SISTEM KENDALI TEMPERATUR PADA PROSES DISTILASI

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Mencapai Derajat Sarjana S1

Disusun oleh:

MUHAMMAD DENY PRADANA

13524105

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2018

LEMBAR PENGESAHAN

SISTEM KENDALI TEMPERATUR PADA PROSES DISTILASI

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh:

Muhammad Deny Pradana
13524105

Yogyakarta, 15 Januari 2018

Menyetujui,

Pembimbing Tunggal

Dwi Ana Ratna Wati,S.T.,M.Eng
035240102

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Deny Pradana

NIM : 13524105

Menyatakan bahwa tugas akhir ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri, dan sepanjang sepengetahuan saya tidak berisi materi yang ditulis oleh orang lain sebagai persyaratan penyelesaian studi di Universitas Islam Indonesia atau perguruan tinggi lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan dengan mengikuti tata cara dan etika penulisan karya ilmiah yang lazim. Jika ternyata terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 15 Januari 2018



Muhammmad Deny Pradana

ii

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT karena atas limpahan rahmatNya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Elektro pendidikan Strata Satu (S1) Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada junjungan kita Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat hingga akhir zaman.

Dalam penulisan laporan ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak untuk itu penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak,Mamak, dan Kakak-Kakak yang senantiasa mendoakan, memberi semangat, dan mengupayakan yang terbaik.
2. Bapak Dr.Eng Hendra Setiawan, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Dwi Ana Ratna Wati, S.T,. M.Eng. selaku Dosen Pembimbing tugas akhir yang telah mendampingi dan memberikan berbagai masukan dengan sabar.
4. Mas Hery yang banyak membantu kendala *hardware* dan menjadi teman di Lab.
5. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro UII 2013 atas doa dan dukunganya.
6. Serta banyak pihak lainnya yang secara langsung ataupun tidak langsung telah membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, maka dari itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Pada akhirnya penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila penulis masih memiliki kekurangan baik yang disengaja maupun tidak disengaja. Semoga Allah SWT selalu meridhai kita semua Aamiin.

Yogyakarta, 15 Januari 2018

Muhammad Deny Pradana

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

SISTEM KENDALI TEMPERATUR PADA PROSES DISTILASI

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Muhammad Deny Pradana

Nim : 13524105

Telah dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat

untuk Memperoleh Gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 15 Januari 2018

Tim Penguji,

Ketua

Dwi Ana Ratna Wati, S.T.,M.Eng .....

Anggota I

RM Sisdarmanto Adinandra, S.T., M.Sc., Ph.D .....

Anggota II

Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Eng., Ph.D. .....

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elekto

Universitas Islam Indonesia

Dr.Eng.Hendra Setiawan,S.T.,M.T.

iv

ABSTRAK

Dalam proses distilasi, temperatur merupakan salah satu elemen yang penting untuk dikendalikan. Pengendalian temperatur pada proses distilasi secara manual atau konvensional menyebabkan ketidakstabilan temperatur dan memungkinkan banyak kesalahan. Sehingga dampak yang lebih lanjut adalah kualitas atau mungkin kuantitas produk distilasi tidak sesuai harapan. Pada penelitian tugas akhir ini, dilakukan pengendalian temperatur terhadap proses distilasi menggunakan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) dengan dua *input* dan satu *output*. Proses distilasi pada penelitian ini menggunakan purwarupa distilator pada skala kecil. Proses pengendalian dilakukan menggunakan *interface* LabVIEW myRIO 2015 dan Data Dashboard National Instruments. Nilai *input* tegangan akan dikirimkan ke *plant* melalui NI myRIO-1900. NI myRIO-1900 juga membaca nilai sensor termperatur (termokopel tipe E) yang dihasilkan oleh *plant*. Temperatur pada *plant* dirancang agar bisa mengikuti *set-point* yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan dengan mengatur *set-point* pada 60ºC, 70ºC, dan 80ºC. Hasil tanggapan terbaik dari temperatur uji terdapat pada temperatur 60ºC dengan *overshoot* 3.08%, *settling time* 455.1 detik, dan *peak response* 61.8508ºC.

Kata kunci: Distilasi, FLC, LabVIEW, myRIO, Data Dashboard.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
PERNYATAAN ..... **Error! Bookmark not defined.**
PRAKATA iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI iv
ABSTRAK v
DAFTAR ISI vi
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR TABEL ix
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Manfaat Penelitian 2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 3
2.1 Studi Literatur 3
2.2 Proses Distilasi 4
2.3 *Fuzzy Logic Controller* 4
BAB 3 PERANCANGAN SISTEM 11
3.1 Gambaran Umum Sistem 11
3.2 Perancangan *Hardware* 11
3.2.1 *Distillator* 12
3.2.2 Sensor 13
3.2.3 Kendali Tegangan 1 Fasa 15

3.3 Perancangan *Software* 17
3.3.1 *Fuzzy Logic Controller* (FLC) 17
3.3.2 *Data Dashboard* 19
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 21
4.1 Pengujian Kendali Tegangan 1 Fasa 21
4.2 Pengujian Pengaruh Sinyal Kendali Terhadap Temperatur Secara *Open Loop* 22
4.3 Pengujian Sistem Secara *Closed Loop* 24
4.4 Pengujian Dengan Perubahan *Set-Point* 27
4.5 Pengujian *Data Dashboard* 28
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 30
5.1 Kesimpulan 30
5.2 Saran 30
DAFTAR PUSTAKA 31
LAMPIRAN 32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram blok sistem 11

Gambar 3.2 Diagram *Hardware* 12

Gambar 3.3 *Distillator* yang digunakan pada penelitian..... 13

Gambar 3.4 Pengkondisi sinyal sensor 15

Gambar 3.5 Rangkaian TRIAC 16

Gambar 3.6 Rangkaian TCA 785..... 17

Gambar 3.7 Derajat keanggotaan *error* temperatur..... 18

Gambar 3.8 Derajat keanggotan perubahan temperatur..... 18

Gambar 3.9 Derajat keanggotaan perubahan tegangan..... 19

Gambar 3.10 Tampilan HMI menggunakan *data dashboard* 20

Gambar 4.1 Tanggapan sinyal TCA 785..... 21

Gambar 4.2 Tanggapan tegangan beban terhadap tegangan kendali..... 22

Gambar 4.3 Tanggapan sistem pada nilai *set-point* 60ºC 24

Gambar 4.4 Tanggapan sistem pada nilai *set-point* 70ºC 25

Gambar 4.5 Tanggapan sistem pada nilai s*et-point* 80ºC 25

Gambar 4.6 Sinyal kendali pada temperatur uji 80ºC..... 27

Gambar 4.7 Pengujian dengan perubahan *set-point*..... 28

Gambar 4.8 Tampilan *data dashboard* pada tab..... 29

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Tabel dari pengujian sistem secara *open loop*..... 23

Tabel 4. 2 Karakteristik *step response* 26

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Distilasi merupakan proses pemisahan zat kimia berdasar titik didih atau kecepatan menguap. Campuran zat kimia dipanaskan hingga menguap kemudian didinginkan kembali melalui kondensor ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu [1].

Berdasar hal ini, diketahui bahwa temperatur merupakan elemen penting pada proses distilasi. Pengendalian temperatur pada proses distilasi secara manual atau konvensional menyebabkan ketidakstabilan temperatur dan memungkinkan banyak kesalahan. Sehingga dampak yang lebih lanjut adalah kualitas atau mungkin kuantitas produk distilasi tidak sesuai harapan.

Permasalahan pengendalian temperatur secara konvensional tersebut bisa digantikan dengan membuat pengendalian temperatur proses distilasi secara otomatis. Penelitian ini akan membuat pengendali temperatur proses distilasi secara otomatis menggunakan Kendalier elektronik dengan sistem kalang tertutup.

Proses distilasi dilakukan dengan membuat tiruan atau purwarupa alat untuk distilasi atau distilator pada skala kecil. Pemanas yang digunakan adalah kompor listrik. Kompor listrik ini yang nantinya akan diatur sedemikian rupa sehingga membuat temperatur proses distilasi dapat dijaga kestabilannya.

Penelitian ini juga nantinya akan menambah fitur tambahan dengan membuat *user interface* pada proses distilasi pada laptop dan tablet yang bisa dikendalikan secara *wireless*. Fitur tambahan ini nantinya dapat mempermudah *user* menggunakan alat ini untuk mengendalikannya dari jarak yang tidak terbatas oleh panjangnya kabel.

Berdasar hal-hal yang telah dijelaskan diharapkan penelitian ini akan menjadi penelitian awal untuk proses distilasi dengan pengendalian temperatur secara lebih akurat. Pengendalian ini juga dikendalikan pada jarak yang cukup jauh mengggunakan *wireless* sehingga bisa dikembangkan jika proses distilasi yang dilakukan menggunakan temperatur atau tekanan tinggi untuk meningkatkan upaya keselamatan.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana membuat sistem kendali temperatur pada proses distilasi yang memiliki *error* temperatur sekecil mungkin terhadap target?
2. Bagaimana membuat pengendalian temperatur ini dapat dilakukan dengan *wireless*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Pengendalian dirancang pada daerah kerja dengan *set point* 60ºC-80 ºC.
2. Pemrograman dilakukan dengan *software* LabVIEW myRIO 2015.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini mendapat *error* pengendalian sistem distilasi sekecil mungkin terhadap target dan mampu dioperasikan secara *wireless*.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu keperluan riset, komersil, dan lainnya untuk memaksimalkan pengendalian temperatur proses distilasi. Pengendalian temperatur proses distilasi yang cukup akurat mampu memaksimalkan keperluan riset, komersil dan lainnya agar mendapatkan nilai pasti atau aproksimasi terhadap kualitas, kuantitas, waktu yang dibutuhkan serta parameter lainnya pada bahan yang berbeda-beda. Selain hal itu fitur tambahan pada penelitian ini juga nantinya mampu dikembangkan lebih lanjut untuk dibuat sebagai *stand alone application* pada penelitian selanjutnya.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian tentang pengendalian temperatur pada suatu proses telah banyak dilakukan oleh beberapa pihak, diantaranya adalah dengan mempertahankan temperatur pada keadaan tertentu. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan Arissandi [2], pengendalian temperatur sistem pasteurisasi kuning telur cair berbasis arduino menggunakan kendali logika *fuzzy* mencapai nilai *setpoint* yaitu 60ºC dengan %*error* = 0,0205% dan *settling time* = 244 detik. Pengaturan temperatur ini menggunakan motor servo sebagai aktuator dan sensor temperatur PT100 sebagai sensor yang diumpan balikkan ke sistem. Perancangan kendali logika *fuzzy* menggunakan 5 *Membership Function* dengan metode inferensi *Min-Max Composition* dan metode deffuzifikasi *Weightened Area*.

Pada penelitian lain yang dilakukan Pratomo, dan kawan-kawan [1], purwarupa sistem kendali temperatur didapatkan dengan mencari parameter PID. Aktuator yang digunakan pada penelitian ini adalah sebuah *driver* tegangan AC yang menggunakan *zero crossing detector*. Sedangkan sensor yang digunakan adalah LM35. Mikrokontroller dari sistem pengendali ini adalah arduino Uno. Hasil Tanggapan yang dihasilkan pada penelitian ini dianggap sudah memuaskan bagi peneliti karena *overshoot* bisa dikurangi dan nilai *error* bisa diminimalkan dibanding tidak menggunakan parameter PID. Hasil penalaan parameter PID pada penelitian ini menggunakan metode Zieglr-Nichols.

Pada penelitian yang dilakukan Pramono [3], kendali dan *monitoring* suhu pemanas udara dilakukan dengan pengendali *fuzzy logic*. Sistem pengendalian ini menggunakan *platform* dari National Instruments yaitu NI USB-6009 dengan LabVIEW sebagai bahasa pemrogramannya. Metode inferensi yang digunakan adalah *max-min composition* dan metode defuzzifikasi yang digunakan adalah *centered of area* (COA). Pada pengujian dengan suhu referensi 70ºC dan suhu awal 28ºC, didapatkan *rise time* sebesar 64.3334 detik, *settling time* 89.135 detik dan *overshoot* sebesar 0.1112%.

Pada penelitian yang dilakukan Muslim, dan kawan-kawan [4], pengendalian temperatur pada *vacuum distiller* menggunakan dua aturan pengendalian yang berbeda. Pengendalian tersebut adalah PID dan *fuzzy logic controller*. Penggunaan *fuzzy logic controller* pada penelitian ini memiliki hasil yang lebih baik dari sisi *settling time* dan

overshoot sistem. Penelitian ini menggunkan TRIAC sebagai *dimmer* dari kompor listriknya dan arduino 2560 sebagai mikrokontroller.

