian seluruh sistem menggunakan metode *Ziegler Nichols*. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode kurva reaksi *Ziegler Nichols* didapatkan $K_p = 4.8$, $K_i = 0.005$, dan $K_d = 914.68$. Grafik respon hasil perhitungan metode kurva reaksi *Ziegler Nichols* dengan $SP = 30^\circ C$ ditunjukkan gambar 11. Pengujian dilakukan sebagai berikut:

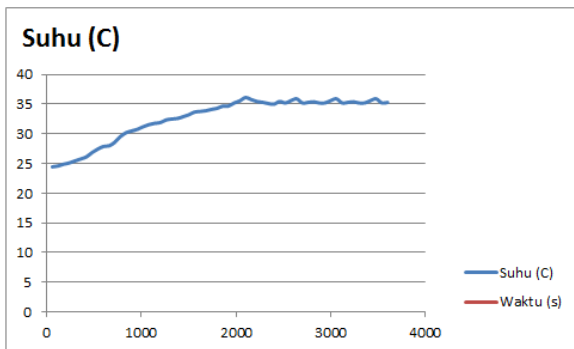


Gambar 11 Grafik respon pada suhu 30°C

Dari pengujian sistem dengan *setpoint* suhu = 30°C menghasilkan grafik seperti pada gambar 11 sehingga didapatkan waktu naik (*rise time*) = 1550 detik, *settling time* = 2478 detik, waktu puncak (*peak time*) = 1870 detik dan *percent overshoot* = 5.33%.

- Pengujian PID Control Menggunakan metode Ziegler Nichols, *setpoint* = 35°C

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode kurva reaksi *Ziegler Nichols* didapatkan $K_p = 4.8$, $K_i = 0.005$, dan $K_d = 914.68$. Grafik respon hasil perhitungan metode kurva reaksi *Ziegler Nichols* dengan $SP = 35^\circ C$ ditunjukkan gambar 12. Pengujian dilakukan sebagai berikut:



Gambar 12 Grafik respon pada suhu 35°C

Dari pengujian sistem dengan *setpoint* suhu = 30°C menghasilkan grafik seperti pada gambar 11 sehingga didapatkan waktu naik (*rise time*) = 1967 detik, *settling time* = 2580 detik, waktu puncak (*peak time*) = 2260 detik dan *percent overshoot* = 4.88%.

4.3 Pengujian Sistem

Setelah menguji perblok sistem telah sesuai dengan diagram blok sistem, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian keseluruhan sistem yaitu pengujian temperatur pada tanki kondensor.

Pengujian ini menggunakan *setpoint* suhu 30°C dan suhu 35°C untuk suhu perebusan 100°C.



Gambar 13 Gambar Hasil Minyak Atsiri Tanpa Kontrol



Gambar 14 Gambar Hasil Minyak Atsiri Pada Suhu 30°C



Gambar 15 Gambar Hasil Minyak Atsiri Pada Suhu 35°C

Pada pengujian menggunakan kulit jeruk manis ini di bagi menjadi 2 pengujian, yaitu pengujian menggunakan *setpoint* suhu 30°C dan suhu 35°C untuk suhu perebusan 100°C. Proses untuk destilasi dilakukan selama 2 jam. Minyak atsiri itu sendiri akan dipilah secara manual menggunakan pipet ukur.

Dari percobaan pada proses yang telah dilakukan, di tunjukkan bahwa dari suhu kondensasi 30°C untuk suhu perebusan 100°C menghasilkan minyak atsiri sebanyak 1,7 ml dengan waktu uji selama 2 jam. Dan pada saat percobaan pada setpoint 35°C untuk suhu perebusan 100°C menghasilkan minyak atsiri sebanyak 1,2 ml dengan waktu uji selama 2 jam. Dan hasil untuk minyak atsiri saat pengambilan data dengan cara tanpa kontrol menghasilkan minyak sebanyak 1,2 ml.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dijelaskan, maka dapat disimpulkan:

1. Dengan menggunakan kontrol PID, respon suhu yang dihasilkan mampu menstabilkan suhu yang diinginkan
2. Dapat diketahui dari pengujian sistem untuk mencapai *setpoint* suhu 30°C bisa ditempuh dengan waktu 1689 detik dan untuk mencapai *setpoint* suhu 35°C bisa ditempuh dengan waktu 1859 detik.
3. Hasil yang didapatkan pada saat percobaan *setpoint* suhu 30°C pada suhu perebusan 100°C menghasilkan minyak atsiri sebanyak 1,7 ml dan hasil yang didapatkan pada saat percobaan *setpoint* suhu 35°C pada suhu perebusan 90°C menghasilkan minyak atsiri sebanyak 1,7 1,4 ml.
4. Didapatkan nilai $K_p = 4.8$, $K_i = 0,005$, dan $K_d = 914.68$ dengan menggunakan metode *Ziegler Nichols*.

5.2 Saran

1. Untuk *system controller* ini dapat dikembangkan dengan *controller* lainnya yang lebih baik sehingga performansi kinerja alatnya diperoleh lebih baik lagi.
2. Untuk mekanik masih kurang baik karena menggunakan bahan-bahan seadanya dan terlalu kecil jika ingin menghasilkan minyak.
3. Apabila ingin mendapatkan hasil minyak yang bagus keringkan kulit jeruk tersebut terlebih dahulu.
4. Dapat menggunakan metode destilasi yang lain.

DAFTAR PUSAKA

- [1] Alfianur (2017). Judul penelitian ini adalah "Identifikasi Komponen Penyusun Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis". Skripsi PSTE Politeknik Negeri Malang.
- [2] Ilham Arsyansyah (2015). "Destilasi Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut". Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Petra Surabaya
- [3] Hannawati Anies (2015). "Pengontrolan Tanki Kondensor Dalam Destilasi Minyak atsiri Daun Nilam". Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya.
- [4] Majid Agung S. (2012). "Pengontrolan Temperatur Menggunakan Metode Kontrol PID Berbasis Mikrokontroler AT90S8515". Makalah Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- [5] Saeful Bahri (2016). Judul penelitian ini adalah "Prototipe Sistem Kendali PID Dan Monitoring Temperature Berbasis *Labview*". Skripsi Universitas Pendidikan Indonesia.
- [6] Suari Muharmen (2012). "Perancangan Sistem Pewaktuan dan Pengontrolan Temperatur Pada Aplikasi Kamar Temperatur Dengan Sensor LM35DZ Berbasis Mikrokontroler AT89S52". Jurnal Ilmu Fisika (JIF) Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas.
- [7] Saputro Joko Slamet (2018). Perancangan Kendali Keseimbangan Posisi Bola Menggunakan Metode Kendali PID. Karawang: Universitas Singaperbangsa Karawang
- [8] Suprianto (2015). Pengertian dan Prinsip Kerja Sensor RTD. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- [9] Tri Wahyu W. (2016). "Implementasi PID Untuk Pengontrolan Suhu Pada Kondensor Dalam Proses Destilasi Minyak Atsiri Daun Nilam". Skripsi Program Studi DIV Program Studi Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.
- [10] Wawan Tri Pamungkas (2015). Pengertian dan Prinsip Kerja Sensor RTD. Semarang: Universitas Negeri Semarang