

# Rancang Bnagun Kontrol Suhu Pada Tungku Pemanas Mesin Destilasi Minyak Atsiri Daun Nilam Menggunakan PLS S7 – 1200 Dan HMI

Virna Umro Audiana, Muhammad Rifa'I, Fathoni

**Abstrak** — Nilam (*Pogestemon cablin Benth*) adalah tanaman yang dapat menghasilkan minyak atsiri dan dikembangkan untuk produk obat-obatan. Dalam proses penyulingan, pengendalian suhu air merupakan faktor penting pada sistem destilasi. Suhu yang tidak dikontrol dengan baik dapat menyebabkan terjadinya ledakan karena tungku tidak mampu menahan tekanan yang dihasilkan. Mayoritas penyulingan minyak nilam yang dilakukan oleh produsen di Indonesia masih menggunakan peralatan sederhana, sehingga kualitas minyak nilam yang didapat kurang optimal dan menjadi di bawah standar dari yang disyaratkan. Upaya yang dapat dilakukan adalah meningkatkan efisiensi mesin distilasi yang dilengkapi dengan pengontrolan suhu air menggunakan PLC (Programmable Logic Controller) Siemens S7 – 1200 dan HMI (Human Machine Interface) sebagai alat untuk memonitoring kerja sistem secara real time. Untuk mendapatkan respon system yang stabil, diterapkan metode kontrol PID (Proportional Integral Derivatif) pada sistem. Tungku pemanas yang digunakan dengan ukuran diameter tungku 70 cm dengan tinggi 45.5 cm dan kapasitas 175 L. Suhu yang dikontrol pada tungku adalah 100°C - 115°C dengan menggunakan fine tuning diperoleh nilai  $K_p = 1.0$ ,  $T_i = 20.0$  dan  $T_d = 0.00003$ . Hasil dari pengujian sistem kontrol suhu didapatkan efisiensi sistem 99.9%. Dan berdasarkan grafik respon sistem diperoleh karakteristik error steady state 0.3 – 0.7 % dan overshoot tidak lebih dari 1%. Dari parameter kontrol fine tuning PID tersebut, menunjukkan respon sistem yang baik dan mampu menjaga suhu sesuai dengan set point yang diberikan pada HMI.

**Kata kunci** : Penyulingan Nilam, Kontrol suhu, PLC S7 - 1200, HMI, PID

Dalam proses penyulingan, pengendalian suhu air merupakan salah satu faktor penting pada sistem destilasi. Pengontrolan suhu air (*water heat control*) perlu dilakukan karena suhu merupakan salah satu parameter yang mudah berubah-ubah yaitu tergantung lingkungan sekitar. Suhu air yang tidak dikontrol dengan baik dapat menyebabkan terjadinya ledakan karena tungku tidak dapat menahan tekanan yang dihasilkan dari proses pemanasan air. Selama ini penyulingan minyak nilam yang dilakukan oleh produsen di Indonesia banyak menggunakan peralatan yang sederhana (teknologi konvensional) sehingga hasil yang didapat kurang efektif dan efisien, akibatnya kualitas minyak nilam menjadi di bawah standar yang disyaratkan dan menghasilkan kualitas minyak nilam yang kurang baik dan optimal.

Modul *mini plant* tungku pemanas pada skripsi ini menggunakan PLC (*Programmable Logic Controller*) S7-1200 CPU1214 DC/DC/DC sebagai kontroler serta menggunakan metode kontrol PID dan HMI (*Human Machine Interface*) Siemens KTP 600 sebagai alat untuk memonitoring kinerja sistem secara *real time*. Kontrol PID digunakan karena kontrol PID merupakan jenis kontrol yang secara umum banyak digunakan di industri dan memiliki karakteristik respon yang cepat dan stabil sehingga dapat digunakan untuk mengontrol suhu agar tetap terjaga sesuai dengan *set point* yang diinginkan.

Tujuan pada skripsi ini adalah dapat merancang serta mengontrol suhu air pada tungku pemanas agar tetap dalam kondisi yang stabil dengan pengaturan daya pada *heater* dalam proses pembuatan minyak nilam sesuai dengan nilai *set point* yang diberikan dengan menggunakan metode PID pada PLC S7 - 1200 dan HMI untuk memudahkan operator dalam proses monitoring dan pengendalian sistem secara *real time* yang dapat mengurangi *human error*.

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini sangat pesat di berbagai bidang. Teknologi yang canggih dapat digunakan dalam mengembangkan hasil produksi industri di Indonesia, salah satunya adalah produksi minyak nilam. Nilam (*Pogestemon cablin Benth*) merupakan salah satu tanaman utama penghasil minyak nilam, baik sebagai sumber devisa negara dan sumber pendapatan petani. Saat ini minyak nilam banyak dikembangkan ke arah produk obat-obatan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Minyak Nilam

Minyak nilam adalah minyak atsiri yang diperoleh dari tanaman nilam dengan cara penyulingan. Minyak atsiri yang terkandung pada tanaman nilam terdapat pada semua bagian tanaman seperti akar, batang, cabang, dan daun.

Pada saat ini, minyak nilam banyak dikembangkan ke arah produk obat-obatan dikarenakan minyak nilam mengandung lebih dari 24 jenis *sesquiterpene*, yang berpotensi sebagai senyawa anti kanker, anti mikroba, anti *inflammatory*, antibiotik dan anti mikroba dan anti tumor.

