PERANCANGAN *SMART SYSTEM* PADA PENGERING PAKAIAN BERBASIS *AIR HEATER*

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1

Disusun oleh:
Herendha Priyandha
13524107

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
2018

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN *SMART SYSTEM* PADA PENGERING PAKAIAN BERBASIS *AIR HEATER*

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:

Herendha Priyandha
13524107

Yogyakarta, 14 Agustus 2018

Menyetujui,

Pembimbing 1

Dwi Ana Ratna Wati,S.T.,M.Eng
035340102

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

PERANCANGAN *SMART SYSTEM* PADA PENGERING PAKAIAN BERBASIS *AIR HEATER*

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Herendha Priyamdha

13524107

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 26 September 2018

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Dwi Ana Ratna Wati S.T., M.Eng, _____

Anggota Penguji 1: Medilla Kusrianto S.T, M.Eng, _____

Anggota Penguji 2: Tito Yuwono S.T., M.Sc., _____

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 26 Oktober 2018

Ketua Program Studi Teknik Elektro

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA ★ YOGYAKARTA ★ FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

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

045240101

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 14 Agustus 2018

Herendha Priyandha

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan kasih dan sayang kepada seluruh makhluk ciptaan-Nya, tidak terkecuali telah di berikan kesempatan untuk bisa menyelesaikan kewajiban sebagai penuntut ilmu yaitu menyelesiakan skripsi yang kami beri judul "Perancangan *Smart System* pada Pengering Pakaian Berbasis *Air Heater*".

Tujuan dari penyusunan skripsi tersebut sebagai salah satu syarat untuk memenuhi syarat mencapai sarjana S1 pada fakultas teknologi industri di bidang teknik elektro di universitas islam indonesia. Dalam penyusunan skripsi ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat banyak membantu pada proses penyusunan hingga selesai. Maka, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah subhanahu wa ta'ala atas segala limpahan rahmat dan karunia dari-Nya.
2. Nabi Muhammad shalallaahu 'alayhi wasallam sebagai panutan terbaik bagi umat manusia
3. Orang tua tercinta Hudy Pratomo dan Rafit Naciah yang senantiasa mendoakan dan memfasilitasi segala sesuatu.
4. Bapak Hendra Setiawan, S.T, M.T., Dr.Eng. selaku ketua jurusan teknik elektro fakultas teknologi industri universitas islam indonesia.
5. Ibu Dwi Ana Ratna Wati, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis yang membimbing dan mendampingi dengan sangat baik dan penuh kesabaran.
6. Seluruh dosen jurusan teknik elektro fakultas teknologi industri universitas islam indonesia yang telah membimbing serta menyalurkan ilmunya semasa di bangku perkuliahan maupun diluar bangku perkuliahan.
7. Saudara Muhammad Deny Pradana, Nino Arindra, Ridho Ahmad, Masuli Ibnu Adam dan teman-teman teknik elektro UII yang bersedia menemani dan membantu.

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Ha	: Kelembaban terbaca oleh sensor DHT22
Hb	: Kelembaban terbaca oleh higrometer
Ta	: Temperatur terbaca oleh sensor DHT22
Tb	: Temperatur terbaca oleh termometer
R1	: Kotak merah 1 gambar 3.6 program LabVIEW
B1	: Kotak biru 1 gambar 3.5 program Arduino
LabVIEW	: *Laboratory virtual instrumentation engineering workbench*
TRIAC	: *Triode for alternating current*
u(t)	: Keluaran kontroler.
e(t)	: *Error,* selisih antara input dan umpan balik.
U1 dan U2	: Keluaran kontroler dengan nilai konstan, *on/off*.
VDC	: *Direct current voltage*
VAC	: *Alternating current voltage*
PWM	: *Pulse-widht modulation*

ABSTRAK

Temperatur dan kelembaban merupakan dua parameter utama dalam proses pengeringan. Nilai temperatur berpengaruh pada pakaian yang akan dikeringkan karena pakaian memiliki batas temperatur tertentu agar terjaga kualitasnya. Oleh karena itu digunakan pengendali *on/off* agar *setpoint* temperatur yang diinginkan dapat tercapai. Nilai *setpoint* temperatur diatur berdasarkan jenis pakaian yang akan dikeringkan. Proses pengeringan dikendalikan oleh *user* melalui LabVIEW *interface* yang mana *user* memberikan *input* jenis dan jumlah pakaian. Nilai temperatur dan kelembaban dibaca oleh sensor DHT22 yang akan ditampilkan pada LabVIEW *interface*. Kemudian, *input* tersebut akan dikirimkan secara *serial* ke arduino yang berisi *code* nilai PWM. Nilai PWM 0-255 akan menghasilkan tegangan kendali arduino 0-4,4VDC. Tegangan kendali arduino dikirimkan ke *driver* AC pada *plant air heater* sebagai akuator untuk mengatur tegangan AC ke *heater* sehingga keluaran panas dapat diatur. Kemudian, *air heater* akan *off* ketika kelembaban telah mencapai kondisi kering. Kondisi kering pakaian berbeda-beda karena tidak ada nilai pasti bahwa pakaian akan kering di nilai kelembaban tertentu. Kondisi kering tergantung dari temperatur, semakin tinggi temperatur pada proses pengeringan tersebut maka nilai kelembabannya akan semakin rendah dan antara pakaian yang hendak kering dan telah kering nilai kelembabannya cenderung sama sehingga dikombinasikan dengan *timer* agar pengeringannya tercapai.

Kata kunci: LabVIEW, arduino, kondisi kering, bilik pengeringan, temperatur, kelembaban.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN iii
KATA PENGANTAR iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN v
ABSTRAK vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL x
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 Tinjauan Teori 4
2.2.1 Perawatan pakaian 4
2.2.2 Kelembaban dan temperatur 5
2.2.3 TRIAC 5
2.2.4 Akuator TCA 785 6
2.2.5 Pengendali *ON/OFF* 7
BAB 3 METODOLOGI 8

3.1 Perancangan Hardware 8
3.2 Perancangan Soft*ware* 9
3.2.1 Gambaran umum sistem 9
3.2.2 Program 12
3.3 Pengujian *air heater* dan mode pengeringan 13
3.4 Pengujian kondisi kering 15
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 17
4.1 Hasil proses pengeringan 17
4.2 Faktor perbedaan nilai kelembaban kondisi kering dan waktu proses pengeringan 19
4.2.1 Perbandingan kondisi kering dengan berbeda kandungan air 19
4.2.2 Perbandingan kondisi kering dengan berbeda jenis kain 20
4.2.3 Perbandingan kondisi kering dengan berbeda temperatur 21
4.3 Perbandingan konsumsi listik 22
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 23
5.1 Kesimpulan 23
5.2 Saran 24
DAFTAR PUSTAKA 25
LAMPIRAN 26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Simbol perawatan pakaian....4
Gambar 2.2 Rangkaian TRIAC....5
Gambar 2.3 Rangkaian TCA785....6
Gambar 2.4 Diagram blok kontroler *on/off*....7
Gambar 3.1 Diagram hardware....8
Gambar 3.2 Diagram kendali....9
Gambar 3.3 LabVIEW *Interface* pengendalian *air heater*....9
Gambar 3.4 *Flowchart* proses pengeringan....10
Gambar 3.5 Program LabVIEW....12
Gambar 3.6 Program arduino....12
Gambar 3.7 Hasil pengeringan....16
Gambar 4.1 Hasil pengeringan “tercapai” untuk kaos t-shirt....17
Gambar 4.2 Letak *air heater*....18
Gambar 4.3 *Error* pembacaan kelembaban dan temperatur....19
Gambar 4.4 Perbandingan data dengan berbeda kandungan air....19
Gambar 4.5 Perbandingan data dengan berbeda pakaian....20
Gambar 4.6 Perbandingan data dengan berbeda temperatur....21