2.2 Proses Distilasi

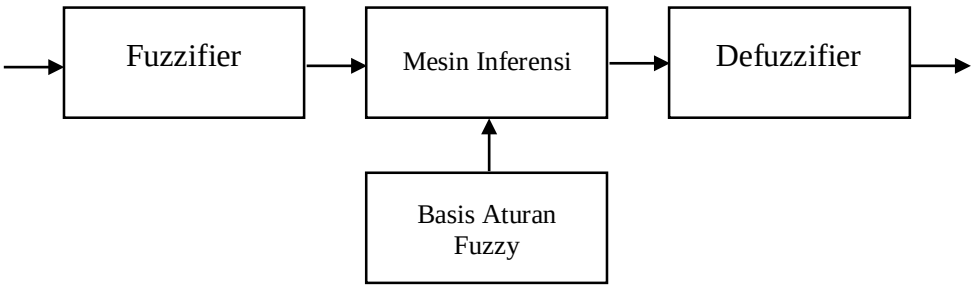
Distilasi adalah metode pemisahan bahan kimia berdasar perbedaan titik didih atau kecepatan menguap[1]. Bahan kimia yang terdiri dari campuran beberapa zat dipanaskan hingga mencapai titik didih zat yang ingin didistilasi. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Uap yang dihasilkan kemudian didinginkan melalui kondensor agar kembali menjadi cairan.

Metode distilasi terbagi beberapa macam yaitu distilasi dengan air, distilasi dengan air dan uap, dan distilasi dengan uap. Distilasi dengan air membuat bahan yang akan dipanaskan berkontak langsung dengan air mendidih. Distilasi uap adalah suatu cara yang digunakan untuk memisahkan dan memurnikan senyawa-senyawa organik. Masing-masing dari metode distilasi memiliki keuntungan dan kerugian tergantung pada proses yang ingin dilakukan.

2.3 *Fuzzy Logic Controller*

Fuzzy Logic Controlller (FLC) adalah sistem *fuzzy* yang sering diaplikasikan pada bidang kendali [5]. Penggunaan FLC digunakan untuk mengatasi permasalahan sistem yang tidak cukup diselesaikan dengan logika boolean. Logika *fuzzy* memungkinkan suatu variabel memiliki derajat keanggotaan terhadap suatu nilai. Hal ini berbeda dengan logika boolean yang mendefinisikan nilai sebagai benar atau tidak benar (0 atau 1).

FLC seringkali digunakan untuk mengatasi permasalahan proses atau sistem yang kompleks dimana sulit untuk mendapat model dari sistem tersebut. FLC memiliki tiga bagian utama yaitu fuzzifikasi, mesin inferensi, dan deffuzifikasi. Struktur bagian FLC dapat dilihat pada Gambar 2. 1. Untuk memahami FLC lebih baik maka sistem *fuzzy* harus diketahui terlebih dahulu. Sistem *fuzzy* memiliki tiga bagian yaitu variabel linguistik, derajat keanggotaan, dan aturan. Bagian fuzzifikasi dan mesin inferensi pada FLC merupakan bagian dari sistem *fuzzy* sedangkan deffuzifikasi adalah bagian sendiri yang dimiliki oleh FLC. Pada Gambar 2. 1 proses fuzzifikasi terdapat pada fuzzifier, sedangkan proses defuzzifikasi terdapat pada defuzzifier.



Gambar 2. 1 Struktur bagian FLC

Variabel linguistik merupakan representasi dari nilai *input* dan *output* dalam bentuk kata-kata. Semisal pada suatu pemanas kita ingin memiliki dua *input* variabel linguistik yaitu temperatur yang diinginkan dan temperatur sesungguhnya kemudian pada *output* yaitu pengaturan pemanas. Contohnya, rentang temperatur sesungguhnya adalah 0-100ºC dan rentang temperatur yang diinginkan 60-70ºC.

Variabel linguistik memiliki bagian lagi yang disebut dengan istilah linguistik. Contohnya, variabel linguistik temperatur sesungguhnya memiliki istilah linguistik dingin, hangat, dan panas. Sedangkan variabel linguistik pengaturan pemanas memiliki istilah matikan, tambah, maksimal. Istilah linguistik ini nantinya akan diubah menjadi suatu derajat keanggotaan. Derajat keanggotaan adalah nilai numeris dari masing-masing istilah linguistik antara 0 sampai dengan 1. Nilai 0 merepresentasikan 0% keanggotaan dan 1 adalah 100% keanggotaan dari suatu istilah linguistik.

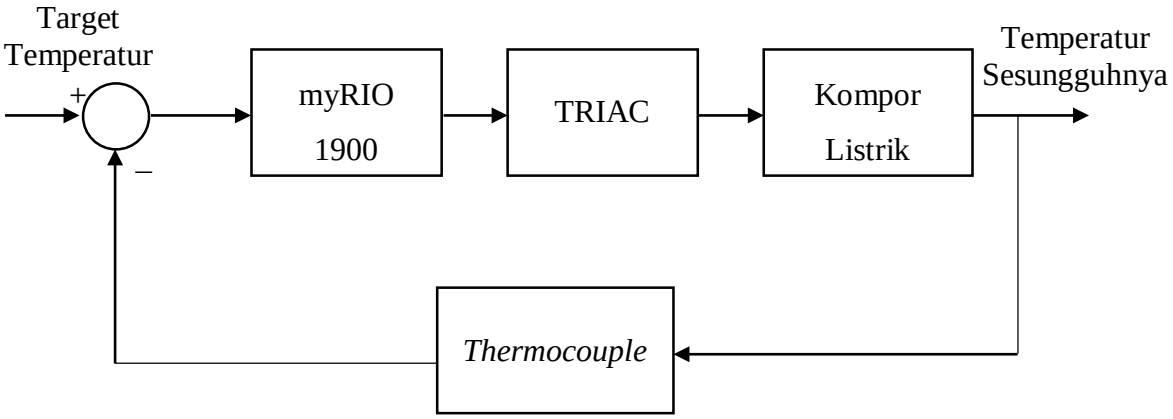
Setelah sistem memiliki variabel lingustik dan derajat keanggotaan, maka hubungan antara *input* dan *output* akan dibuat menjadi suatu aturan. Aturan inilah yang akan menentukan tindakan apa yang harus dilakukan aktuator pada sistem berdasar *input* yang ada. Sebelum hal tersebut terjadi, kesimpulan dari suatu aturan harus melalui proses defuzzifikasi. Defuzzifikasi merupakan proses mengubah suatu variabel linguistik menjadi variabel numeris yang akan dikirimkan ke *controller*.

BAB 3
PERANCANGAN SISTEM

Bagian ini menjelaskan perancangan sistem yang terdiri dari gambaran umum sistem, perancangan *hardware*, dan perancangan *software*.

3.1 Gambaran Umum Sistem

Perancangan sistem secara umum terbagi menjadi dua yaitu perancangan *hardware* dan perancangan *software*. Gambaran secara umum sistem dapat dilihat pada diagram blok pada Gambar 3. 1.

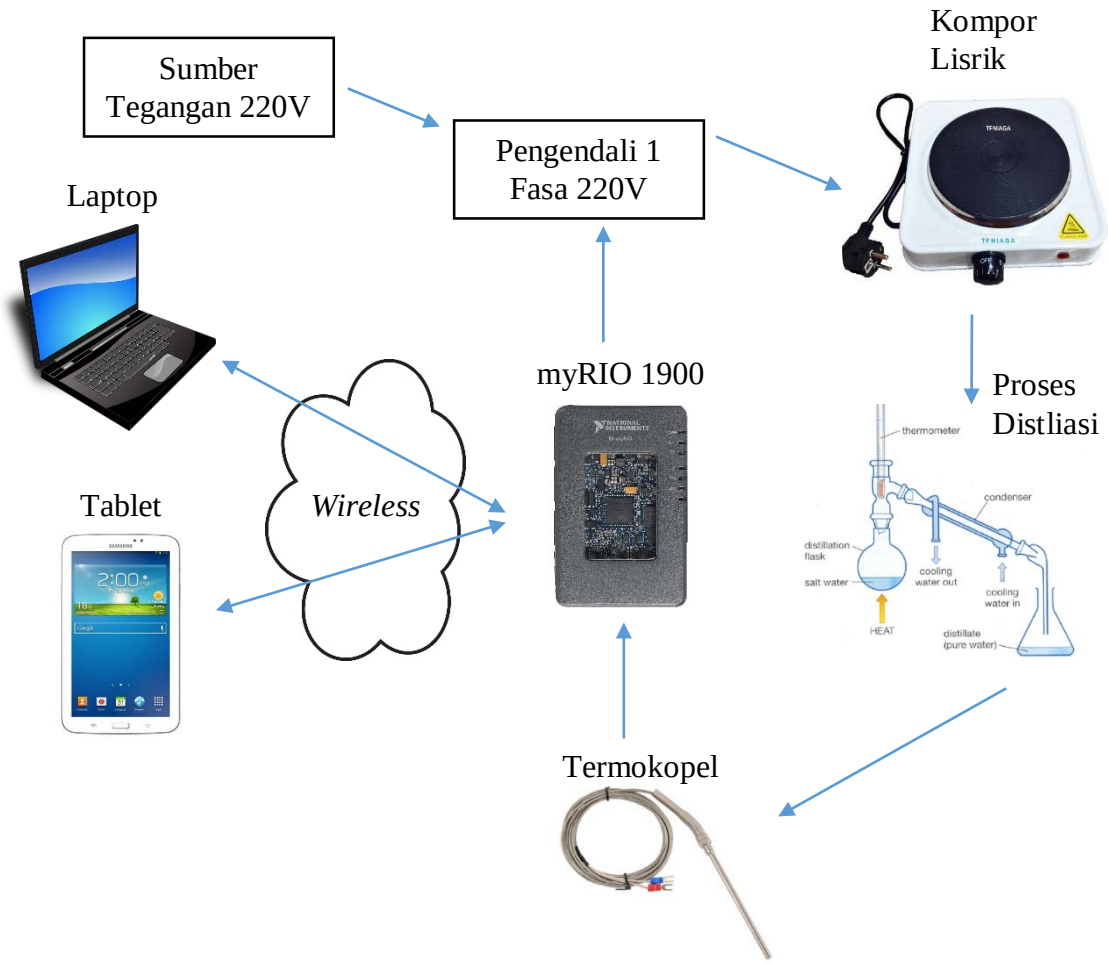


Gambar 3.1 Diagram blok sistem

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa sistem yang akan dirancang berupa sistem *closed loop*. Variabel yang diatur adalah temperatur dari uap panas pada distilasi. Nilai ini dibandingkan dengan temperatur *set-point*. Adapun nilai lain yang akan dibandingkan disesuaikan dengan kebutuhan pada algoritma kendali.

3.2 Perancangan *Hardware*

Perancangan *hardware* terbagi menjadi lima bagian utama yaitu *plant*, aktuator, sensor, *power supply*, dan *controller*. Seluruh bagian ini akan dipadukan menjadi suatu sistem kendali temperatur pada proses distilasi. Seluruh bagian *hardware* akan dibahas kecuali *power supply*. Diagram *hardware* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram *Hardware*

Gambar 3.2 menunjukkan bahwa antara myRIO dan HMI (*Human Machine Interface*) yaitu laptop dan tablet akan berkomunikasi secara *wireless*. Keluaran dari myRIO nantinya akan masuk ke pengendali tegangan 1 fasa untuk mengatur tegangan yang masuk ke kompor listrik. Tegangan yang diloloskan pada kompor listrik akan menghasilkan panas untuk proses distilasi. Temperatur kemudian dibaca oleh sensor termokopel dan ditransmisikan ke myRIO sebagai temperatur terbaca.

3.2.1 *Distillator*

Distillator atau alat yang digunakan untuk proses distilasi dibagi beberapa bagian yaitu elemen panas, labu distilasi, kondensor, sensor, dan gelas distilat. Elemen panas yang digunakan adalah kompor listrik merk airlux yang memiliki daya 275 Watt. Labu distilasi yang digunakan diganti dengan panci biasa yang bagian tutup pancinya akan menjadi saluran uap diteruskan ke kondensor. Perancangan *distillator* ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Distillator* yang digunakan pada penelitian

3.2.2 Sensor

Sensor yang digunakan adalah sensor temperatur yaitu termokopel tipe E. Termokopel dipilih karena tahan terhadap uap panas yang melebihi 100ºC. Sedangkan tipe E merupakan termokopel yang memiliki resolusi paling besar dibanding dengan tipe lainnya. Sehingga untuk pengukuran dengan temperatur rendah, termokopel tipe ini adalah jenis yang paling cocok untuk digunakan.

Termokopel merupakan sensor yang rentan terhadap *noise*, maka diperlukan *filter* untuk mengatasi masalah ini. Begitu pula dengan resolusi sensor. Resolusi yang dimiliki termokopel tipe E tidak cukup besar untuk terbaca pada myRIO 1900 secara akurat, maka diperlukan penguat untuk mengatasi masalah ini. Gabungan antara *filter* dan penguat ini yang nantinya akan disebut sebagai pengkondisi sinyal sensor.