Minyak nilam berguna sebagai antibiotik dan anti radang karena menghambat pertumbuhan jamur dan mikroba. Minyak

nilam dapat digunakan untuk deodoran, obat batuk, asma, sakit kepala, sakit perut, bisul dan herpes. Dalam hal *psikoemosional*, minyak nilam termasuk dalam aroma terapi karena memiliki efek sedatif (menenangkan), sehingga dapat digunakan untuk menanggulangi gangguan depresi, gelisah, dan tegang karena kelelahan.

2.2 PLC Siemens S7-1200

Berdasarkan namanya konsep PLC adalah *Programmable* yang menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat yang dengan mudah diubah-ubah fungsi atau kegunaannya. *Logic* yang menunjukkan kemampuan dalam memproses input secara aritmatik dan logic. Dan *Controller* yang menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan output yang diinginkan .

PLC yang digunakan pada penelitian ini adalah PLC Siemens S7-1200. Pengontrol PLC Siemens S7-1200 mempunyai fleksibilitas dan daya untuk mengontrol berbagai perangkat serta mendukung kebutuhan pengontrolan otomatisasi. CPU pada Siemens S7 – 1200 menyediakan *port profinet* yang mendukung komunikasi *profinet* menggunakan TCP/IP standart, bisa digunakan untuk komunikasi dengan HMI dan *device* lainnya.

Pada Gambar 1. CPU 1214DC/DC/DC dan modul analog I/O memiliki karakteristik umum:

- a. Sumber tegangan DC 24 Volt.
- b. 14 *port input* dan 10 *output* digital,
- c. 4 *input* analog dan 2 *output* analog



Gambar 1. PLC Siemens S7-200 CPU224

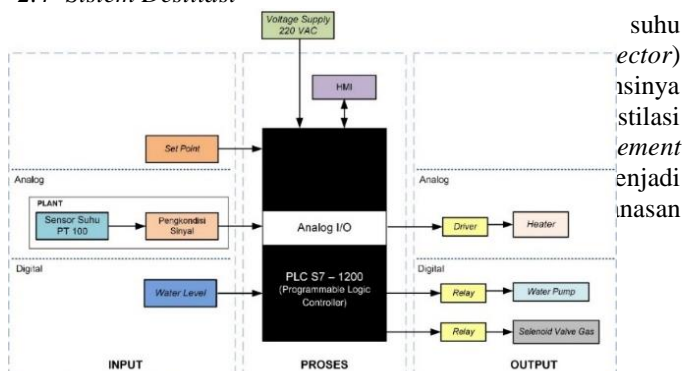
2.3 HMI SIEMENS KTP 600

*Human Machine Interface* (HMI) merupakan suatu perangkat elektronik yang berfungsi untuk menghubungkan manusia dengan mesin sebagai alat pemantauan dan pemberian kontrol kerja dari PLC. Tugas dari *Human Machine Interface* (HMI) yaitu membuat visualisasi sistem secara nyata sehingga mempermudah operator memonitor serta mengendalikan langsung secara *real time* terhadap proses yang sedang berlangsung. Gambar 2 menunjukkan HMI SIEMENS KTP 600 yang digunakan pada skripsi ini.



Gambar 2. HMI SIEMENS KTP 600

2.4 Sistem Destilasi



suhu  
ector)  
sinya  
stilasi  
ement  
enjadi  
anasan

menggunakan *heater* membutuhkan bantuan *driver heater* yang terdapat *Optocoupler* didalam rangkaiannya. *Optocoupler* adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi sebagai penghubung berdasarkan cahaya optik. Pada dasarnya *optocoupler* terdiri dari 2 bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*. *Transmitter* berfungsi sebagai pengirim cahaya optik dan *receiver* yang berfungsi sebagai pendeteksi sumber cahaya .

Pada sistem destilasi menggunakan *liquid water level stainless steel one ball* yang digunakan untuk mendeteksi level ketinggian air. Prinsip kerja dari sensor ini ialah, ketika *ball* menyentuh piringan pembatas *high*, maka saklar ini akan memberikan kontak secara magnetik. Saat *ball* menyentuh piringan atas, maka saklar *off* dan saat *ball* tidak menyentuh piringan maka saklar akan *on*. Sensor level air akan memberikan *feedback* pompa air (*water pump*). Pompa air DC pada skripsi ini berfungsi untuk memasukkan air kedalam tabung tungku pemanas dari tandon air yang selanjutnya dipanaskan pada suhu tertentu sesuai dengan *set point* yang ditentukan. Selain itu terdapat *solenoid valve gas* yang berfungsi untuk mengalirkan gas dan digerakkan oleh energi listrik melalui solenoida. Pada umumnya *solenoid valve gas* ini mempunyai tegangan kerja 100/200 VAC dan DC 12/24 VDC.

2.5 Kontrol PID (*Proportional, Integral Derivative*)

Sistem Kontrol PID (*Proportional – Integral – Derivative controller*) merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada system tersebut (*Feedback*). Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah cara pengaturannya itu kontrol P (*Proportional*), D (*Derivative*) dan I (*Integral*). Dalam perancangan system kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sesuai dengan yang diinginkan . Perhitungan kontrol PID seperti pada persamaan (1).

Dan penyetelan parameter PID menggunakan metode *Ziegler Nichols*

$$u(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \tag{1}$$

atau kurva reaksi ditunjukkan seperti pada Tabel 1.