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Konfigurasi pin pada arduino 8

Tabel 3.2 Data pengeringan berdasarkan input tegangan 13

Tabel 3.3 Mode pengeringan 14

Tabel 3.4 Pengujian untuk menentukan *setpoint* kelembaban dan waktu *timer* 15

Tabel 3.5 Klasifikasi *timer* 16

Tabel 4.1 Hasil pengeringan dengan *smart system* 17

Tabel 4.2 Perbandingan daya tiap mode 22

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Cahaya matahari di Indonesia dapat bersinar hingga 12 jam per hari sehingga radiasi yang dipancarkan oleh matahari sangat tinggi. Indonesia memiliki lautan yang luas sehingga dengan panas yang tinggi menyebabkan air laut menguap membuat curah hujan menjadi tinggi. Penguapan laut akibat panas yang tinggi menyebabkan udara menjadi lembab. Hal itu karena Indonesia yang terletak di khatulistiwa yang jarak antara bumi dan matahari sangat dekat menyebabkan indonesia beriklim tropis yang memiliki dua musim yaitu musim penghujan dan kemarau. Kedua musim tersebut terjadi persetengah tahun yang mana musim penghujan terjadi pada bulan Oktober hingga April sedangkan musim kemarau terjadi pada bulan April hingga Oktober. Namun, prediksi tersebut tidak bisa dijadikan acuan lagi karena pemanasan global membuat iklim di indonesia menjadi tidak menentu. Iklim yang tidak menentu inilah membuat pengeringan di luar ruangan menjadi tidak efisien karena cuaca yang tidak bisa diprediksi, padahal panas matahari di indonesia bisa diandalkan untuk mengeringkan pakaian. Masyarakat pun mulai beralih yang dulu mengeringkan pakaian dengan cahaya matahari namun kini mulai menggunakan pengering dalam ruangan. Pengering pakaian dalam ruangan ini membuat pengeringan lebih efisien karena tidak terpengaruh oleh cuaca di luar ruangan.

Pengering pakaian dalam ruangan menggunakan *air heater* sebagai penghasil panas. Alat pengering pakaian yang digunakan oleh masyarakat masih *manual*. Pada *laundry* yang berada di jogja, mereka menggunakan pengering pakaian dengan *input manual*. Temperatur dan waktu pengeringan diatur secara *manual*. Umumnya mereka mengatur temperatur 70-80°C dan waktu pengeringan selama 1 jam. Angka-angka tersebut mereka dapat secara kira-kira setelah beberapa kali percobaan. Pemilik *laundry* kurang memperhatikan bagaimana perawatan pakaian yang baik dan benar agar tetap terjaga kualitas pakaian yang akan dikeringkan. Pakaian yang dikeringkan pun dicampur tanpa memandang jenis dan ketebalan pakaian. Asumsi waktu pengeringan diambil berdasarkan keringnya pakaian yang tebal dan besar. Asumsi ini membuat pakaian yang tipis dan kecil menjadi tidak terawat. Maka diperlukan alat pengering pakaian dengan sistem pintar agar pakaian yang dikeringkan terjaga kualitasnya dan penggunanya menjadi lebih memperhatikan bagaimana perawatan ketika mengeringkan pakaian.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana merancang sebuah *smart system air heater* yang mampu mengeringkan pakaian berdasarkan jenis dan jumlah pakaian kemudian akan memberikan peringatan ketika pakaian telah kering?

1.3 Batasan Masalah

1. Bilik pengering memiliki ukuran 55x90cm hanya mampu menampung pakaian dengan ukuran besar seperti kaos t-shirt dengan ukuran 50x60cm sebanyak 3 potong.
2. *Air heater* hanya mampu menghasilkan panas di bilik pengeringan hingga temperatur 50°C

1.4 Tujuan Penelitian

Membuat *smart system air heater* yang mampu mengeringkan pakaian berdasarkan jenis dan jumlah pakaian yang akan dikeringkan kemudian memberikan peringatan ketika pakaian telah memasuki kondisi kering.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menambah wawasan mengenai pengoperasian piranti mikrokontroler dan membangun suatu inovasi alat yang layak digunakan.
2. Membantu masyarakat untuk peduli dengan perawatan pakaian.
3. Menjaga kualitas pakaian yang akan dikeringkan.
4. Sebagai bahan informasi dan referensi untuk pengembangan bagi penelitian berikutnya.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian yang dilakukan oleh Ward Tegrotenhuis dkk[1], membuat Modeling untuk merancang pengering pakaian yang mampu menghemat hingga 50% dari energi yang digunakan oleh pengering pakaian rumah tangga dengan waktu pengeringan yang sama. Berupa siklus pengeringan dari hasil panas buangan yang digunakan kembali sehingga energi yang digunakan lebih sedikit.

Pada penelitian Jing Zhao dkk[2], karakteristik dari elemen pemanas sangat berpengaruh terhadap kinerja pengering pakaian. Kondensor diaplikasikan pada pengering pakaian untuk meningkatkan perpindahan panas. Parameter seperti tingkat penguapan kelembaban, kadar air dan tingkat ekstrasi kelembaban digunakan untuk mencari perbedaan antara ketiga jenis elemen pemanas yaitu *Positive Temperature Coeficcient* (PTC), kawat hambatan dan kawat hambatan yang dimodifikasi. Hasilnya, kawat hambatan tidak meningkatkan kinerja pengeringan dan efesiensi energi pengering secara signifikan di banding PTC. Kemudian kawat hambatan yang dimodifikasi dengan split alumnium mampu meningkatkan penguapan air sehingga mempercepat pengeringan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Jian Qifei dkk[3], meningkatkan performa pengering pakaian dengan membuat pipa *heat exchanger* sebagai pemulih panas. Pemulih panas adalah proses pengeringan dengan menggunakan panas buangan sebagai pertukaran panas untuk udara panas yang masuk ke wadah pengering. Setelah di lakukan uji coba hasilnya mampu meningkatkan penguapan air. Peningkatan temperatur yang memasuki wadah pengering mampu meningkatkan perbedaan temperatur antara panas udara kering dan kelembaban pada pakaian sehingga mempercepat penguapan dari pakaian basah. Peningkatan performa ini membuat konsumsi listrik mampu dikurangi hingga 17%.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Perawatan Pakaian

Pakaian memiliki jenis yang berbeda-beda sehingga penanganannya juga berbeda-beda. Tingkat kerapatan serat kain dan benang yang bervariasi membutuhkan penanganan yang tepat karena jika asal-asalan akan merusak pakaian tersebut. Jika mengeringkan di tingkat panas dan dalam waktu yang berlebihan maka pakaian akan menjadi kaku dan tidak nyaman untuk di kenakan. Juga jika penanganan tidak sesuai maka usia pakaian akan menjadi pendek.