Filter yang akan digunakan adalah *low pass filter* orde dua. Fungsi dari *low pass filter* ini adalah meloloskan sinyal dengan frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi *cut-off*. Persamaan 3.1 merupakan perhitungan dari frekuensi *cut off filter* yang mana akan menjadi batas untuk meloloskan frekuensi sinyal termokopel.

$$fc = \frac{1}{2\pi\sqrt{RCRC}}$$

$$fc = \frac{1}{(2 \times 3.14)\sqrt{10^4 10^{-5} 10^4 10^{-5}}} \quad (3.1)$$

$$fc = \frac{1}{0.628}$$

$$fc = 1.59\ Hz$$

dengan nilai:

fc= frekuensi *cut-off* (Hz)

π = konstanta 3.14

R = nilai resistor (ohm)

C = nilai kapasitor (ohm)

Penguat yang akan digunakan adalah penguat *non-inverting*. Penguat yang dirancang harus menghasilkan resolusi sensor yang lebih besar dari resolusi myRIO 1900 agar bisa membaca perubahan temperatur setiap satu derajat atau lebih kecil.

Resolusi dari sensor termokopel tipe E adalah 0.059 mV/ºC. Sedangkan resolusi myRIO 1900 ADC 12 bit adalah 1.221 mV. Persamaan 3.2 merupakan perhitungan untuk penguat sinyal sensor agar bisa memenuhi kriteria resolusi sensor lebih besar dari resolusi *controller*.

$$A = 1 + \left(\frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$A = 1 + \left(\frac{560 \times 10^3}{10^3}\right) \quad (3.2)$$

$$A = 561$$

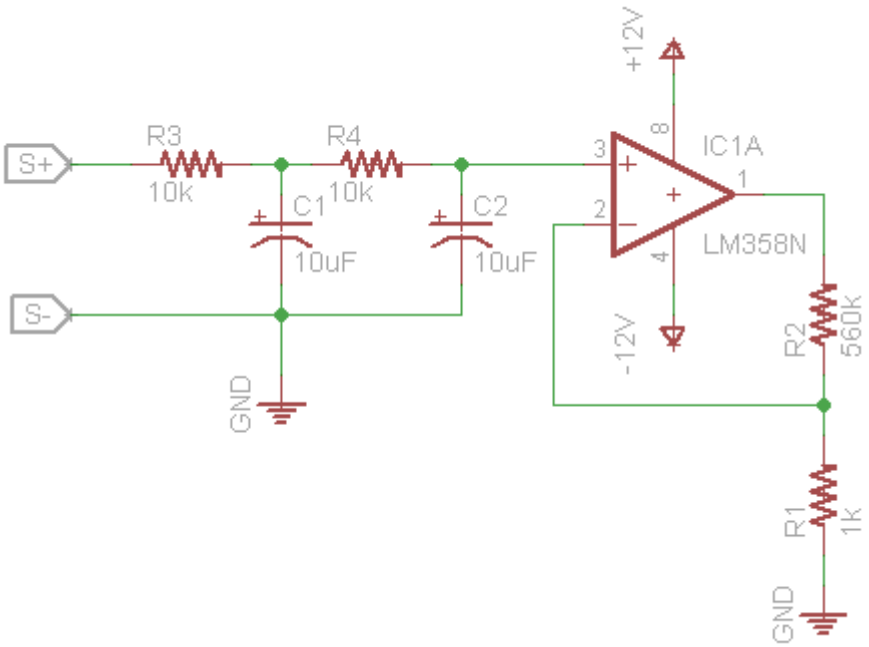
dengan nilai:

A = nilai penguatan

R_1 = nilai resistansi pada R_1 (ohm)

R_2 = nilai resistansi pada R_2 (ohm)

Gambar 3.4 merupakan skematik rangkaian dari pengkondisi sinyal sensor. Rangkaian ini merupakan gabungan dari rangkaian *low pass filter* dan penguat sinyal. Rangkaian ini nantinya akan mengurangi *noise* yang ada pada sensor dan menguatkan sinyal keluaran sensor termokopel.



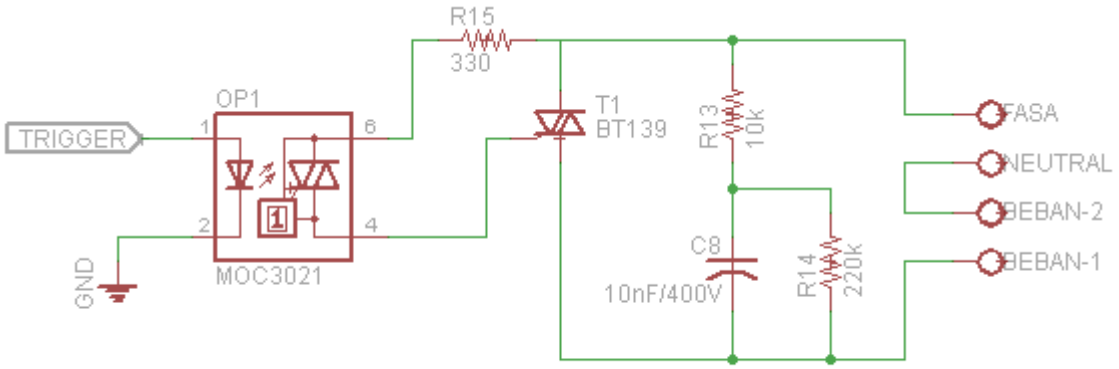
Gambar 3.4 Pengkondisi sinyal sensor

3.2.3 Kendali Tegangan 1 Fasa

Kendali tegangan 1 fasa yang digunakan adalah kombinasi antara TRIAC dan TCA 785. Rangkaian TCA 785 nantinya akan dihubungkan dengan opto-triac sebagai isolasi optis antara beban DC dan AC. TRIAC terhubung langsung dengan sumber AC dan beban, sedangkan TCA 785 terhubung dengan *controller*.

3.3.3.1.TRIAC

Rangkaian TRIAC berguna sebagai *driver* AC. Tegangan kendali dari TCA 785 dan TRIAC dipisahkan oleh isolasi optis yaitu opto-triac. Fungsi opto-triac adalah sebagai pengaman antara dua sumber tegangan yang berbeda yaitu DC dan AC. Gambar 3.5 merupakan gambar rangkaian dari TRIAC.



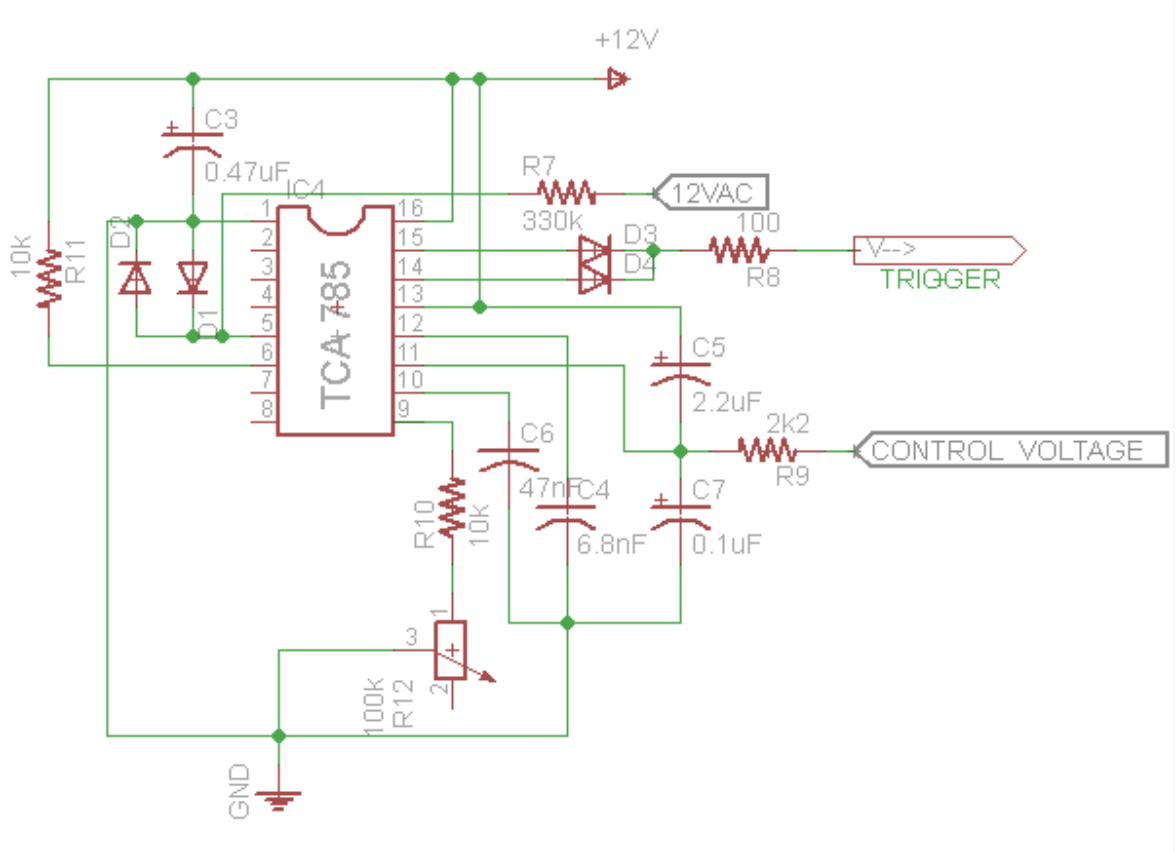
Gambar 3.5 Rangkaian TRIAC

Berdasar Gambar 3.5, cara kerja rangkaian secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut:

Pin 4 pada opto-triac nantinya akan memicu *gate* TRIAC BT 139. Ketika *gate* dialiri arus yang cukup maka rangkaian T2 dan T1 terhubung, menyebabkan adanya tegangan yang masuk ke beban. Ketika tegangan antara T2 dan T1 mendekati nol, maka T2 dan T1 menjadi *open circuit* kembali. Setelah itu *gate* akan dipicu kembali oleh opto-triac dan begitu seterusnya siklus pemicuannya. Resistor dan kapasitor yang terhubung pada beban merupakan rangkaian *snubber*. Rangkaian ini bertujuan untuk tidak memperpendek usia TRIAC karena penyebab *spike*.

3.3.3.2. TCA 785

IC TCA 785 digunakan untuk mengendalikan sudut pemicuan yang akan diteruskan pada TRIAC. Tegangan kendali dari myRIO 0-5V akan dikuatkan menjadi 0-10V. Tegangan yang masuk 0-10V ke TCA 785 digunakan sebagai penggeser sudut picu ke opto-triac. Gambar rangkaian TCA 785 ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Rangkaian TCA 785

Berdasar Gambar 3.6, pin 14 dan 15 nantinya akan dihubungkan secara paralel untuk diteruskan ke opto-triac agar memicu di fasa positif dan negatif sumber.

3.3 Perancangan *Software*

3.3.1 *Fuzzy Logic Controller* (FLC)

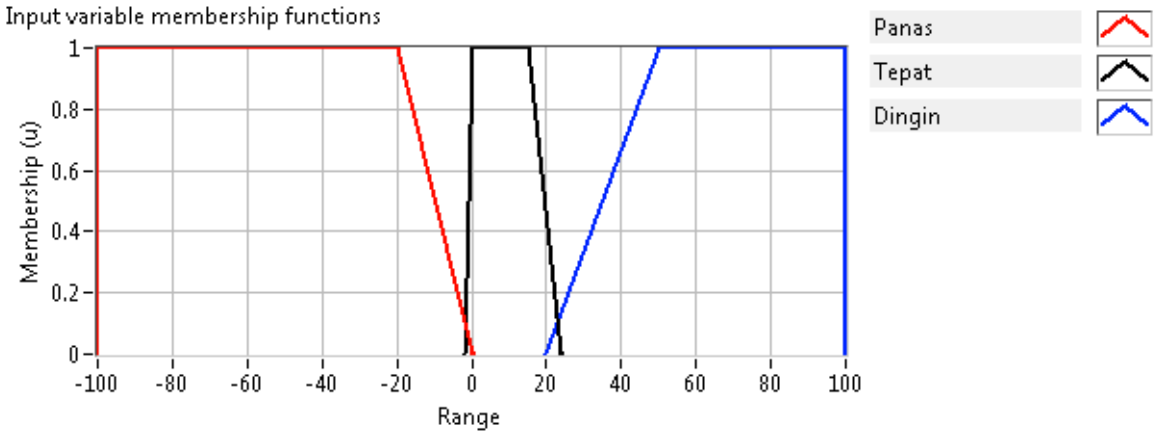
Sistem *fuzzy* yang digunakan adalah fuzzy PI *Controller*. Berdasar pemilihan ini, *input* memiliki dua variabel yaitu *error* dan *change of error* serta satu output yaitu *change of control*. Metode deffuzifikasi yang dipilih adalah *Centered of Area* (COA). Metode ini dipilih karena memiliki kontinuitas, disambiguitas, dan plausabilitas yang baik dibanding dengan metode deffuzifikasi yang lain.