Tabel I.

Penyetelan parameter PID metode kurva reaksi

Type Pengontrol	Kp	Ti	Td
P	T/L	~	0
PI	0.9 T/L	L/0.3	0
PID	1.2 T/L	2L	0.5L

\*) Sumber : Ogata K, 1997

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Blok Sistem

Prinsip kerja dari sistem tungku pemanas adalah sistem pertama kali dinyalakan dengan menekan tombol ON pada HMI, sistem akan aktif secara keseluruhan. Kemudian memasukkan nilai *set point* berupa nilai suhu pada HMI dengan *range* 100 – 115 °C. Pada saat sistem pemanasan dijalankan dengan menekan tombol START pada HMI, *water*

level sensor akan mendeteksi keberadaan air di dalam tungku pemanas. Apabila air pada tungku pemanas dalam keadaan kosong, maka sensor akan memberikan *feedback* ke pompa untuk *on* dan secara otomatis mulai mensuplai air ke tungku pemanas. Tungku pemanas akan mulai terisi air dari tandon air hingga *water level sensor* dalam kondisi *high* dan kemudian pompa akan berhenti mensuplai air (kondisi *off*). Pada saat level air sudah terpenuhi, *solenoid valve* gas akan terbuka penuh dan kompor akan mulai aktif untuk memanaskan air pada tungku pemanas. Selanjutnya sensor suhu PT-100 akan membaca suhu tungku pemanas pada kondisi aktual. Pengkondisi sinyal akan merubah nilai resistansi menjadi tegangan dan dikuatkan agar dapat dibaca oleh analog *input* pada PLC S7 1200.

Pada saat suhu air mencapai 50 °C, *heater* akan mulai bekerja memanaskan suhu pada tungku pemanas. Setelah suhu air mencapai 100 °C, *solenoid valve gas* akan menutup penuh menyebabkan proses pemanasan menggunakan kompor akan berhenti dan pemanasan dilanjutkan menggunakan *heater* hingga nilai suhu sesuai dengan *set point* yang telah diberikan.

Data yang didapat dari sensor akan diolah dan dikontrol dengan menggunakan PLC *Siemens S7-1200* yang terdapat kontrol PID didalamnya yang berfungsi mengendalikan kestabilan suhu pada *range set point* 100 - 115°C yang sudah dimasukkan. Proses ini akan berjalan secara kontinyu hingga nilai *set point* yang diharapkan tercapai dan apabila nilai *set point* telah tercapai, kontrol PLC akan mempertahankannya hingga sistem menghasilkan minyak nilam yang diharapkan.

Seluruh proses yang telah dijelaskan, dapat dimonitor melalui HMI (*Human Machine Interface*) yang berfungsi sebagai monitoring dan kontrol operator.

### 3.2 Perancangan Mekanik

Dalam pembuatan sistem kontrol suhu pada tungku pemanas harus dilakukan perancangan mekanik alat terlebih dahulu. Spesifikasi dari mekanik, sesuai dengan perancangan yang telah dibuat akan dijabarkan secara lebih spesifik.

Sistem destilasi minyak nilam terdiri dari beberapa proses yaitu pengontrolan suhu air pada tungku pemanas, pengontrolan tekanan pada evaporator dan pengontrolan suhu minyak pada kondensor. Secara keseluruhan mesin destilasi terbuat dari bahan *stainless steel* agar minyak yang digunakan lebih baik.

Tungku pemanas yang digunakan pada sistem destilasi berdiameter 70 cm dengan tinggi 45,5 dan terbuat dari bahan *stainless steel* dengan tebal 2 mm. Tungku pemanas dapat menampung air hingga 175 L.

Gambar mekanik sistem secara keseluruhan dan gambar mekanik tungku pemanas dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



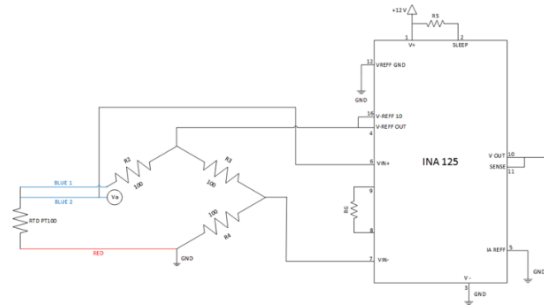
Gambar 4. Mekanik alat secara keseluruhan



Gambar 5. Mekanik tungku pemanas

### 3.3 Perancangan Rangkaian Sensor Suhu PT100

Rangkaian Sensor suhu PT100 terdiri dari rangkaian pengkondisi sinyal yang berupa rangkaian jembatan *wheatstone*, dan rangkaian penguat. Rangkaian sensor ini bertujuan untuk menghasilkan *output* berupa tegangan antara ±10VDC setiap perubahan suhu sehingga dapat diolah oleh analog *input* PLC. Gambar 6 merupakan rangkaian pengkondisi sinyal PT100.



Gambar 6. Rangkaian Pengkondisi Sinyal PT100

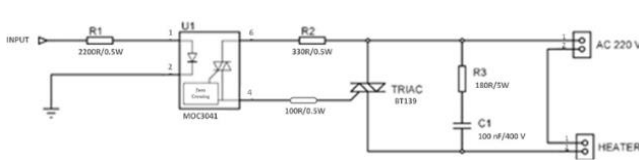
Tabel 2 merupakan hasil perhitungan dari *input* PT 100 hingga menjadi tegangan output dari sensor PT 100 yang telah dikuatkan menggunakan IC INA 125 secara keseluruhan.