Gambar 2.1 Simbol perawatan pakaian

Umumnya pakaian memiliki petunjuk penanganan bagaimana perawatan agar kualitasnya tetap terjaga. Gambar 2.1 merupakan simbol label petunjuk perawatan biasanya terletak di bagian dalam pakaian yang memberikan informasi kepada pengguna mengenai petunjuk perawatan berbentuk simbol. Simbol-simbol tersebut berisi informasi mengenai jenis perawatan yang di perbolehkan dan yang tidak diperbolehkan. Simbol-simbol tersebut yaitu *washing, bleaching, dryin, ironing, dry cleaning*[4].

Simbol-simbol perawatan akan mencantumkan angka sebagai informasi perawatan yang benar. Contohnya pada *drying* akan mencantumkan angka 60°C pada simbol yang artinya pakaian direkomendasikan untuk dikeringkan pada temperatur maksimal 60°C. Begitu pula dengan simbol lainnya yang mencantumkan angka yang di maksud adalah nilai maksimal yang direkomendasikan agar pakaian tersebut terjaga kualitasnya.

Pakaian memiliki tingkat ketahan panas yang berbeda-beda dan memiliki tingkat panas maksimal. Hampir seluruh pakaian mampu dikeringkan hingga 100°C. Contohnya pakaian berbahan katun atau menggunakan kain sintetis mampu dipanaskan hingga 120°C. Namun, tingkat panas yang di sebutkan tersebut tidak direkomendasikan karena nilai tersebut merupakan titik bakar dan jika dipanaskan lebih dari 120°C maka kain tersebut akan terbakar[5].

2.2.2 **Kelembaban Dan Temperatur**

Temperatur merupakan nilai derajat yang menyatakan tingkat panas atau dingin suatu objek. Alat untuk mengukur temperatur adalah termometer. Pada standar internasional satuan dari temperatur adalah kelvin. Skala lainnya adalah fahrenheit, reamur dan celcius. Indonesia menggunakan satuan temperatur yaitu celcius(°C). Celcius mudah untuk di ketahui perubahanya, contohnya air ketika di panaskan hingga 100°C maka air tersebut akan mendidih dan ketika di dinginkan hingga 0°C maka air akan membeku.

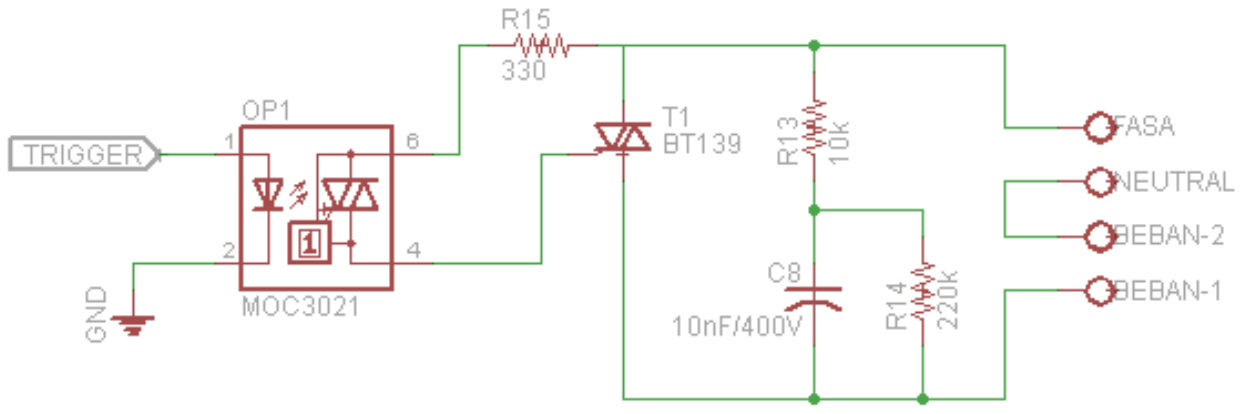
Kelembaban adalah konsentrasi uap air di udara. Alat untuk mengukur kelembaban menggunakan higrometer. Nilai kelembaban yang digunakan pada penelitian ini menggunakan relatif kelembaban atau disingkat dengan RH yang dinyatakan dalam satuan persen(%)[6]. Nilai kelembaban relatif diambil dari rasio kelembaban mutlak udara dan jumlah maksimum kandungan udara dalam 1 m^3 dengan satuan gram.

$$RH = \frac{P(H2O)}{P*(H2O)} \times 100\% \qquad (2.1)$$

RH : Kelembaban relatif.
P(H2O) : Kelembaban mutlak udara, mengukur kepadatan uap air dalam 1m^3 dengan satuan gram.
P*(H2O): Jumlah maksimum kandungan udara dalam 1 m^3 dengan satuan gram.

2.2.3 **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.