Parameter *input* yang akan digunakan adalah selisih temperatur dari *process value* terhadap *setpoint* dan perubahan temperatur *process value* tiap satuan waktu. Sedangkan *output* dari metode pengendalian adalah perubahan tegangan sinyal kendali.

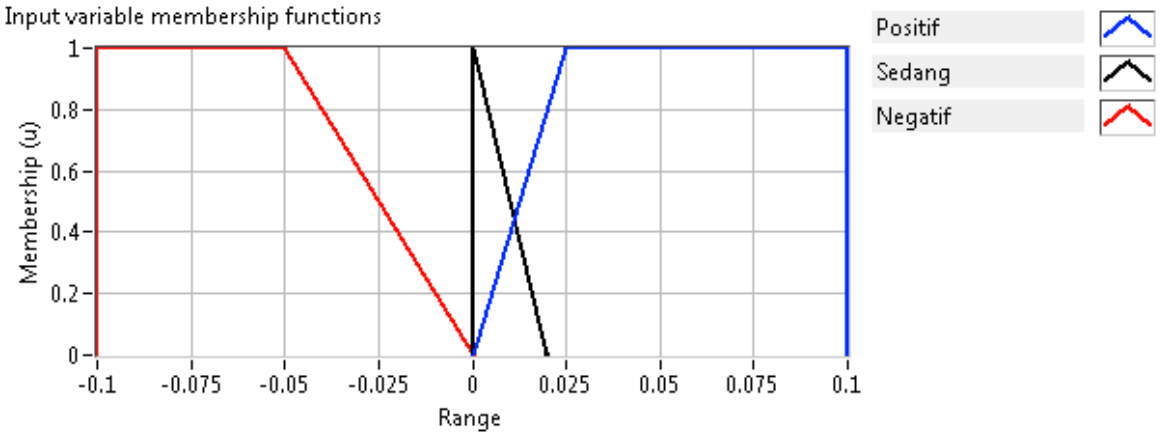
Derajat keanggotaan *fuzzy* untuk input dan output ditentukan berdasar percobaan dengan menganggap *user* adalah sistem *fuzzy*. Berdasar beberapa percobaan diketahui bahwa:

1. Temperatur proses distilasi mampu naik 15-20ºC saat kompor listrik dimatikan ketika temperatur proses 50ºC.
2. Kenaikan temperatur setiap 0.1 detiknya mencapai maksimal 0.09ºC.
3. Waktu yang diperlukan untuk memanskan proses lebih cepat dibanding dengan mendinginkan.

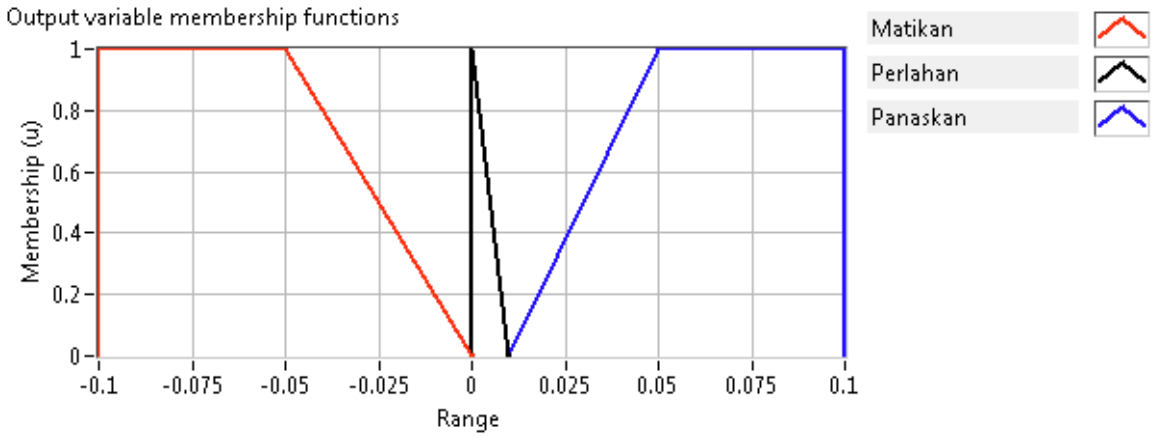
Berdasar dari tiga pertimbangan tersebut dibuatlah fungsi keanggotaan *input* dan *output*. Setelah beberapa kali percobaan, didapatkan hasil terbaik untuk fungsi keanggotaan dan *rules* seperti yang ditunjukkan berturut-turut pada Gambar 3.7, Gambar 3.8, Gambar 3.9, dan Tabel 3.1.



Gambar 3.7 Derajat keanggotaan *error* temperatur



Gambar 3.8 Derajat keanggotan perubahan temperatur



Gambar 3.9 Derajat keanggotaan perubahan tegangan

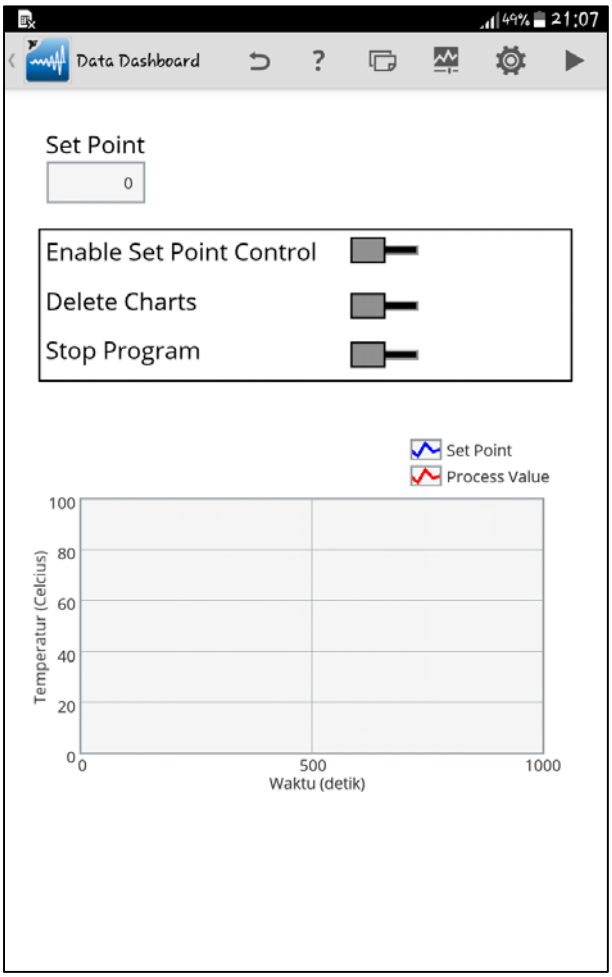
Tabel 3.1 Tabel *rule* dari FLC

		Error Temperatur		
		Panas	Tepat	Dingin
Perubahan Temperatur	Positif	Matikan	Matikan	Panaskan
	Sedang	Matikan	Matikan	Panaskan
	Negatif	Matikan	Perlahan	Panaskan

3.3.2 *Data Dashboard*

Data dashboard merupakan fitur dari National Instruments yang memungkinkan penggunanya mampu memonitor dan mengendalikan sistem melalui *mobile device* seperti *smatphone* atau *tab.*

Fitur ini nantinya akan dihubungkan dengan jaringan *wifi* yang sama dengan sistem yang akan dimonitor atau dikendalikan. Fitur ini bisa diunduh di playstore untuk *device* berbasis android. Gambar dari pembuatan *data dashboard* dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Tampilan HMI menggunakan *data dashboard*

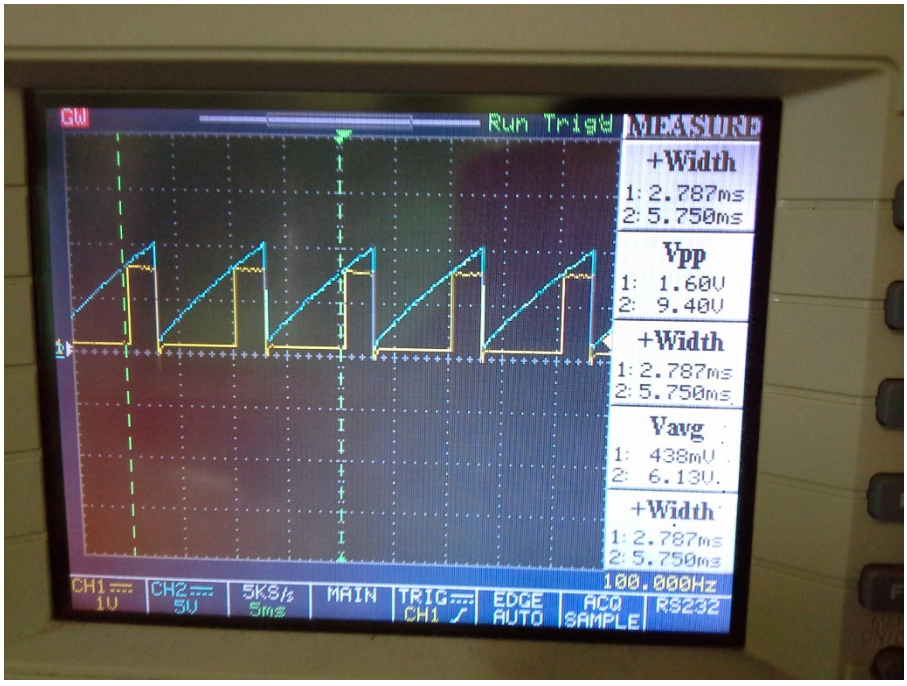
Menggunakan HMI ini, *user* bisa mengatur ulang *set point* yang semulanya diatur via PC atau laptop, menghapus *chart* atau grafik yang tertampil pada tablet dan laptop, dan menghentikan program via tablet.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil dari pengujian sistem seperti yang telah dijelaskan pada bab 3. Hasil didapat dengan melakukan ujicoba secara *real time*.

4.1 Pengujian Kendali Tegangan 1 Fasa

Pengujian mulanya dilakukan dengan memberikan sinyal kendali berupa tegangan 0-10 Volt ke rangkaian TCA 785. Tanggapan sinyal yang diperhatikan menggunakan osiloskop adalah sinyal pada pin 14 dan 15 yang diparalel serta sinyal yang berada di pin 9. Salah satu gambar tanggapan sinyal ditunjukkan pada Gambar 4.1.



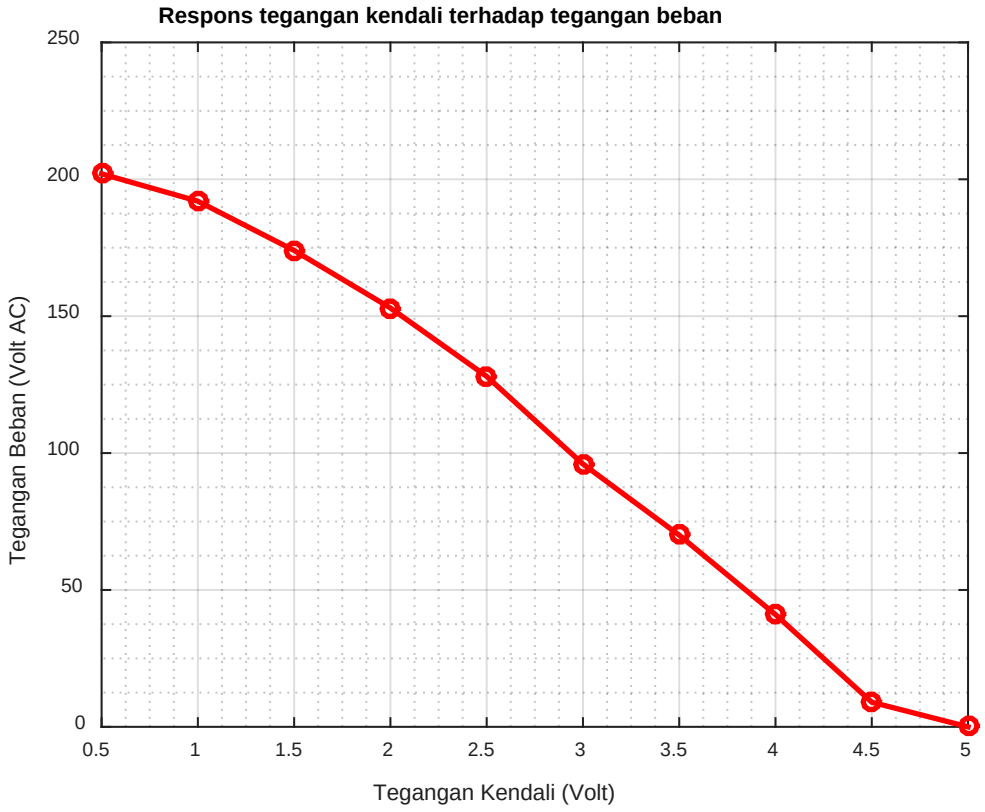
Gambar 4.1 Tanggapan sinyal TCA 785

Sinyal berwarna biru pada Gambar 4.1 merupakan tanggapan sinyal pada pin 9. Sinyal tersebut memiliki puncak tertinggi 10V. Sinyal tersebut nantinya akan dibandingkan dengan tegangan kendali untuk menghasilkan sinyal berwarna kuning yang merupakan pemicuan ke opto-triac.