Tabel 2  
Perhitungan Tegangan Output IC INA 125

No.	Suhu (°C)	$R_{PT} = 100 + (0,385 \cdot \text{suhu})$	$V_a = \frac{R_{PT}}{100 + R_{PT}} \times 1,5 \text{ V}$	$\Delta V = V_a - 0,75$	$V_o = \Delta V \times 30$
1.	30	111,55	0,79	0,04	1,23
2.	40	115,40	0,80	0,05	1,61
3.	50	119,25	0,82	0,07	1,98
4.	60	123,10	0,83	0,08	2,33
5.	70	126,95	0,84	0,09	2,67
6.	80	130,80	0,85	0,10	3,00
7.	90	134,65	0,86	0,11	3,32
8.	100	138,50	0,87	0,12	3,63
9.	110	142,35	0,88	0,13	3,93
10.	120	146,20	0,89	0,14	4,22
11.	130	150,05	0,90	0,15	4,50

### 3.3 Perancangan Rangkaian Driver Heater

Rangkaian *driver heater* berfungsi untuk mengatur penyalan pada *heater* dengan cara mengatur tegangan *input driver heater* dari PLC sehingga dapat diperoleh besar daya untuk penyalan *heater*. Pada rangkaian *driver heater* menggunakan *optocoupler* MOC3041 sebagai detektor gelombang sinus 220V saat melewati titik nol dan TRIAC BT139 sebagai *driver* untuk menyalakan *heater*. Gambar 7 merupakan rangkaian *Driver Heater*.



Gambar 7. Rangkaian Driver Heater

Dari *datasheet* diperoleh besar arus maksimal LED pada MOC3041 adalah 30 mA dengan nilai tegangan sebesar 1,5 V. Sehingga untuk membatasi arus yang masuk ke dalam *optotriac* dapat dihitung menggunakan persamaan (2).

$$R_1 = (V_{input} - V_{led}) / (I_{led}) \quad (2)$$

$$R_1 = (24 - 1.5) / (10 \text{ mA})$$

$$R_1 = 2250 \Omega \approx 2200 \Omega$$

Saat TRIAC aktif karena adanya cahaya dari LED pada MOC dan dengan dilampauinya tegangan *break over*, maka diperlukan pembatas arus  $R_2$  yang dapat dihitung menggunakan persamaan (3).

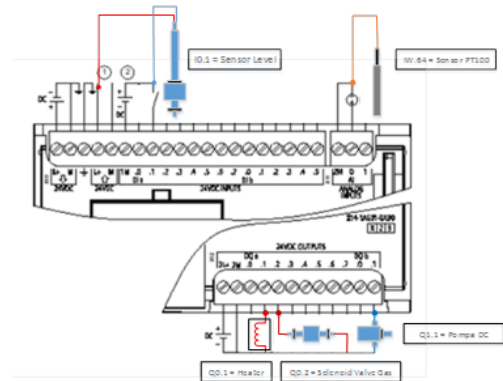
$$R_2 = (V_{max \text{ AC}} - V_{BO} - V_{R5}) / (I_{\text{TRIAC}}) \quad (3)$$

- Dimana :
- $V_{BO}$  = Tegangan *Breakover* TRIAC (50V)
  - $V_{R5}$  = Tegangan *Gate* TRIAC (2,6V)
  - $I_{\text{TRIAC}}$  = 100 mA
- Maka :
- $$R_2 = (311 - 50 - 2.6) / (100 \text{ mA})$$
- $$R_2 = 258.4 / (100 \text{ mA})$$
- $$R_2 = 258 \Omega \approx 330 \Omega$$

Dari hasil perhitungan  $R_2$  diperoleh nilai resistansi sebesar 330  $\Omega$ , untuk memperaman TRIAC pada rangkaian digunakan resistor dengan daya 5 watt. Dan ditentukan nilai kapasitor sebesar 100nF / 400 V untuk memperhalus penundaan switching pada MOC3041 agar tidak terjadi percikan api akibat perubahan kondisi TRIAC dari ON ke OFF.

### 3.4 Perancangan PLC dan HMI

Perancangan PLC dan HMI dilakukan dengan melakukan *wiring* terhadap rangkaian sensor suhu, sensor level air dan driver *heater* ke masing-masing I/O PLC. Dan perancangan program untuk PLC dan HMI dilakukan menggunakan *software* TIA Portal V11. Gambar 8 merupakan *wiring* sistem. Pada sistem kontrol suhu menggunakan digital *input* dengan alamat IO.1 untuk sensor level air. Sedangkan digital *output* dengan alamat Q0.1 digunakan untuk mengatur penyalaan *heater*, alamat Q0.2 untuk mengatur *solenoid valve gas* dan alamat Q1.1 untuk mengatur nyala atau mati pompa DC. Sedangkan data sensor suhu PT 100 masuk ke analog *input channel* 0 dengan alamat IW.64.



Gambar 8. Wiring Sistem

## IV. HASIL DAN ANALISA

### 4.1 Pengujian Sensor Suhu PT100

Pengujian sensor suhu PT100 dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor suhu yang ditampilkan pada HMI dengan hasil pembacaan dengan alat ukur *thermometer*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai *error* yang dibaca oleh sensor dengan alat ukur.