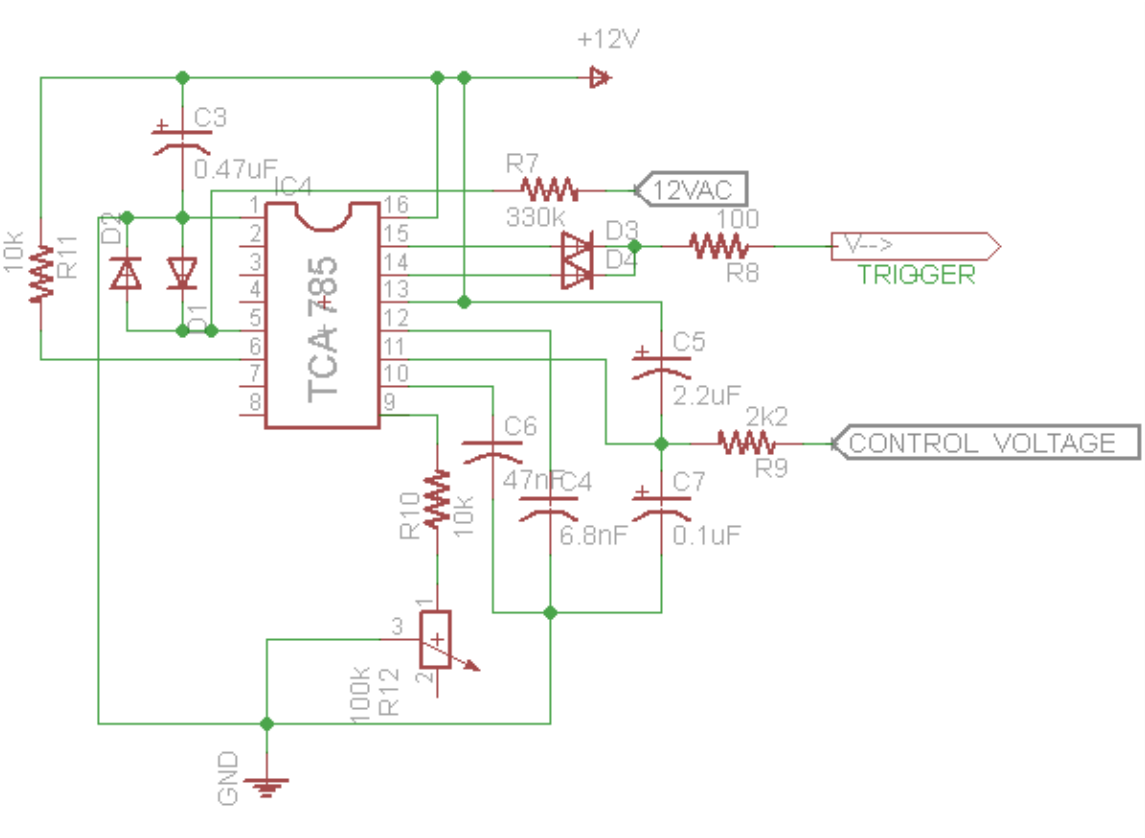


Gambar 2.2 Rangkaian TRIAC

Berdasar gambar 2.4 maka cara kerja rangkaian secara singkat yaitu 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[7].

2.2.4 **Akuator TCA 785**

IC TCA 785 digunakan untuk mengendalikan sudut pemicuan. Tegangan kendali dari arduino 0-5V akan dikuatkan menjadi 0-10V. Tegangan yang masuk 0-10V ke TCA 785 digunakan sebagai penggeser sudut picu.

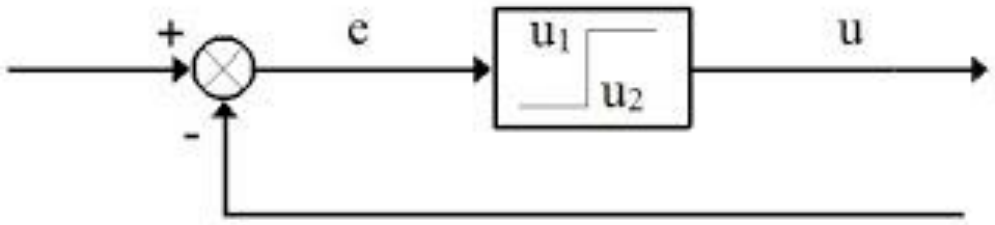


Gambar 2.3 Rangkaian TCA785

Dari gambar 2.5, pin 14 dan 15 akan dihubungkan secara paralel untuk diteruskan agar memicu di fasa positif dan negatif sumber[7].

2.2.5 **Pengendali *On/off***

Pengendali *on/off* adalah pengendali yang berubah antara dua posisi secara bergantian. Pengendali ini banyak di gunakan pada setrika listrik, sistem kendali temperatur ruangan dan kulkas. Pengendali *on/off* mengatur panas dengan aturan jika temperatur dibawah *setpoint* maka sistem pemanas akan *on* dan jika temperatur diatas *set point* maka sistem pemanas akan *off*.



Gambar 2.4 Diagram blok kontroler *on/off*

u(t) = U1; e(t)>0 (2.2)

= U2; e(t)<0

u(t) : Keluaran .kontroler.

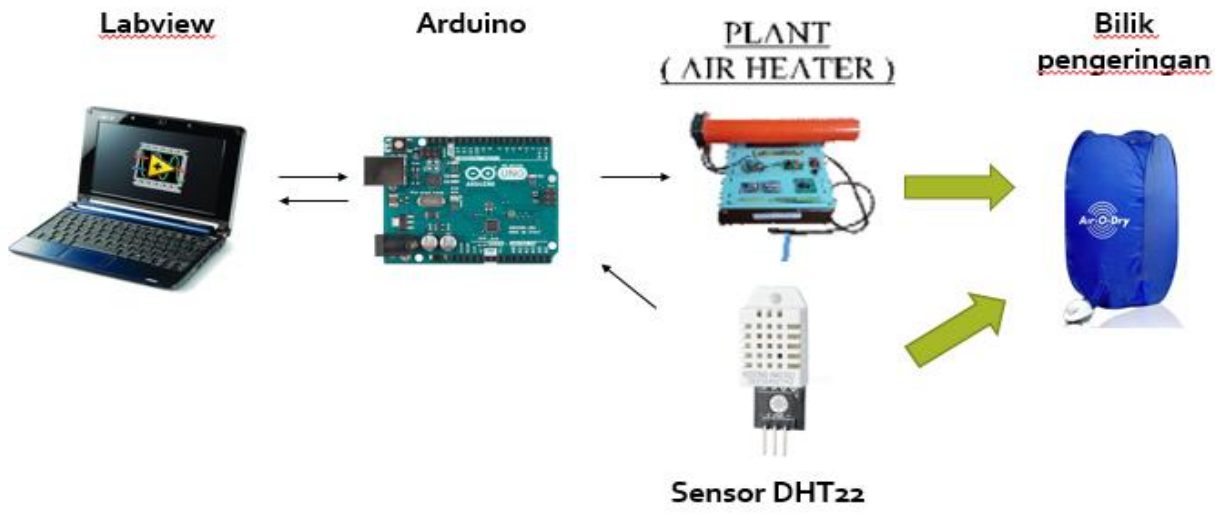
e(t) : *Error*, selisih antara masukan dan umpan balik.

U1 dan U2 : Keluaran kontroler dengan nilai konstan, *on/off*.

Gambar 2.2 merupakan diagram blok kontrol *on/off* yang sinyal keluaran U1 dan U2 berpindah posisi ketika selisih nilai *error* lebih atau kurang dari 0. Saat *error* lebih dari 0 maka keluarannya U1 atau *on* dan saat *error* kurang dari 0 maka keluarannya U2 atau *off*[8]. Pada penelitian ini pengendali *on/off* digunakan sebagai konsep pengendalian karena kontroler tidak terhubung dengan *relay* sehingga kondisi *off* dibuat hasil keluaran yang sangat minimal mendekati saat *air heater off* .

BAB 3
METODOLOGI

3.1 Perancangan *Hardware*



Gambar 3.1 Diagram hardware

Gambar 3.1 merupakan gambar diagram *hardware* yang digunakan pada penelitian ini. PC menggunakan *software* LabVIEW sebagai *interface* untuk *monitoring* proses pengeringan yang terhubung *serial* dengan arduino. Arduino berisi program untuk *read* sensor DHT22 yang akan di tampilkan pada LabVIEW *interface* dan program untuk *set* nilai PWM berdasarkan *input* yang telah dipilih oleh *user* dari LabVIEW *interface*. Nilai PWM tersebut akan mengatur tegangan kendali arduino ke akuator di *plant air heater*. Akuator di *plant air heater* untuk mengatur tegangan AC ke *air heater* sehingga panasnya bisa dikendalikan. Sensor DHT22 akan membaca temperatur dan kelembaban pada bilik pengeringan yang nilainya akan ditampilkan pada LabVIEW *interface*.