Setelah didapatkan hasil yang diinginkan seperti Gambar 4.1, kemudian pengujian dilakukan dengan menggunakan beban AC terhubung ke rangkaian TRIAC. Beban AC yang digunakan awalnya merupakan bohlam 20 Watt. Tujuannya adalah melihat secara mudah

perubahan tegangan yang masuk ke beban dengan semakin meredup atau semakin terangnya lampu. Pengujian ini berhasil dilakukan.

Pengujian kemudian dilanjutkan dengan beban kompor lsitrik yang akan digunakan pada proses distilasi. Tujuan pengujian ini adalah melihat tanggapan tegangan yang masuk ke beban terhadap sinyal kendali yang diberikan. Gambar tanggapan pengujian ini ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Tanggapan tegangan beban terhadap tegangan kendali

Tanggapan Gambar 4.2 yang dihasilkan cukup linier namun, hal ini tidak bisa dipastikan sama dengan tanggapan temperatur pada proses distilasi terhadap sinyal kendali. Maka dari itu perlu dilakukan pengujian terhadap tanggapan temperatur proses distilasi mengingat temperatur proses distilasi adalah variabel yang dikendalikan pada sistem ini.

4.2 Pengujian Pengaruh Sinyal Kendali Terhadap Temperatur Secara *Open Loop*

Pengujian dilakukan dengan melihat tanggapan *output* sistem terhadap *input* yang diberikan. Variabel *output* pada pengujian ini adalah temperatur proses distilasi, sedangkan variabel *input* adalah tegangan yang keluar dari analog *output* myRIO.

Variabel lain yang akan diukur pada pengujian ini adalah tegangan penguatan dari tegangan kendali, tegangan dari kompor listrik, dan waktu. Variabel ini perlu diukur untuk memastikan terjadinya perubahan sinyal yang akan dikirimkan ke aktuator setiap adanya perubahan *input*.

Tabel 4.1 menunjukkan hasil data dari percobaan yang dilakukan. Variabel *input* yang berupa tegangan diuji setiap kenaikkan 0.5 Volt. Bahan yang dipanaskan pada distilasi adalah air biasa yang memiliki temperatur normal sekitar 25-28ºC.

Tabel 4.1 Tabel dari pengujian sistem secara *open loop*

$V_{control}$ (Volt)	$V_{penguatan}$ (Volt)	V_{beban} (Volt AC)	$Temp_{Awal}$ (ºC)	$Temp_{Akhir}$ (ºC)	Waktu
5	10.29	0	25.6	25.6	-
4.5	9.3	9	25.6	25.6	-
4	8.3	41	25.6	96.3	2 jam 12 menit
3.5	7.3	70	26.9	96.8	43 menit
3	6.3	96	26.9	96.8	30 menit
2.5	5.33	128	26.5	97.3	19 menit
2	4.33	153	26.5	97.3	16 menit
1.5	3.33	174	26.6	97.3	15 menit
1	2.34	192	26.8	97.3	15 menit
0.5	1.35	202	26.2	97.3	15 menit

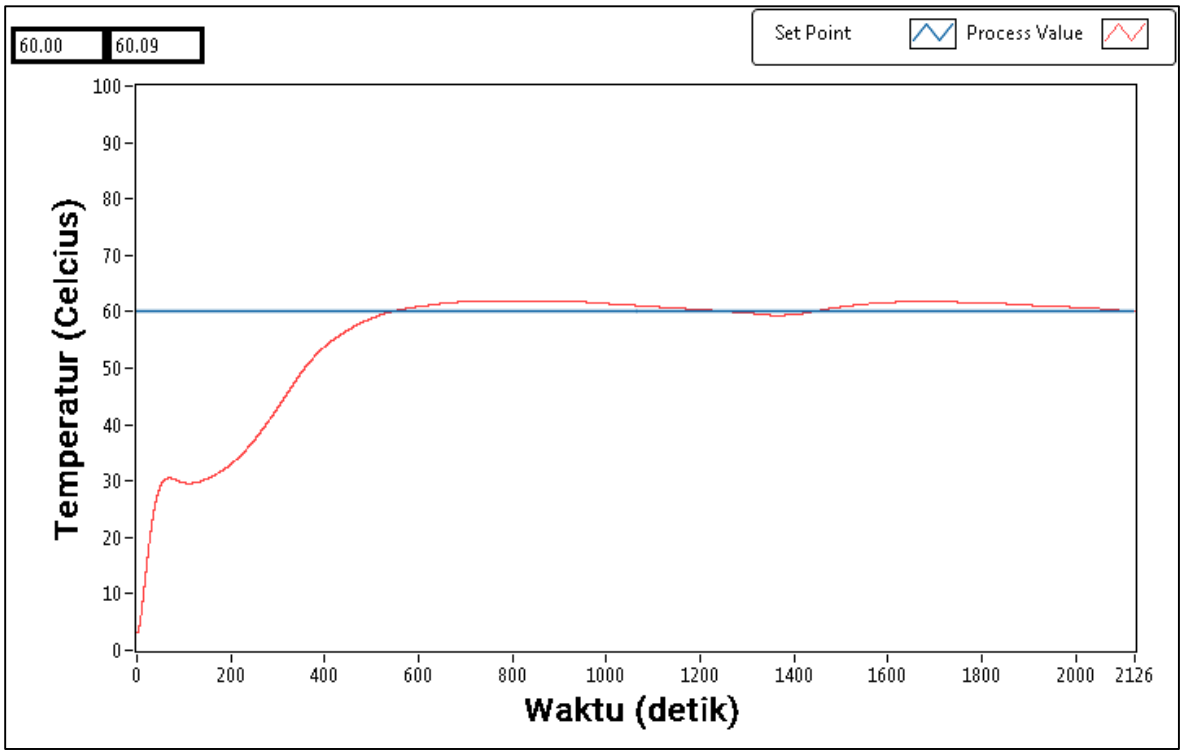
Berdasar Tabel 4.1 terlihat bahwa tanggapan temperatur terhadap tegangan kendali tidak memberikan tanggapan yang memiliki nilai *steady* dikeadaan tertentu. Hampir diseluruh kondisi *input* mampu mencapai titik didih air kecuali pada tegangan *input* 5 dan 4.5 Volt.

Tegangan penguatan sinyal input memiliki *offset* sebesar 0.3 Volt dari yang semestinya. Namun *offset* tegangan ini bisa diabaikan karena terlihat dari Tabel 4.1 bahwa untuk mendinginkan proses atau mematikan kompor diperlukan tegangan kendali tertinggi yaitu 5 Volt. Sehingga bila pada tegangan kendali 0 Volt dan tegangan penguatan yang akan dikirimkan ke aktuator terdapat 0.3 Volt, maka sinyal tersebut adalah sinyal yang digunakan untuk memanaskan kompor bukan mematikan kompor.

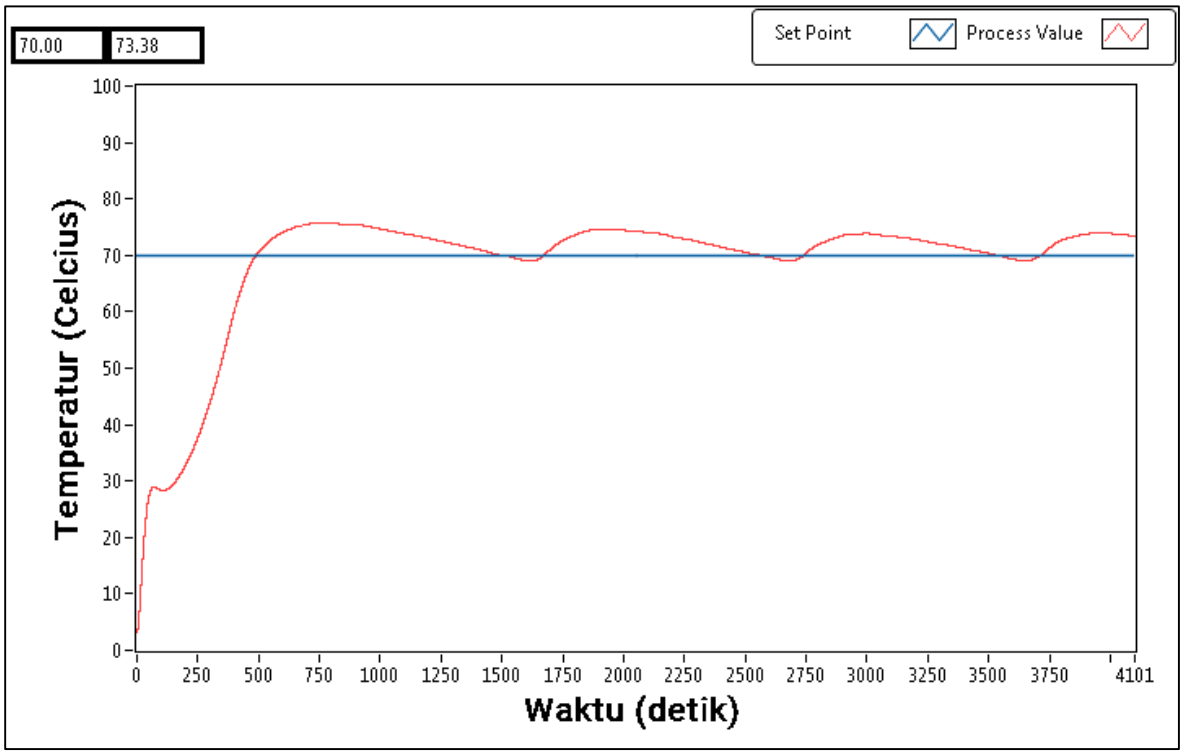
4.3 Pengujian Sistem Secara *Closed Loop*

Pengujian *closed loop* dilakukan dengan menambahkan sensor termokopel pada sistem. Metode pengendalian yang akan digunakan pada sistem adalah metode *fuzzy*.

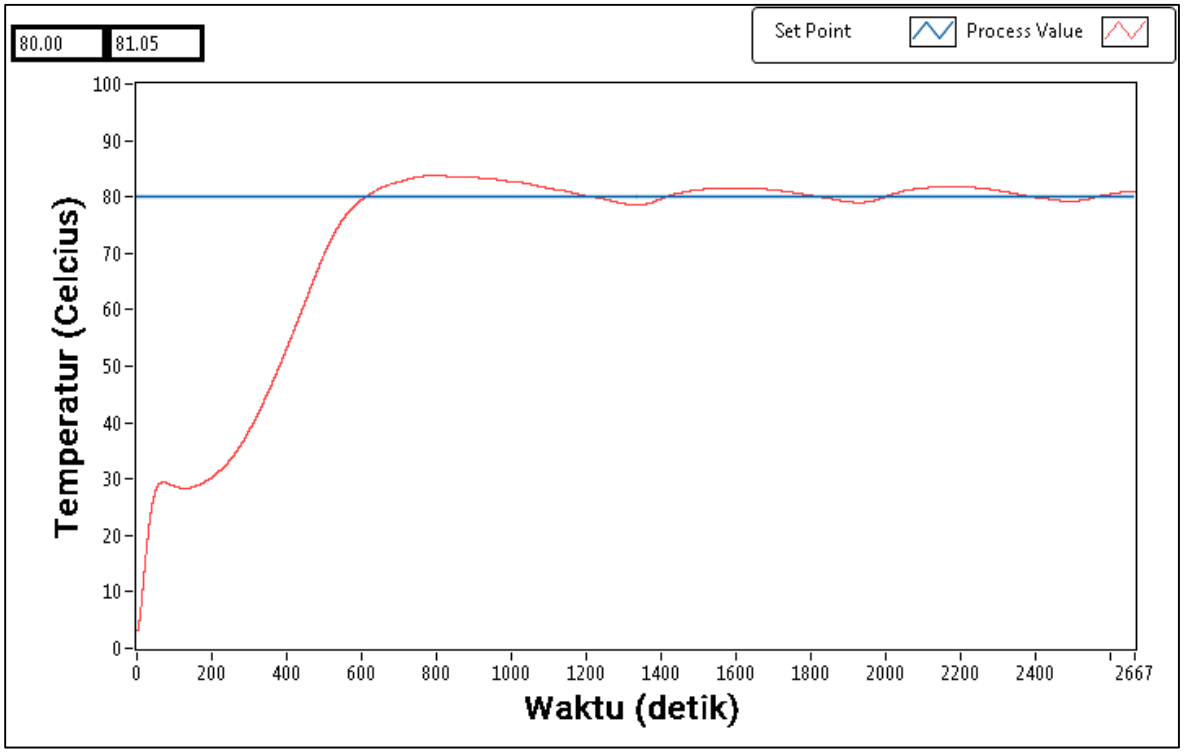
Temperatur yang akan diuji pada proses distilasi adalah 60ºC, 70ºC, dan 80ºC. Rentang temperatur ini dipilih karena pada temperatur 78 ºC terdapat titik didih pada etanol pada distilasi sederhana. Penelitian-penelitian sebelumnya hanya memfokuskan pada temperatur ini. Namun pada penelitian ini untuk memahami kemampuan alat, pengujian akan dilakukan dengan temperatur yang berbeda-beda dengan selisih 10ºC. Temperatur awal proses berada disekitar 25ºC-28ºC. Hasil dari desain sistem *fuzzy* ini dapat dilihat berturut-turut pada Gambar 4.3, Gambar 4.4, Gambar 4.5.