Tabel 3

Perbandingan Pembacaan Sensor Suhu

No.	Pembacaan Suhu PT 100 pada HMI (°C)	Pembacaan Suhu Thermometer (°C)	Error (%)
1.	30,3	30	1
2.	40,2	40	0,5
3.	50,3	50	0,6
4.	60,0	60	0
5.	70,2	70	0,28
6.	80,0	80	0
7.	90,1	90	0,11
8.	100,1	100	0,1
9.	110,3	110	0,27
10.	120,4	120	0,33
11.	130,3	130	0,23
Error Rata-Rata			0,31

Dari hasil pengujian sensor suhu PT100 yang ditunjukkan pada Tabel 3, diperoleh hasil yang cukup akurat dan sesuai dengan pengukuran menggunakan termometer. Hal ini dapat dilihat dari persentase nilai *error* rata-rata sebesar 0,31%.

Selain pengujian dengan pembacaan suhu yang ditampilkan pada HMI dengan termometer, juga dilakukan pengujian sensor suhu dengan membandingkan hasil pengukuran nilai resistansi dari sensor PT100 dengan nilai yang ada pada *datasheet* untuk pengujian setiap perubahan suhu sebesar 10 °C. Hasil dari perbandingan nilai resistansi tersebut dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4

Hasil Perbandingan nilai Resistansi Sensor PT100

No.	Suhu (°C)	Pengukuran Resistansi Sensor PT100 (Ω)	Datasheet Sensor PT100 (Ω)	Error (%)
1.	30	111,2	111,67	0,421
2.	40	116,4	115,54	0,744
3.	50	119,8	119,40	0,335
4.	60	123,7	123,24	0,373
5.	70	127,0	127,08	0,063
6.	80	130,7	130,90	0,153
7.	90	134,2	134,71	0,379
8.	100	137,1	138,51	1,018
9.	110	142,0	142,29	0,204
10.	120	146,2	146,07	0,089
11.	130	149,7	149,83	0,087
Error Rata-Rata				0,351

Dari hasil perbandingan nilai resistansi sensor suhu PT100 yang ditunjukkan pada Tabel 4, diperoleh hasil yang cukup akurat dan sesuai dengan nilai yang ada pada *datasheet*. Hal ini dapat dilihat dari persentase nilai *error* rata-rata sebesar 0.351%. Nilai *error* rata-rata yang didapat tidak lebih besar dari 5% sehingga dapat ditoleransi dan tidak mengganggu kinerja sistem.

4.2 Pengujian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu PT100

Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu PT100 yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui nilai *output* tegangan pada setiap perubahan nilai suhu. Perbandingan hasil perhitungan dan pengukuran *output* sensor tanpa penguatan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Output Sensor PT100 Tanpa Penguatan

No.	Suhu (°C)	Vout Perhitungan (Volt)	Vout Pengukuran (Volt)	Error (%)
1.	30	0,0415	0,0422	1,633
2.	40	0,0544	0,0560	3,018
3.	50	0,0667	0,0682	2,188
4.	60	0,0787	0,0816	3,701
5.	70	0,0902	0,0924	2,411
6.	80	0,1014	0,1027	1,311
7.	90	0,1121	0,1137	1,384
8.	100	0,1226	0,1238	1,001
9.	110	0,1327	0,1334	0,557
10.	120	0,1424	0,1418	0,443
11.	130	0,1519	0,1526	0,463
Error Rata-Rata				1,646

Dari hasil perbandingan pada tabel 5, diperoleh rata-rata sebesar 1.646%. Dari nilai *error* yang didapat maka rangkaian jembatan *wheatstone* mampu bekerja dengan baik dan akurat namun memiliki nilai tegangan yang rendah. Sehingga dengan nilai *output* yang hanya dalam orde mV, diperlukan penguatan pada pengkondisi sinyal. Penguatan yang diberikan disesuaikan dengan *range input* analog PLC yaitu sebesar ±10VDC.

Pengujian selanjutnya dengan melakukan perbandingan hasil perhitungan *output* dan pengukuran serta hasil yang terbaca pada analog *input* PLC pada *output* pengkondisi sinyal setelah penguatan. Perbandingan perhitungan *output* dan pengukuran serta hasil yang terbaca pada analog *input* PLC pada *output* sensor setelah penguatan dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Output Sensor PT100 Dengan Penguatan

No.	Suhu (°C)	Vout Perhitungan (Volt)	Vout Pengukuran (Volt)	Error (%)	Analog Input (Word)
1.	30	1,23	1,22	0,813	3365
2.	40	1,61	1,58	1,863	4466
3.	50	1,98	1,98	0	5458
4.	60	2,33	2,33	0	6379
5.	70	2,67	2,60	2,621	7397
6.	80	3,00	2,97	1	8296
7.	90	3,32	3,29	0,903	9198
8.	100	3,63	3,68	1,377	10046
9.	110	3,93	4,01	2,035	10877
10.	120	4,22	4,25	0,710	11698
11.	130	4,50	4,59	2	12167
Error Rata-Rata				1,211	

Dari hasil perbandingan yang ditunjukkan pada Tabel 5, diperoleh hasil yang cukup akurat dan sesuai dengan hasil perhitungan. Hal ini dapat dilihat dari persentase nilai *error* rata-rata sebesar 1,211%. Nilai *error* rata-rata yang didapat tidak lebih besar dari 5% sehingga dapat ditoleransi dan tidak mengganggu kinerja sistem.