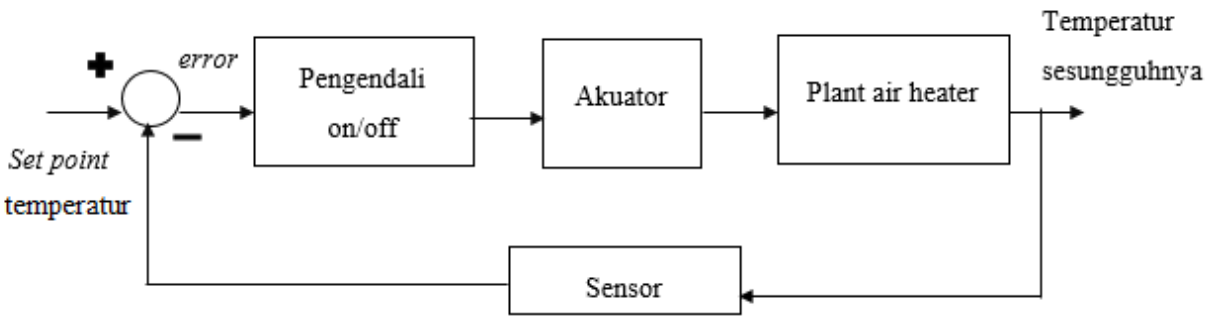
Tabel 3.1 Konfigurasi pin pada arduino

Konfigurasi pin	
Pin komponen	Pin arduino
DHT22	
• Data	12
Driver AC *plant Air heater*	11 (PWM)
Supply komponen	
• VDC	5VDC
• Ground	GND

Tabel 3.1 menunjukkan konfigurasi komponen yang terhubung dengan arduino. Pin data sensor DHT22 terhubung dengan pin 12, *driver* AC terhubung pada pin 11.

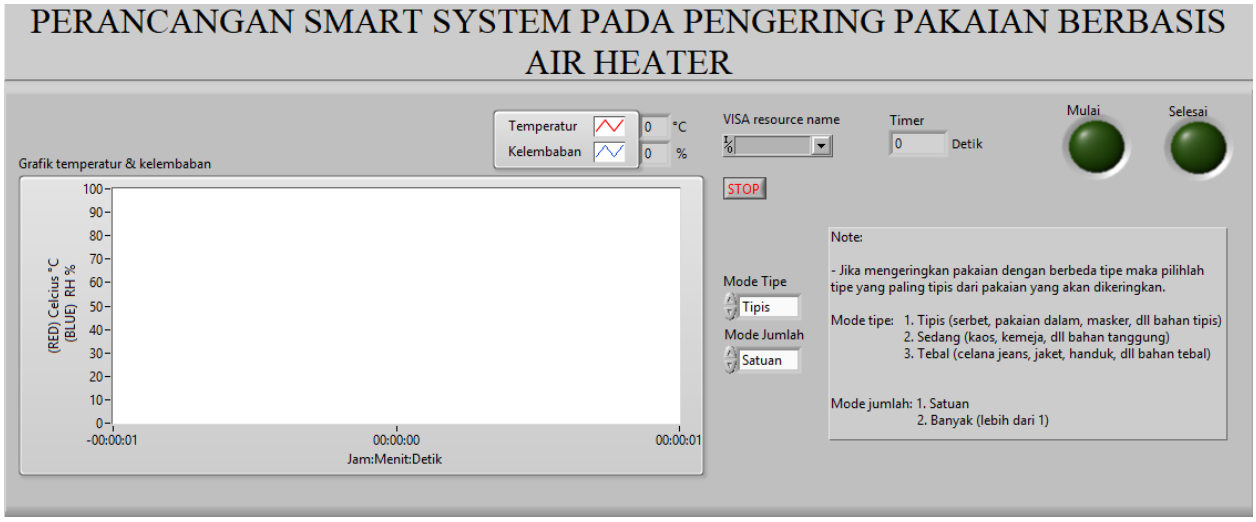
3.2 Perancangan *Software*

3.2.1 Gambaran Umum Sistem

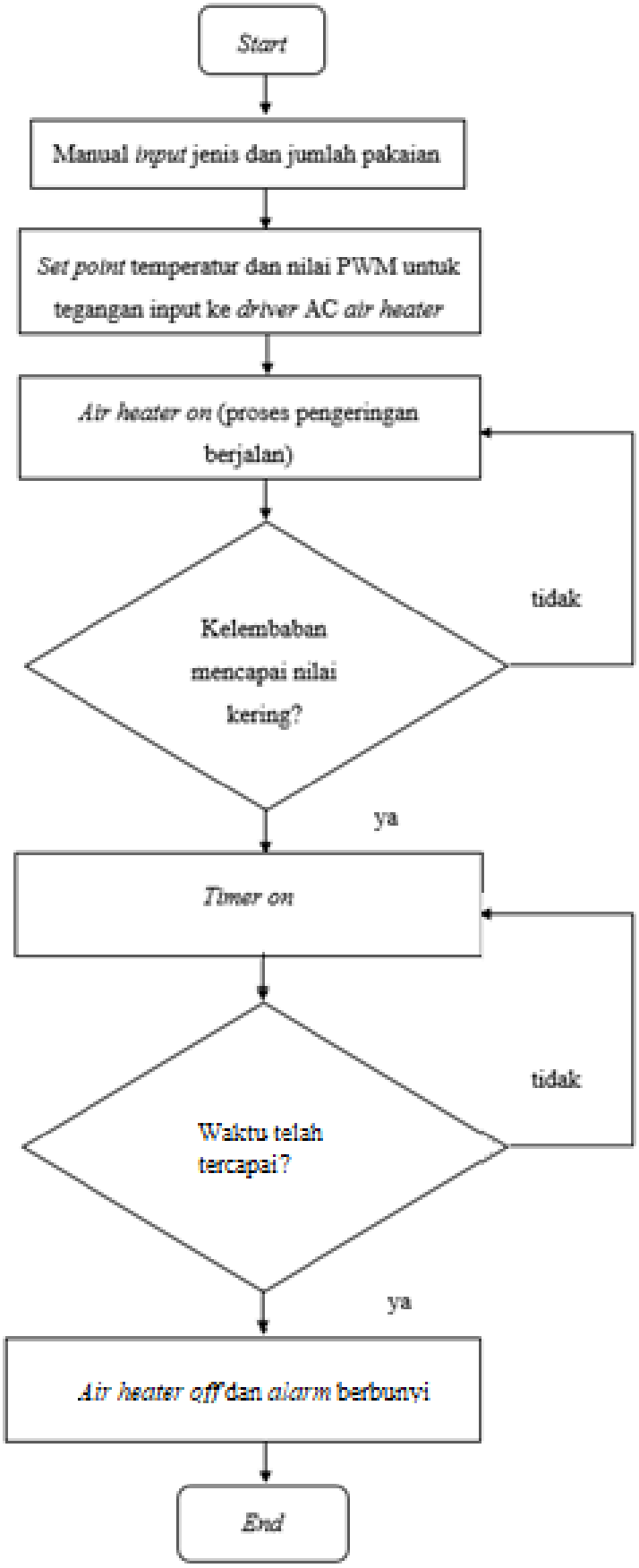


Gambar 3.2 Diagram kendali

Gambar 3.2 Perancangan *smart air heater* sistem *closed loop*. *Input* akan menentukan *setpoint* untuk temperatur dan kelembaban. Sistem kendali yang di gunakan yaitu pengendali *on/off*. Kemudian akuator akan mengirimkan tegangan kendali ke *plant air heater* untuk mengatur temperatur dan kelembaban yang diinginkan. Temperatur dan kelembaban dibaca oleh sensor yang kemudian *feedback* untuk mengetahui *error* apakah nilainya telah mencapai *setpoint*.