Gambar 4.3 Tanggapan sistem pada nilai *set-point* 60ºC



Gambar 4.4 Tanggapan sistem pada nilai *set-point* 70ºC



Gambar 4.5 Tanggapan sistem pada nilai s*et-point* 80ºC

Berdasar Gambar 4.3, Gambar 4.4, dan Gambar 4.5 hasil dari pembuatan sistem kendali temperatur ini cukup baik. Tanggapan mampu mengikuti temperatur *set-point* dan mempertahankannya. Hasil perbandingan ketiganya dengan melihat waktu yang dibutuhkan

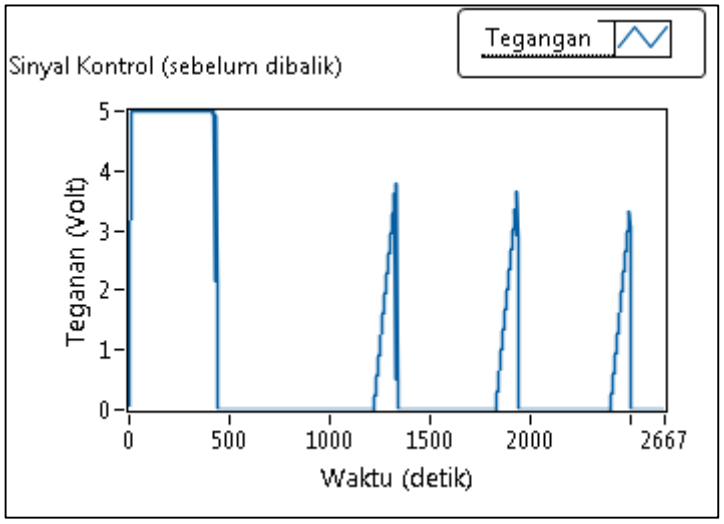
untuk mencapai *steady state* dan selisih temperatur terbesarnya terhadap *set-point* ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Karakteristik *step response*

Step Response	Temperatur Pengujian		
	60ºC	70ºC	80ºC
Overshoot	3.08%	8.28%	4.67%
Settling Time	455.1 detik	4083.4detik	550 detik
Peak Time	879.9 detik	768.9 detik	795.1 detik
Peak Response	61.8508ºC	75.7949ºC	83.7323ºC
Rising Time	394 detik	409.7 detik	504 detik

Nilai *steady state* yang diambil pada penelitian ini adalah ±5% dari *set-point*. Berdasar Tabel 4.2 diketahui bahwa sistem pada umumnya dapat mengikuti *set-point* yang diberikan. Tanggapan sistem terbaik terdapat pada pengujian temperatur 60ºC. Sedangkan tanggapan sistem terburuk terdapat pada pengujian temperatur 70ºC.

Pada pengujian temperatur 70ºC, *settling time* tidak tercapai. Hal ini disebabkan nilai temperatur berosilasi lebih dari 5%. Namun, bila dilihat sekilas pada Gambar 4.4 diketahui bahwa osilasi dari tanggapan semakin lama semakin mengecil. Hal ini diperkuat dengan mengetahui bahwa waktu puncak (*peak time*) pada temperatur 70ºC terjadi saat 768.9 detik yang merupakan osilasi pertama dari tanggapan sistem. Begitu pula dengan temperatur uji 80ºC. Hal ini diperkuat dengan Gambar 4.6 yang merupakan sinyal kendali dari temperatur uji 80ºC. Terlihat bahwa sinyal kendali semakin lama semakin mengecil. Hal ini berarti energi yang dikeluarkan untuk mengubah listrik menjadi panas semakin kecil yang berdampak tanggapan sistem pun akan semakin kecil dan mengurangi osilasinya.

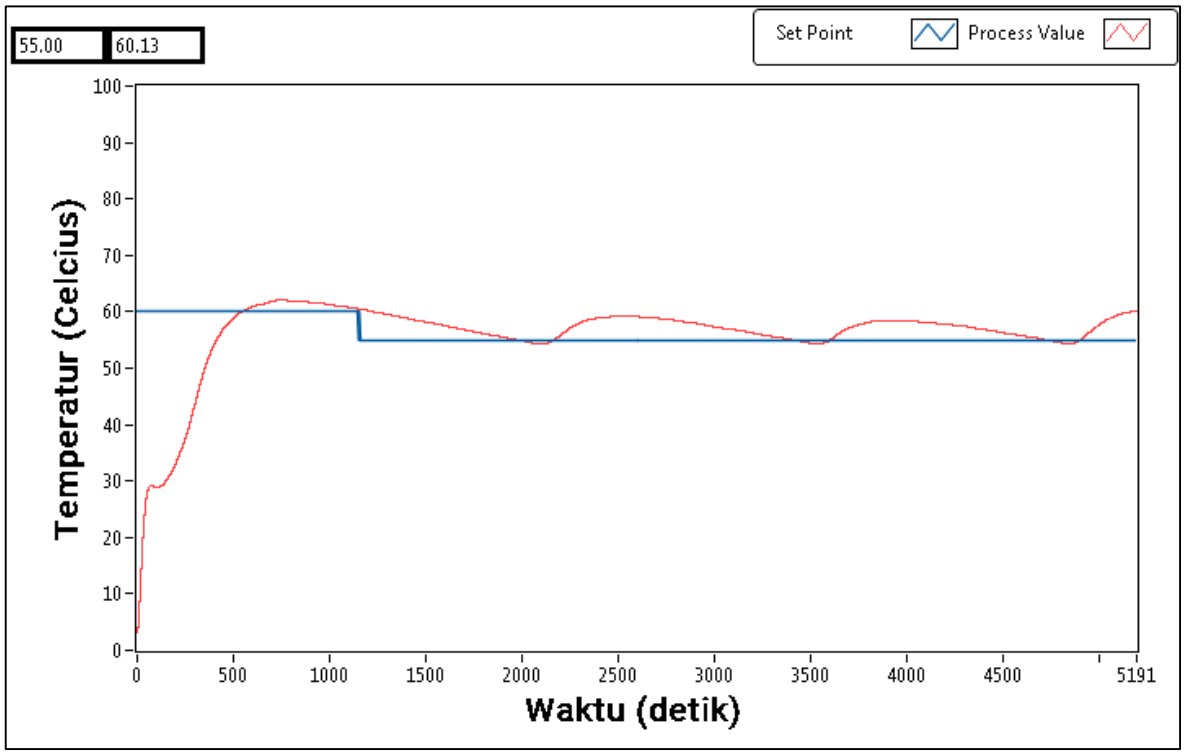


Gambar 4.6 Sinyal kendali pada temperatur uji 80ºC

Hasil tanggapan yang berbeda-beda pada setiap temperatur pengujian dikarenakan sistem kendali temperatur ini merupakan sistem *non-linear*. Oleh sebab itu, tanggapan sistem pada temperatur uji 60ºC dan 80ºC cukup baik namun tidak pada temperatur uji 70ºC.

4.4 Pengujian Dengan Perubahan *Set-Point*

Pengujian dengan perubahan *set-point* dilakukan dengan mengubah temperatur uji disaat program *running*. Perubahan *set-point* dilakukan dengan menambahkan dan mengurangkan temperatur uji sebesar 5ºC dan 10ºC. Gambar 4.7 merupakan salah satu hasil dari pengujian perubahan *set-point* dengan pengurangan sebesar 5ºC dari temperatur uji. Terlihat bahwa tanggapan sistem umumnya dapat mengikuti *set-point* namun nilai tersebut masih berosilasi cukup besar. Namun, hal itu adalah wajar sebagaimana sama dengan tanggapan sistem pada temperatur uji 70ºC yang berosilasi namun semakin lama semakin mengecil.

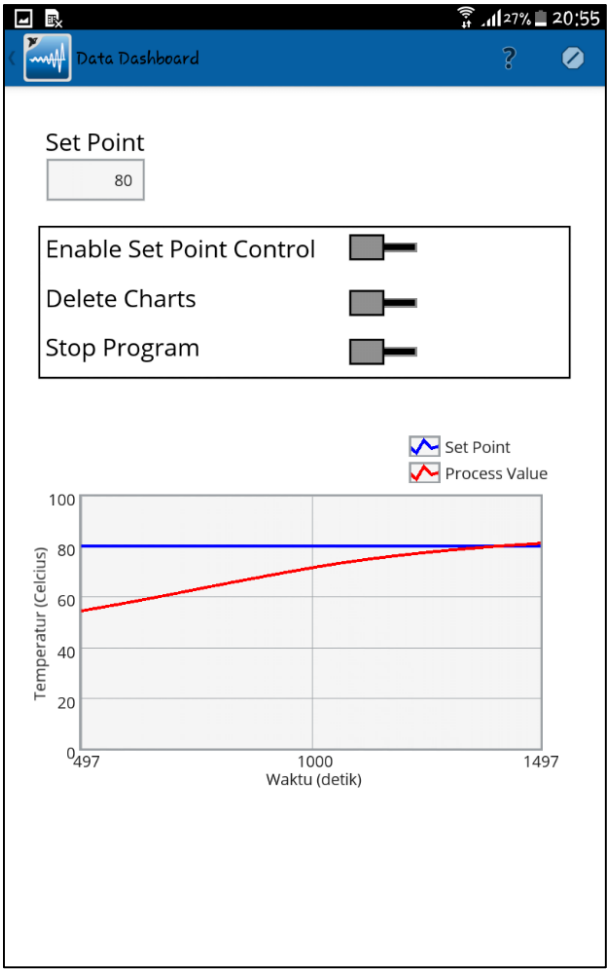


Gambar 4.7 Pengujian dengan perubahan *set-point*

4.5 Pengujian *Data Dashboard*

Pengujian *data dashboard* dilakukan dengan melihat apakah data yang terhubung dengan sistem bisa diterima dan dikirimkan (sebagai indikator dan kendali). *Data dashboard* yang dirancang menggunakan Samsung Galaxy Tab 3.

Data dashboard mampu menerima dan mengirimkan sinyal dengan baik kepada myRIO 1900. Menggunakan *data dashboard*, *charts* yang ada di VI LabVIEW bisa dihapus melalui *device*. Begitu pula dengan *set-point*. Pemberian *set-poisnt* tidak hanya bisa dilakukan menggunakan VI yang ada di komputer namun juga bisa melalui *mobile device*. Gambar 4.8 merupakan tampilan *data dashboard* pada tab.



Gambar 4.8 Tampilan *data dashboard* pada tab

Kelemahan data dashboard yang digunakan pada penelitian ini adalah, data yang bisa tertampil pada *data dashboard* hanya maksimal 1000 data. Jika data yang ingin ditampilkan lebih dari itu, maka *data dashboard* akan menghapus data yang sebelumnya. Kelemahan lain adalah adanya *delay* yang bisa melakukan pengendalian menggunakan *data dashboard. Delay* tersebut terlihat saat penghapusan *charts. Charts* yang tertampil pada LabVIEW lebih dulu terhpaus dibanding *charts* pada *data dashboard*.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasar percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem kendali temperatur pada proses distilasi penelitian ini merupakan pengendalian sistem *non-linear*. Pemilihan FLC sebagai algoritma kendali merupakan pemilihan yang tepat terhadap sistem ini. Hasil tanggapan terbaik dari temperatur uji terdapat pada temperatur 60ºC dengan *overshoot* 3.08%, *settling time* 455.1 detik, dan *peak response* 61.8508ºC. *Monitoring* dan pengendalian menggunakan *data dashboard* dapat dilakukan dengan batasan-batasan seperti adanya *delay* dan jumlah data yang bisa ditampilkan.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian lebih lanjut:

1. Perlu *plant* menggunakan labu distilasi untuk hasil pengujian yang lebih akurat.
2. *Database* untuk sistem kendali dengan myRIO dan pengembangan agar sistem menjadi *standalone application*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] T. B. Pratomo, A. Dharmawan, A. Syoufian, dan T. W. Supardi, "Purwarupa Sistem Kendali Suhu dengan Pengendali PID pada Sistem Pemanas dalam Proses Refluks/Distilasi," *IJEIS*, vol. 3, no. 1, pp. 23–34, 2013.