Dan dari hasil penguatan tegangan output pengkondisi sinyal sensor PT100 diperoleh *range* tegangan antara 1.2V – 4.59V, sehingga *output* pengkondisi sinyal dapat memenuhi kebutuhan analog *input* PLC dimana kebutuhan analog *input* PLC *disetting* pada *range* ±10VDC. Dengan demikian rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu PT100 dapat bekerja dengan cukup akurat dan optimal.

4.3 Pengujian Rangkaian Driver Heater

Pengujian pada rangkaian *driver heater* bertujuan untuk mengetahui kinerja dari rangkaian tersebut dalam mengatur penyalan pada aktuatur *heater*. Rangkaian *driver heater* ini berfungsi sebagai kontak dari tegangan DC ke tegangan AC.

Selanjutnya dilakukan pengukuran *input* dan tegangan *output driver heater* yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 7.

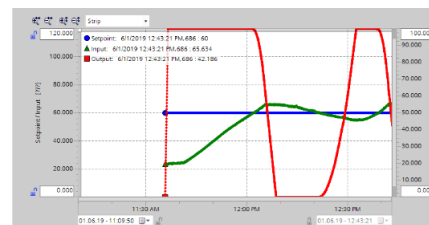
Tabel 7. Hasil Pengujian dan Pengukuran Rangkaian Driver Heater

No.	Input Driver Heater (%)	Daya Heater (W)
		[Input Driver Heater (%) x 1500 ]
1.	100	1500
2.	90	1350
3.	80	1200
4.	70	1050
5.	60	900
6.	50	750
7.	40	600
8.	30	450
9.	20	300
10.	10	150
11.	0	0

Semakin besar tegangan yang diberikan pada *optotriac*, maka *heater* akan bekerja secara maksimal. Hal tersebut dikarenakan tegangan yang diterima *optotriac* akan menghasilkan daya yang berbeda – beda sesuai dengan presentase yang dihasilkan dari *output* PID.

4.4 Pengujian Kontrol PID

Pengujian kontrol PID S7 - 1200 dilakukan untuk mengetahui prinsip kerja dari kontrol PID serta memastikan kontrol bekerja sesuai dengan yang ditentukan. Pengujian dilakukan dengan cara mengambil sampel data dari pengujian respon suhu terhadap waktu menggunakan kontroler PID dengan mengatur nilai set parameter PID awal adalah  $K_p = 20,0$  ;  $T_i = 0$  ;  $T_d = 0$  dan *set point* sebesar 60 °C. Suhu awal pada pengujian terbaca 23 °C.



Gambar 9. Kurva Respon Pengujian

Berdasarkan grafik kontrol PID dan prinsip kerja, kontrol PID S7 – 1200 dipastikan dapat bekerja dengan baik dalam mengatur daya untuk penyalan *heater*. Dengan mengatur besar daya *heater*, PID dapat mengontrol suhu agar tetap dalam kondisi yang stabil sesuai dengan *set point*.

Pengujian kontrol PID yang kedua menggunakan metode *Ziegler Nichols* dengan grafik respon kurva S bertujuan untuk mengetahui respon sistem terhadap nilai parameter yang telah dihitung menggunakan metode *Ziegler Nichols* orde 1.

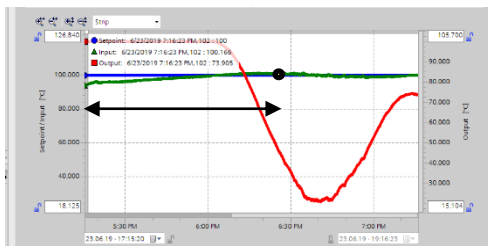
Pengambilan data dilakukan dengan cara memasukkan nilai  $K_p = 87$  ;  $T_i = 144$  s dan  $T_d = 36$ s terhadap *set point* 100 °C.

Karakteristik Respon	Hasil
Rise time (Tr)	1.140 s
Peak Time (Tp)	6.060 s
Percent Overshoot (PO)	1 %
% Error Steady State Atas (ESS)	0,7 %
% Error Steady State Bawah (ESS)	0,4 %
Settling time (Ts)	8.520 s

Gambar 10. Kurva Respon Karakteristik metode Ziegler Nichols

Berdasarkan grafik kontrol PID dan prinsip kerja, kontrol PID dengan menggunakan metode perhitungan Ziegler Nichols tidak dapat bekerja dengan baik dalam mengatur daya untuk penyalan heater. Dan suhu tidak bisa dalam kondisi yang stabil sesuai dengan *set point*. Sehingga metode perhitungan Ziegler Nichols tidak dapat diaplikasikan dalam alat kontrol suhu pada tungku pemanas.