Gambar 3.3 LabVIEW *Interface* pengendalian *air heater*



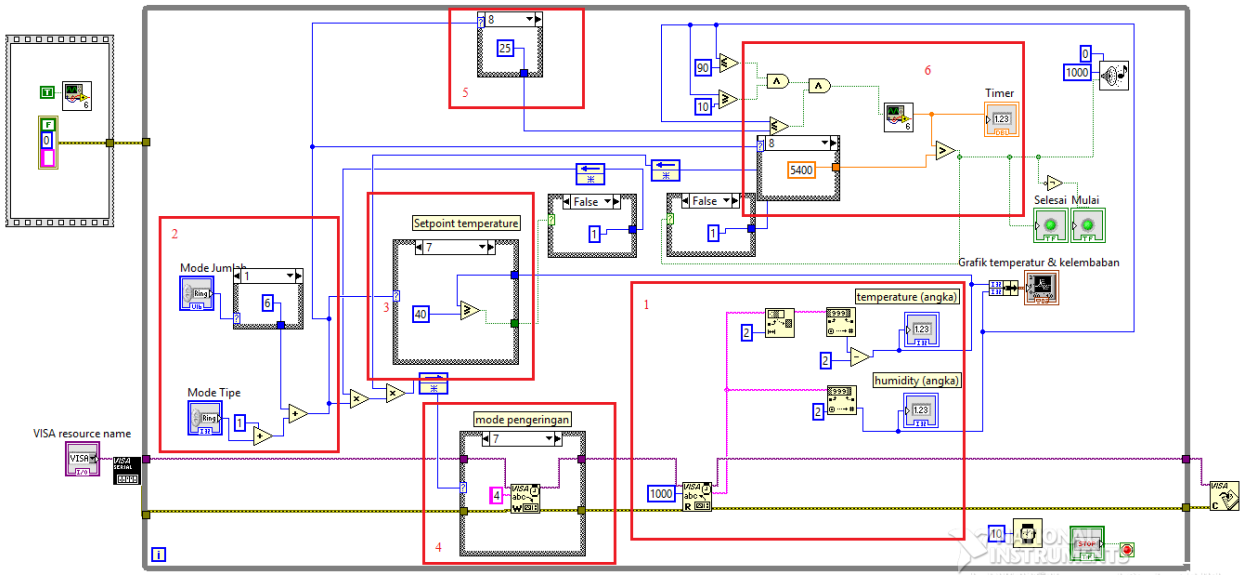
Gambar 3.4 *Flowchart* proses pengeringan

Gambar 3.3 adalah LabVIEW *interfce* dan gambar 3.4 merupakan *flowchart* proses pengeringan. Grafik pada LabVIEW *interface* untuk melihat perubahan nilai pada temperatur dan kelembaban, garis merah adalah temperatur dan garis biru adalah kelembaban. Ada 2 *input* yaitu mode jenis dan mode jumlah, mode jenis untuk *input* jenis pakaian berdasarkan jenis pakaian yang akan dikeringkan dan mode jumlah berupa jumlah pakaian yang akan dikeringkan. Lampu "mulai" adalah indikator bahwa proses pengeringan sedang berlangsung dan lampu "selesai" merupakan indikator bahwa pakaian telah kering atau proses pengeringan telah usai. *Timer* adalah penghitung waktu proses pengeringan saat mencapai nilai *setpoint* kelembaban.

proses kerja proses pengeringan *smart air heater*, yaitu:

1. *User* memasukkan pakaian yang akan dikeringkan kedalam bilik pengering dan menyalakan *air heater*.
2. *User* akan memberikan *input* jenis dan jumlah pakaian yang akan di keringkan berdasarkan *input* yang telah disediakan pada LabVIEW *interface*.
3. *Setpoint* nilai PWM untuk *air heater, setpoint* temperatur dan *setpoint* kelembaban diatur secara otomatis berdasarkan *input* yang telah diberikan oleh user.
4. Grafik akan menampilkan proses pengeringan berupa nilai temperatur dan kelembaban.
5. *Air heater on* atau menghasilkan panas tinggi berdasarkan *input* yang berikan kemudian akan *off* atau menghasilkan panas paling rendah jika telah melebihi *setpoint temperatur*.
6. Jika kelembaban telah mencapai nilai *setpoint* maka *timer* akan menyala.
7. Jika timer telah mencapai waktu yang telah di *set* maka *air heater* diatur agar menghasilkan panas paling rendah.
8. Saat timer telah mencapai waktu yang telah set maka lampu indikator "selesai" akan menyala dan peringatan dengan bunyi akan diberikan yang tandanya proses pengeringan telah selesai.

3.2.2 **Program**



Gambar 3.5 Program LabVIEW

```
#include <DHT.h>

#define DHTPIN 12
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

int hum;
int temp;

void setup() {

  Serial.begin(9600);
  pinMode(11,OUTPUT);

}
byte x;

void loop() {

hum = dht.readHumidity();                    1
temp= dht.readTemperature();
Serial.print(temp);
Serial.println(hum);
delay(1000); //Delay 2 sec.

if(Serial.available()>0) x=Serial.read();

if (x=='0')analogWrite(11, 255);             2
if (x=='1')analogWrite(11, 120);
if (x=='2')analogWrite(11, 80);
if (x=='3')analogWrite(11, 30);
if (x=='4')analogWrite(11, 100);
if (x=='5')analogWrite(11, 50);
if (x=='6')analogWrite(11, 0);

}
```