[2] R. Arissandi, "Implementasi Kontrol Logika Fuzzy (KLF) Sebagai Pengendali Suhu Sistem Pasteurisasi Kuning Telur Cair," Publikasi Hasil Penelitian Skripsi, Universitas Brawijaya, 2014.

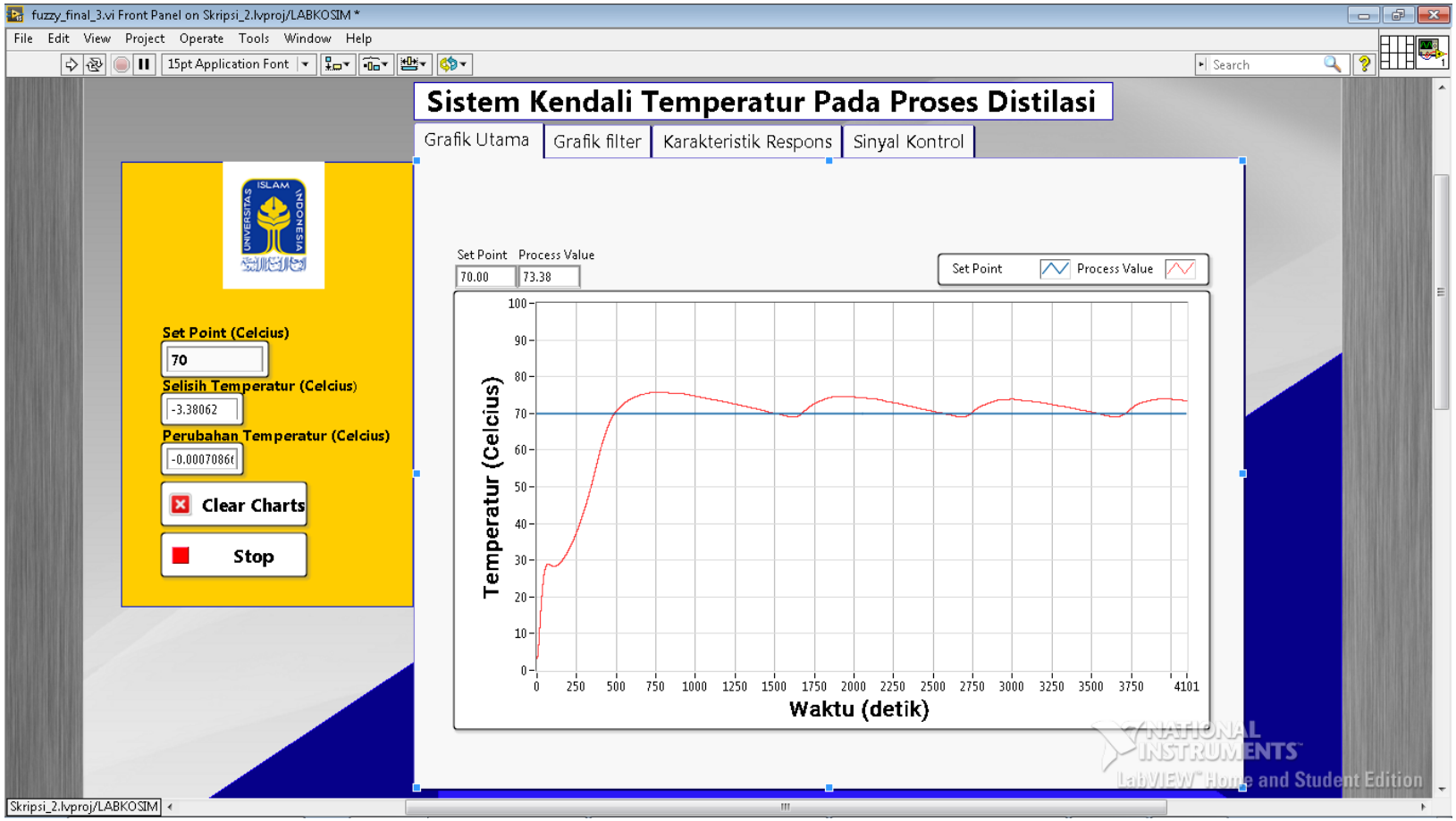
[3] D. Pramono, "Kontrol dan Monitoring Suhu Pemanas Udara Menggunakan Pengendali Fuzzy Logic Controller (FLC)," Skripsi, Universitas Islam Indonesia, 2014.

[4] M. A. Muslim, G. D. N, A. S. F, dan A. P. R, "Design and Implementation of Temperature Controller for a Vacuum Distiller," in *Proceeding of International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI 2014)*, 2014.

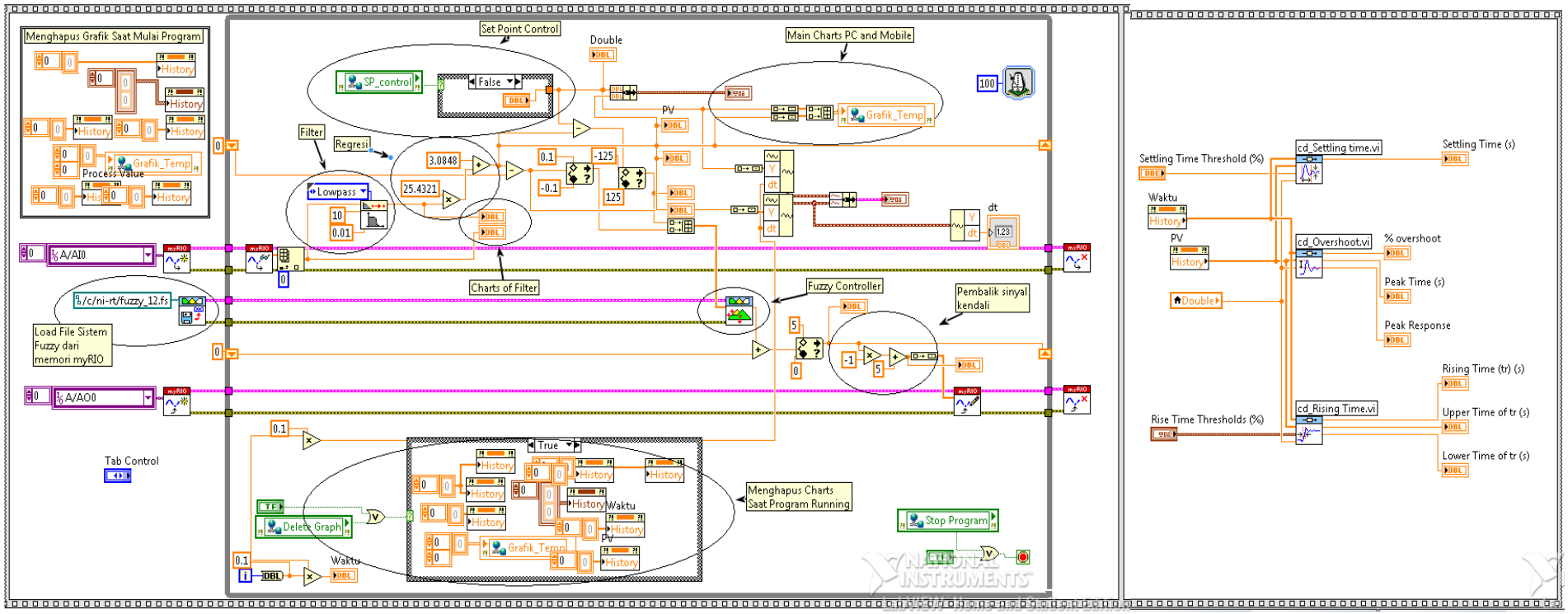
[5] D. A. R. Wati, *Sistem Kendali Cerdas*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.