A. Pengujian Fine Tuning PID Set Point Suhu 100 °C



Gambar 11. Pengujian Fine Tuning PID Set Point Suhu 100 °C

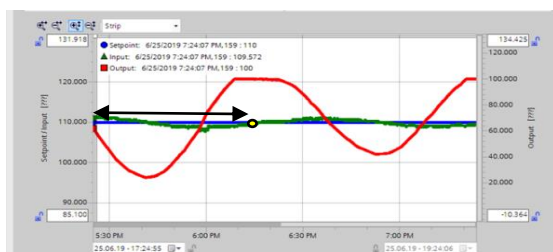
Berdasarkan analisa dan perhitungan dari hasil respon sistem menggunakan kontrol *fine tuning* PID dan nilai parameter  $K_p = 1,0$  ;  $T_i = 20,0$  dan  $T_d 0,00003$  pada *set point* 100 °C didapatkan karakteristik respon sistem secara keseluruhan. Karakteristik dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 9 Karakteristik Respon Sistem Set Point Suhu 100 °C

Karakteristik Respon	Hasil
Rise time (Tr)	8.520 s
Peak Time (Tp)	9.780 s
Percent Overshoot (PO)	0,6 %
% Error Steady State Atas (ESS)	0,3 %
% Error Steady State Bawah (ESS)	0,5 %
Settling time (Ts)	10.020 s

Pada tabel 8 dapat dilihat nilai *maximum overshoot* (mp) dan ESS dari respon dapat dikatakan bagus, karena *overshoot* sangat kecil kurang dari 1% dan osilasi mampu diredam. Hasil respon sistem untuk karakteristik Tr, Tp dan Ts juga masih terbilang bagus karena kontroler digunakan untuk mengendalikan suhu air dengan kapasitas 60 liter. Pada suhu 100 °C sistem dapat menghasilkan tekanan sebesar 0,325 bar.

B. Pengujian Fine tuning PID Set Point Suhu 110 °C



Gambar 12. Pengujian Fine tuning PID Set Point Suhu 110 °C

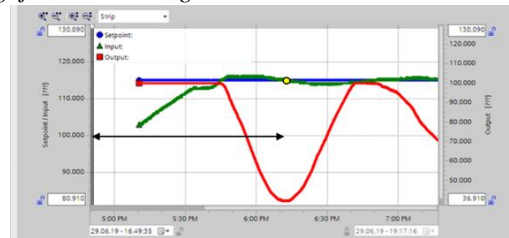
Berdasarkan analisa dan perhitungan dari respon sistem menggunakan kontrol *fine tuning* PID dan nilai parameter  $K_p = 1,0$  ;  $T_i = 20,0$  dan  $T_d 0,00003$  pada *set point* 110 °C didapatkan karakteristik respon sistem secara keseluruhan. Karakteristik dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel IX.

Karakteristik Respon Sistem Set Point Suhu 110 °C

Pada tabel 9dapat dilihat pada *set point* 110 °C nilai *maximum overshoot* (mp) dan ESS respon yang dihasilkan masih sangat kecil tidak lebih dari 1% dan mampu meredam osilasi. Nilai *maximum overshoot* (mp) dan *error steady state* antara *set point* 100 °C dan 110 °C menunjukkan selisih angka yang sangat kecil. Pada suhu 110 °C sistem menghasilkan tekanan sebesar 0,442 bar.

C. Pengujian Fine tuning PID Set Point Suhu 115 °C



Gambar 13. Pengujian Fine tuning PID Set Point Suhu 115 °C

Berdasarkan analisa dan perhitungan dari respon sistem menggunakan kontrol *fine tuning* PID dengan *set point* 115 °C didapatkan karakteristik respon sistem secara keseluruhan. Karakteristik dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10 Karakteristik Respon Sistem Set Point Suhu 115 °C

Karakteristik Respon	Hasil
Rise time (Tr)	7.020 s
Peak Time (Tp)	7.800 s
Percent Overshoot (PO)	0,9 %
% Error Steady State Atas (ESS)	0,6 %
% Error Steady State Bawah (ESS)	0,3 %
Settling time (Ts)	8.640 s

Pada tabel 10 dapat dilihat pada *set point* 115 °C nilai *maximum overshoot* (mp) dan ESS dari respon masih bagus, karena *overshoot* terbilang masih sangat kecil kurang dari 1% dan mampu meredam osilasi. Nilai *maximum overshoot* (mp) dan *error steady state* antara *set point* 100 °C, 110 °C dan 115°C menunjukkan selisih angka yang sangat kecil.

Perubahan nilai *set point* tidak mempengaruhi kinerja dari kontrol PID. Dengan berubahnya nilai *set point*, PID pada S7 1200 akan secara otomatis memberikan respon yang terbaik dengan nilai *percent overshoot* tidak lebih dari 1% dan *error steady state* hanya 0,3 – 0,7 %. Nilai Tr, Tp dan Ts dipengaruhi oleh banyaknya volume air, suhu awal yang digunakan pada proses pemanasan dan besarnya nilai *set point* yang diberikan. Semakin besar pertambahan volume air, suhu dan *set point* yang diberikan kepada sistem, semakin besar nilai Tr, Tp dan Ts.

Tekanan yang dihasilkan pada suhu 115 °C adalah sebesar 0,517 bar. Peningkatan suhu terhadap proses pemanasan berpengaruh terhadap tekanan yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu yang digunakan, semakin tinggi pula tekanan yang akan dihasilkan pada proses pemanasan.

#### 4.5 Pengujian Kinerja Sistem Keseluruhan

Pengujian kinerja sistem keseluruhan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai *set point* yang sesuai agar mendapatkan minyak yang diharapkan.