Gambar 3.6 Program arduino

Gambar 3.5 dan gambar 3.6 merupakan program proses pengeringan yang terhubung serial antara LabVIEW dan arduino. R1(kotak merah 1 gambar 3.5 program LabVIEW) merupakan program untuk menampilkan pembacaan dari temperatur dan kelembaban yang di *read* dari arduino pada B1(kotak biru 1 gambar 3.6 program arduino). R2 merupakan program *input* untuk jenis dan jumlah pakaian. *Input* tersebut berisi angka untuk mengganti *case structure* pada R3, R4 dan R5. R3 merupakan *case structure* untuk *setpoint* temperatur yang berisi program *write* ke arduino untuk mengganti *case structure* pada R4. R4 akan write B2 yang berisi program untuk mengirimkan tegangan kendali berdasarkan nilai PWM yang mana nilai PWM 255 panas paling rendah dan nilai PWM 0 adalah panas tertinggi. Jika *setpoint* temperatur melebihi nilai yang diinginkan maka R4 yang berupa *case structure* akan berganti dan akan *write* arduino menjadi nilai PWM 255 yang mana arduino akan mengiriminkan tegangan kendali 5VDC yang membuat *air heater* menghasilkan panas yang paling rendah. Kemudian jika kurang dari nilai *setpoint* maka *case structure* nya akan berganti ke angka lain berdasarkan kombinasi *input*. Kemudian R5 merupakan program untuk *setpoint* kelembaban yang akan mengganti *case structure* waktu pengeringan pada R6. Bila nilai kelembaban kurang dari sama dengan nilai *setpoint* maka *timer* akan menyala. Jika *timer* telah mencapai waktu yang telah di set maka akan merubah *case structure* pada R4 untuk di pilih *case* yang membuat *air heater* menghasilkan panas paling rendah.

3.3 Pengujian *Air Heater* Dan Mode Pengeringan

Pengujian dengan *open loop* mengecek keakuratan dari sensor DHT22 dibandingkan dengan termometer higrometer digital dan mencari tegangan kendali untuk *driver* ac *air heater* yang cocok digunakan untuk mode pengeringan dengan sistem pengendali *on/off*. PWM akan diatur untuk menghasilkan tegangan kendali arduino 0-5VDC, arduino yang digunakan pada penelitian ini hanya mengahasilkan tegangan output 0-4.4V. Prinsip kerja dari *driver* AC pada *air heater* adalah sebagai akuator yang jika di berikan tegangan kendali maka akan tegangan AC ke air heater akan berganti.

Tabel 3.2 Data pengeringan berdasarkan input tegangan

Nilai PWM	VDC arduino	VAC air heater	Percobaan 1				Percobaan 2				Percobaan 3			
			Ta	Tb	Ha	Hb	Ta	Tb	Ha	Hb	Ta	Tb	Ha	Hb
255	4.4	54	31	31	44	45	32	31	45	45	32	31	44	47
229	4	78	35	34	41	43	34	33	42	45	34	34	38	40
172	3	125	41	39	30	33	41	39	30	34	42	39	26	27
115	2	167	50	47	22	19	46	44	25	25	49	46	19	19
57	1	197	51	48	21	19	52	48	21	19	51	49	18	18
0	0	207	52	50	20	21	51	50	20	19	53	50	20	21

Pengambilan data pada tabel 3.2 dilakukan selama 20 menit per pengambilan data agar didapatkan panas yang *steady*. Pengambilan data tersebut tanpa ada pakaian yang di gantung dalam bilik pengering. Selisih nilai temperatur antara DHT22 dibandingkan dengan termometer *digital* yaitu yang selisihnya 2-3°C dan hampir seluruh selisih derajatnya berada dibawah dari nilai termometer. Kemudian untuk selisih nilai kelembaban kurang lebih 2-3% yang nilai nya bervariasi ketika keadaan dingin maka pembacaan akan meleset dibawah nilai higrometer dan ketika panas pembacaan kelembaban nya tidak terlalu berbeda dengan pembacaan pada DHT22. Maka untuk mencapai akurasi yang lebih baik untuk pembacaan temperatur, DHT22 diprogram untuk mengurangi 2°C guna memperbaiki pembacaan temperatur dan untuk kelembaban tidak ada perbaikan akurasi karena fokus penelitian ini pada temperatur yang tinggi dan perbedaan nilai kelembaban tidak terlalu jauh hanya sekitar 1%.

Tabel 3.3 Mode pengeringan

Mode		Nilai PWM	Vout arduino	T° *set point*
Jenis pakaian	Jumlah pakaian			
Tipis	Satuan	120	2 VDC	40°C
Tipis	Banyak	100	1.6 VDC	40°C
Sedang	Satuan	80	1.3 VDC	45°C
Sedang	Banyak	50	0.8 VDC	45°C
Tebal	Satuan	30	0.4 VDC	50°C
Tebal	Banyak	0	0 VDC	50°C

Tabel 3.3 adalah klasifikasi *input* untuk mode pengeringan pakaian. Mode tersebut dibuat berdasarkan spesifikasi dari *air heater* yang di gunakan dalam penelitian ini hanya mampu mengeluarkan panas mencapai 50°C dan limitasi dari bilik pengeringan. S*et point* temperatur pada mode tebal yang jenis kainnya tebal dan ukuran yang besar adalah 50°C sehingga pakaiannya cepat kering. Berdasarkan tabel 3.2 maka *input* tegangan ke akuator dipilih sesuai dengan yang mampu mengangkat panas hingga mencapai *setpoint* temperatur pada masing-masing mode. Pada mode "tipis*"* dan "satuan" yang *setpoint* temperatur ada di nilai 40°C maka input *driver* AC sebesar 2V karena di pengujian sebelum terbukti mampu mengangkat panas disekitar nilai 45-50°C. Mengingat pengambilan data pada tabel 3.2 tanpa pakaian yang dikeringkan maka untuk mencapai nilai *setpoint* yang diingikan maka di butuhkan kekuatan panas yang sesuai atau lebih tinggi. Mode jumlah di semua jenis pakaian akan di turunkan tegangan kendalinya dengan tujuan agar panas lebih cepat naik mencapai *setpoint* temperatur karena pakaian yang akan dikeringkan lebih dari satu yang kemungkinan membuat temperaturnya akan lebih lama untuk naik.

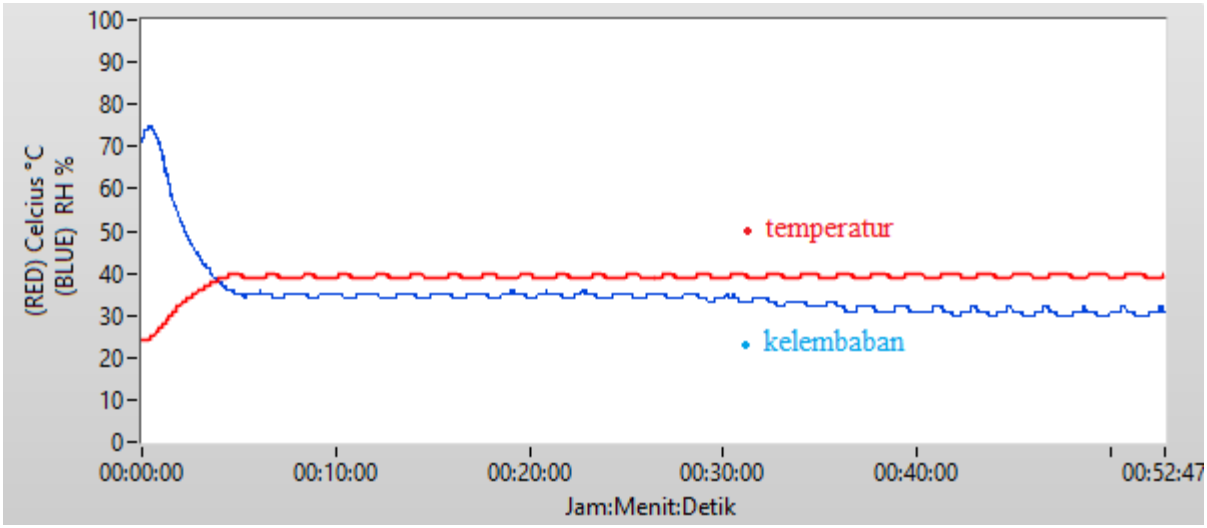
3.4 Pengujian Kondisi Kering

Pengujian kondisi kering untuk mencari nilai kelembaban saat pakaian telah kering sehingga sistem dapat bekerja otomatis dengan kondisi kering sebagai parameter selesainya proses pengeringan.