LAMPIRAN

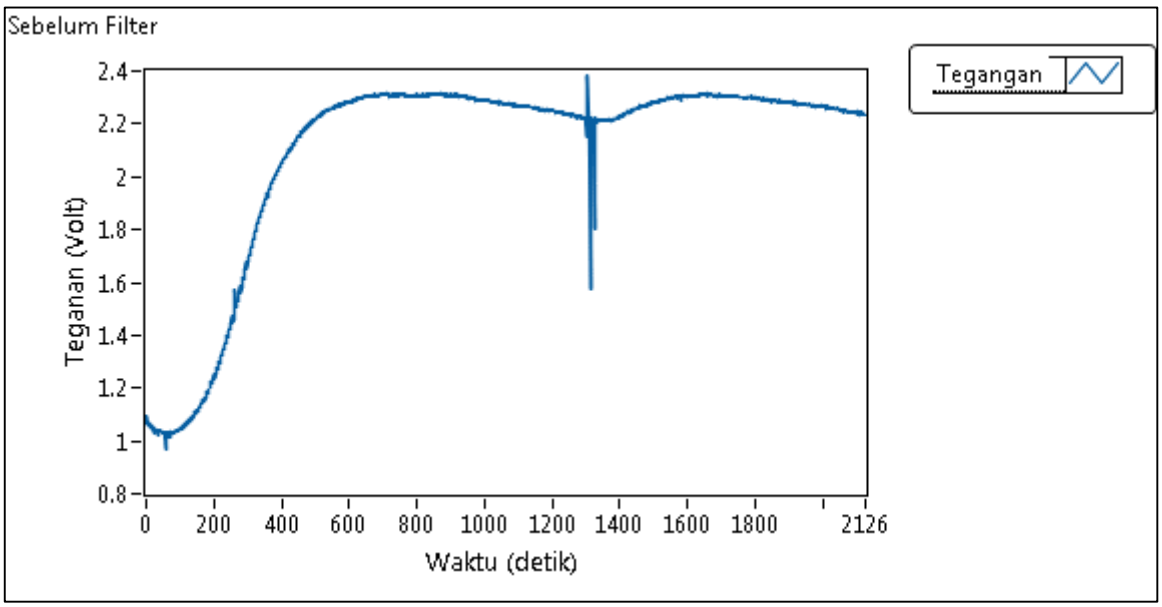
Lampiran 1: *Front Panel* pada LabVIEW

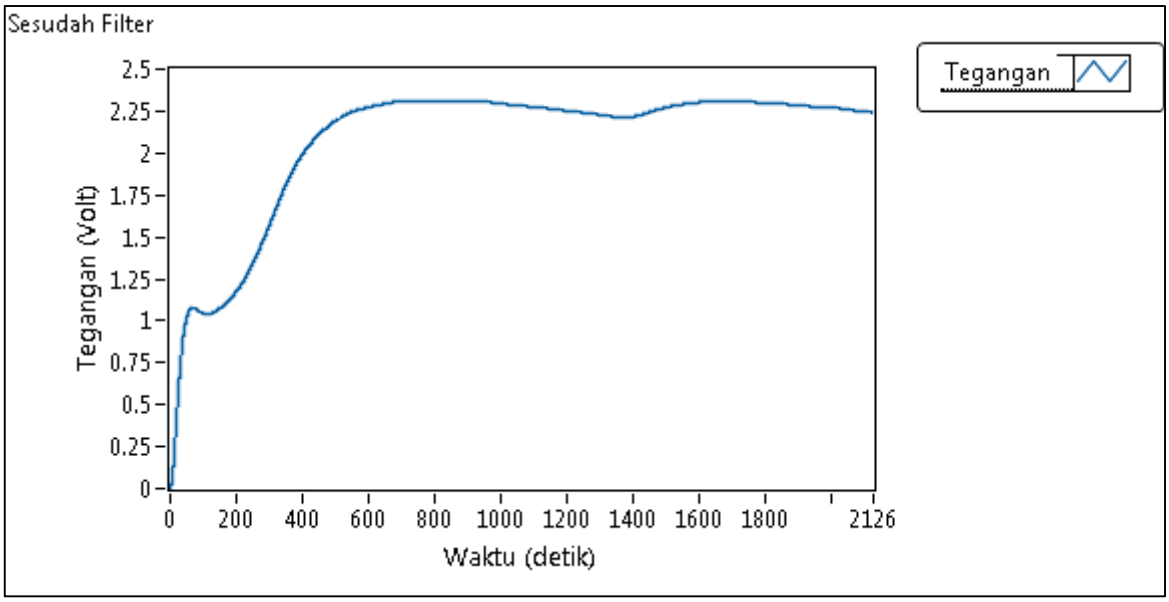


Lampiran 2: *Block Diagram* pada LabVIEW

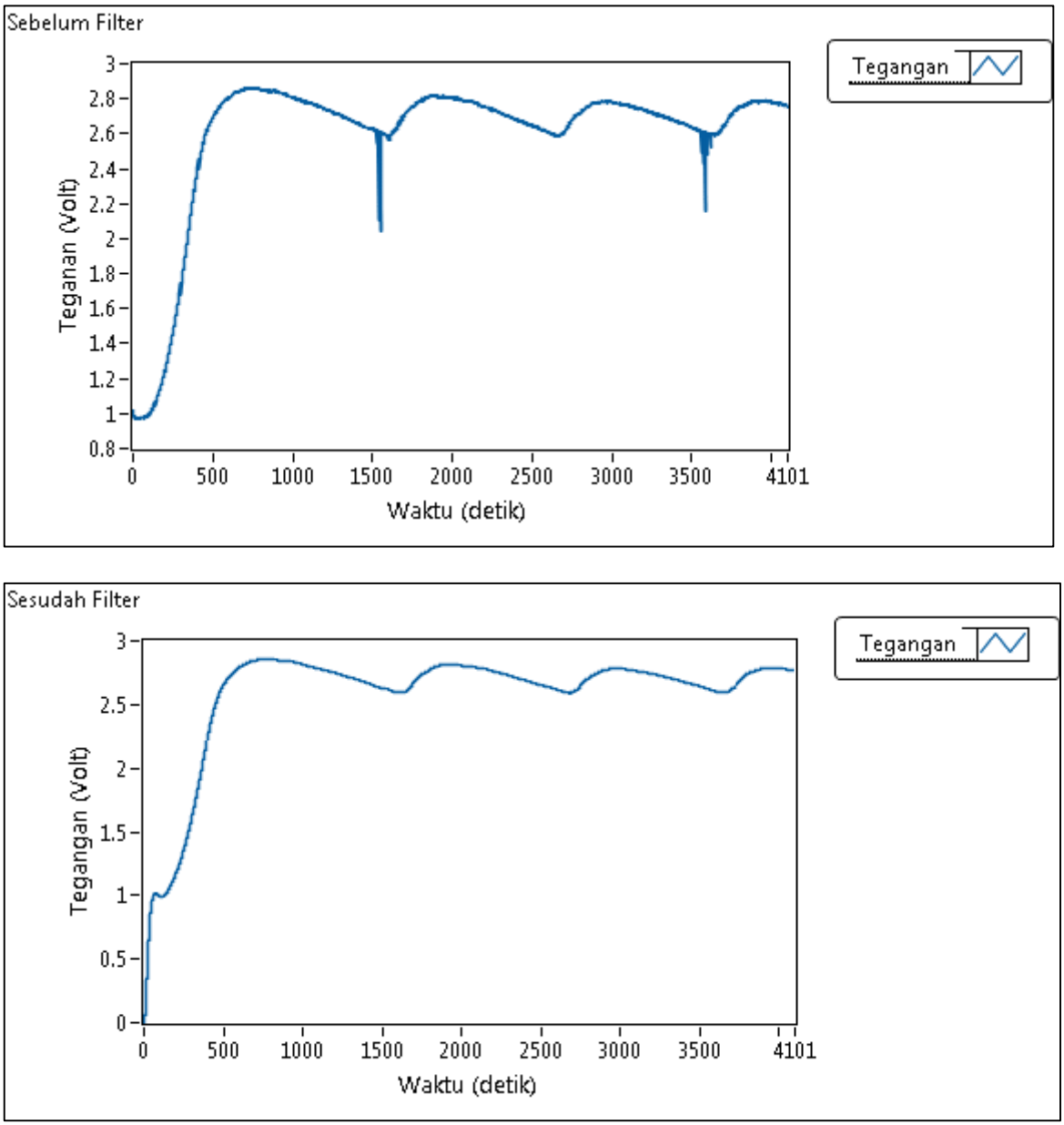


Lampiran 3: Grafik sensor sebelum dan sesudah filter pada pengujian 60ºC

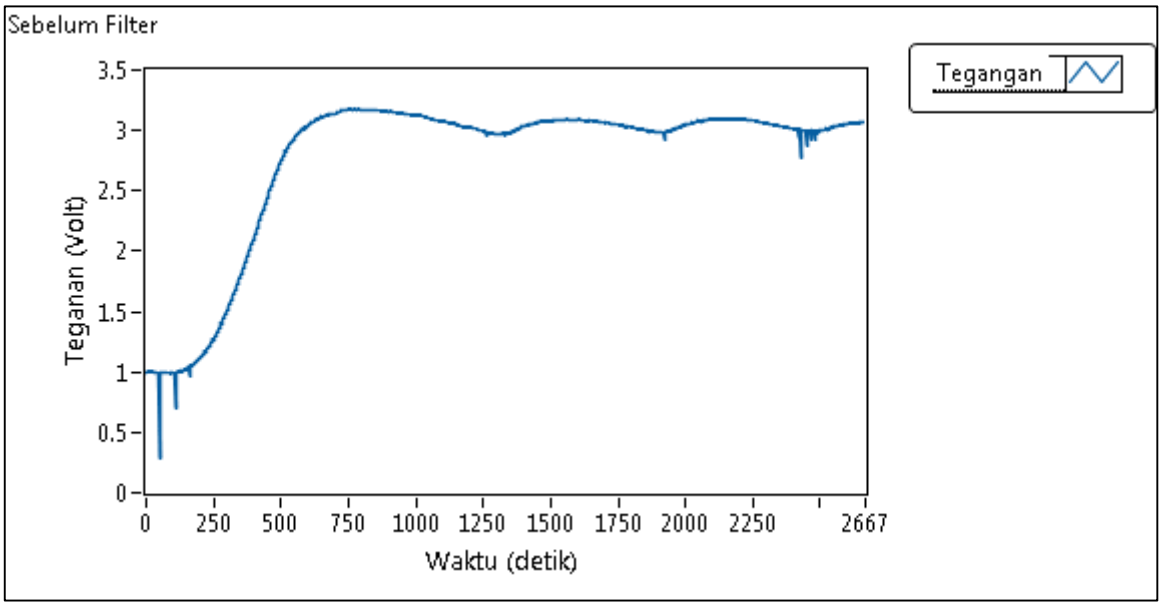


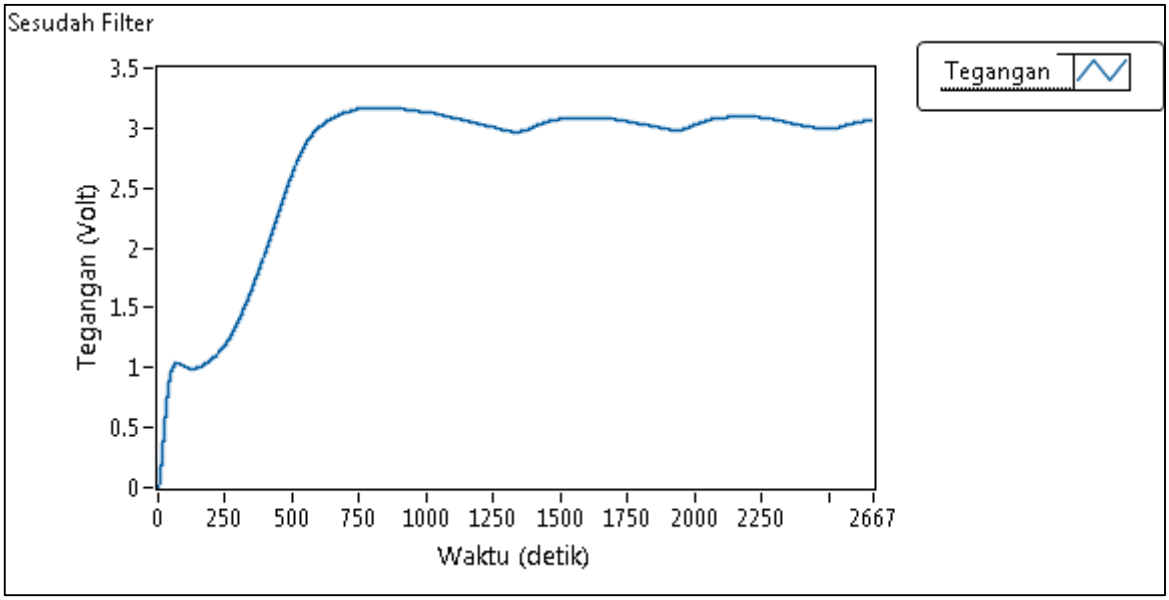


Lampiran 4: Grafik sensor sebelum dan sesudah filter pada pengujian 70ºC

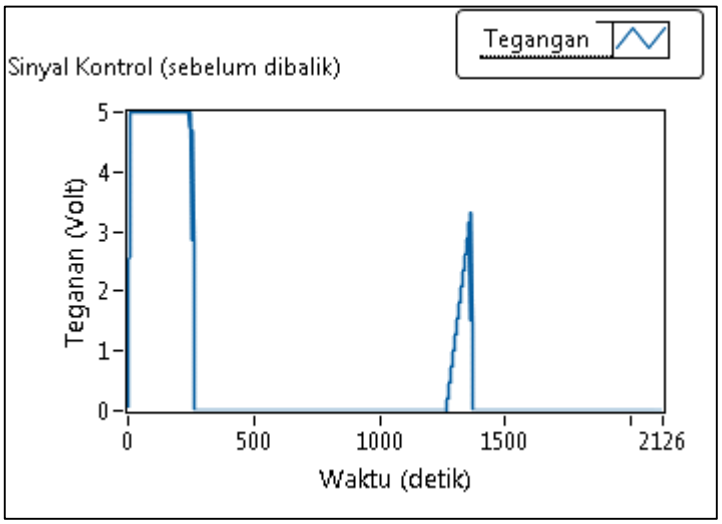


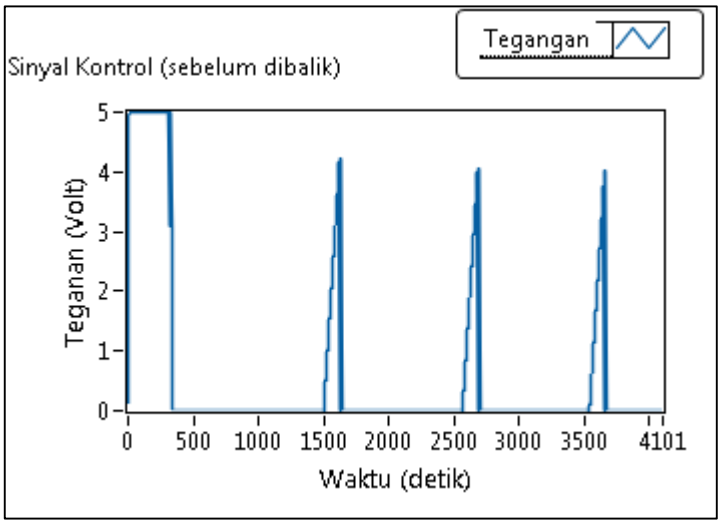
Lampiran 5: Grafik sensor sebelum dan sesudah filter pada pengujian 80ºC

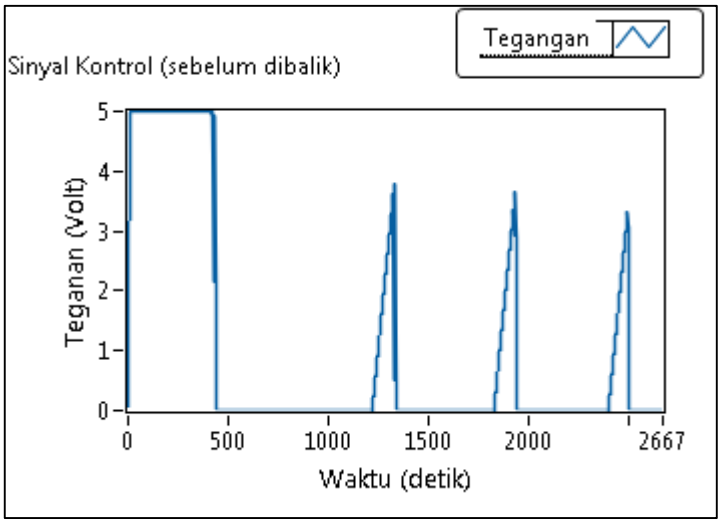




Lampiran 6: Grafik tegangan kendali 60ºC, 70ºC, dan 80ºC




Sinyal Kontrol (sebelum dibalik)
Tegangan
Teganan (Volt)
0
1
2
3
4
5
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4101
Waktu (detik)


Sinyal Kontrol (sebelum dibalik)
Tegangan
Teganan (Volt)
0
1
2
3
4
5
0
500
1000
1500
2000
2667
Waktu (detik)