Gambar 14. Hasil Minyak Nilam

Setelah melakukan ketiga pengujian sistem keseluruhan, didapatkan pada pengujian ketiga dengan nilai *set point* suhu pada tungku pemanas 115 °C, tekanan pada evaporator 0,5 bar dan suhu pada tangki kondensor 40 °C menghasilkan minyak yang sedikit mengandung air. Sehingga *set point* tersebut dapat diaplikasikan pada mesin destilasi minyak atsiri daun nilam menggunakan S7 -1200 dan HMI agar mendapatkan hasil yang optimal.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada sistem pengaturan suhu tungku pemanas menggunakan PLC S7 - 1200 dan HMI, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian sensor suhu, perbandingan antara pembacaan sensor suhu pada tampilan HMI dengan thermometer memiliki nilai *error* rata-rata sebesar 1,21 %. Nilai *error* rata – rata yang tidak lebih besar dari 5 % tersebut menunjukkan bahwa sensor suhu dapat menunjukkan kinerja yang cukup akurat dan presisi.
2. Pada pengujian kontrol PLC dan HMI, PLC mampu memberikan kinerja yang baik dan HMI dapat memberikan tampilan visual yang *real time* setiap respon *input* dan *output* dengan rata-rata interval waktu respon sebesar 0,51 s.
3. Pada pengujian kontrol PID menggunakan metode *Ziegler-Nichols*, diperoleh parameter kontrol PID dengan  $K_p = 87,0$  ;  $T_i = 144,0$  dan  $T_d = 36,0$ . Dari grafik respon sistem diperoleh *Output* yang tidak sesuai dengan respon sistem yang diharapkan. Sehingga, metode perhitungan *Ziegler Nichols* tidak dapat diaplikasikan dalam alat kontrol suhu pada tungku pemanas.
4. Pada pengujian sistem, kontrol PID *fine tuning* dengan nilai parameter  $K_p = 1,0$  ;  $T_i = 20,0$  dan  $T_d 0,00003$  diperoleh respon sistem yang lebih baik dan lebih stabil jika dibandingkan dengan metode perhitungan *Ziegler Nichols* 1.
5. Pada pengujian kontrol PID *fine tuning*, perubahan nilai *set point* tidak mempengaruhi kinerja dari kontrol PID. Dengan berubahnya nilai *set point*, PID pada S7 - 1200 akan secara otomatis memberikan respon yang terbaik.
6. Semakin tinggi suhu yang digunakan, semakin tinggi pula tekanan yang akan dihasilkan pada proses pemanasan.

7. Dari hasil perhitungan efisiensi menggunakan perhitungan kalor siklus Carnot pada *set point* 100 °C, 110 °C dan 115 °C diperoleh efisiensi sistem sebesar 99,9 %, sehingga sistem dapat dipastikan bekerja dengan baik dan efisien.
8. Pada pengujian kinerja sistem keseluruhan diperoleh nilai *set point* suhu pada tungku pemanas 115 °C, tekanan pada evaporator 0,5 bar dan suhu pada tangki kondensor 40 °C menghasilkan minyak yang bagus. Sehingga *set point* tersebut dapat diaplikasikan pada mesin destilasi minyak atsiri daun nilam menggunakan S7 -1200 dan HMI agar mendapatkan hasil yang optimal.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada sistem pengaturan suhu tungku pemanas menggunakan PLC S7 - 1200 dan HMI, maka saran dari penulis untuk pengembangan penelitian tentang alat ini lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Dalam melakukan pengembangan alat, sebaiknya menggunakan metode kontrol yang berbeda seperti *Fuzzy Logic control* sebagai perbandingan respon yang dihasilkan dari controller yang berbeda.
2. Pengembangan alat juga dapat dilakukan dengan menggunakan komunikasi jarak jauh seperti DCS atau SCADA sehingga lebih menyerupai implementasi pada dunia industri.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rizal, Saepul. (2010). *Kajian Proses Penyulingan Minyak Nilam menggunakan Sistem Distilasi Air*. Skripsi Teknik Pertanian IPB, Bogor.
- [2] Kurniawan, Iwan. 2014. *Diktat Sensor dan Transduser*. Jambi : Politeknik Jambi.
- [3] Djokosetyardjo, H.J.1999. *Ketel Uap*. Pradnya Paramita. Jakarta
- [4] Setiawan, Iwan. 2008. *Kontrol PID Untuk Proses Industri*. Jakarta : Penerbit Elex Media Komputindo.
- [5] Manual Book Siemens S7-1200. 2012.
- [6] SIMATIC HMI Manual Book. *HMI Device KTP 400 Basic, KTP 600 Basic, KTP 1000 Basic, TP1500 Basic*.2008. SIEMENS
- [7] Katsuhiko, Ogata. 1997. *Modern Control Engineering Third Generation*. University Of Minnesota.
- [8] Lubis, Hasrin. 2016. *Rancang Bangun Alat Penggongseng Kelapa Untuk Pembuatan Bumbu Dapur Dengan Menggunakan Pemanas Listrik Temperatur 800c Dengan Kapasitas 3 Kg*. Jurnal Teknik Mesin. Politeknik Negeri Lhoksumawe.
- [9] Tri, Maharita. (2018). *Implementasi DCS (Distributed Control System) Sebagai Pengontrol Suhu pada Proses Pemanasan Air dengan Metode MPC (Model Predictive Control)*. Skripsi Teknik Elektro POLINEMA, Malang.
- [10] Braman, Rizal. (2018). *Modul Sistem Pengaturan Suhu Mini Boiler dengan Metode PID menggunakan PLC dan HMI*. Skripsi Teknik Elektro POLINEMA, Malang.
- [11] Jukandi, 2013, Universitas Lampung