Tabel 3.4 Pengujian untuk menentukan *setpoint* kelembaban dan waktu *timer*

Mode jenis kain	Mode jumlah kain	Pakaian	Uji 1 kondisi kering	Waktu kondisi kering	Uji 2 kondisi kering	Waktu kondisi kering
Tipis	Satuan	Serbet	31-27%	6 menit	32-31%	15 menit
Tipis	Satuan	Kaos dalam	31-29%	37 menit	31-28%	15 menit
Tipis	Banyak	Serbet dan kaos dalam	31-27%	53 menit	31-29%	37 menit
Sedang	Satuan	Kaos t-shirt	25-22%	63 menit	25-22%	52 menit
Sedang	Satuan	Kemeja batik	25-24%	25 menit	25-23%	26 menit
Sedang	Banyak	Kaos t-shirt dan kemeja batik	25-23%	70 menit	25-22%	124 menit
Tebal	Satuan	Celana jeans	23-20%	32 menit	23-20%	54 menit
Tebal	Satuan	Handuk	-	-	-	-
Tebal	Banyak	Jeans dan handuk	-	-	-	-

Tabel 3.4 merupakan pengujian untuk menentukan waktu yang di butuhkan *timer* untuk menyala ketika nilai kelembaban telah mencapai *setpoint* kelembaban. Nilai kelembaban untuk kondisi kering tiap pengambilan data sangat bervariatif namun tiap mode yang sama memiliki nilai kelembaban yang berdekatan. Seperti pada mode “tipis” yang mana rentang nilai kelembabannya sekitar 31-27% dan juga pada mode “sedang” yang rentang nilai kelembabannya ada di nilai 25-22%. Pada mode “tebal” pengeringannya tidak ideal karena memakan waktu yang sangat lama, hal ini karena pengeringan yang tidak merata. Udara panas yang dihasilkan oleh *air heater* tidak merata keseluruh bagian bilik sehingga pakaian yang kering hanya di sisi yang terkena udara panas secara langsung sedangkan pada sisi sebaliknya cenderung lama kering karena udara panasnya tidak langsung mengenai pakaian. Pada pengeringan handuk yang memakan waktu hingga 4 jam namun masih saja tetap basah, bagian yang kering hanya di sisi yang terkena udara panas sedangkan di sisi sebaliknya masih basah sehingga dengan spesifikasi yang di gunakan pada penelitian ini sangat kurang ideal untuk pakaian dengan mode “tebal”.



Gambar 3.7 Hasil pengeringan

Gambar 3.7 merupakan hasil pengeringan yang menunjukkan adanya rentang nilai kelembaban karena hasil pembacaannya berosilasi. Nilai berosilasi ini disebabkan oleh pengendali *on/off* jika *air heater on* maka temperatur akan naik kemudian nilai kelembaban akan turun dan sebaliknya saat *air heater off* maka temperatur naik dan kelembaban akan menurun. Inilah yang membuat ada rentang nilai kondisi kering pada tabel 3.4.

Tabel 3.5 Klasifikasi *timer*

Mode jenis	Mode jumlah	*Setpoint* kelembaban	Waktu *timer*
Tipis	Satuan	31%	30 menit
Tipis	Banyak	31%	60 menit
Sedang	Satuan	25%	60 menit
Sedang	Banyak	25%	120 menit
Tebal	Satuan	23%	60 menit
Tebal	Banyak	23%	-

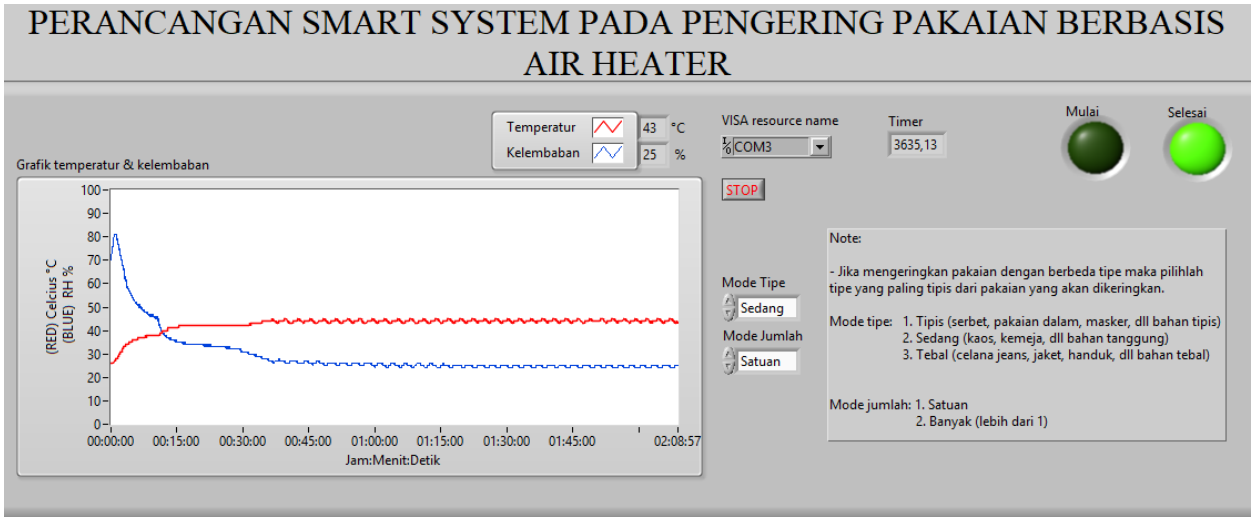
Tabel 3.5 adalah tabel untuk penentuan waktu *timer* dan *setpoint* kelembaban berdasarkan pengujian yang telah dilakukan sebelumnya dari tabel 3.4. Timer berfungsi untuk meng-*off* kan sistem dan memberikan peringatan berupa suara yang menunjukkan bahwa pengeringan telah selesai.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Proses Pengeringan

Tabel 4.1 Hasil pengeringan dengan *smart system*

Jenis pakaian	Jumlah pakaian	Pakaian yang dikeringkan	Hasil pengeringan	Waktu keing saat timer on
Tipis	Satuan	Serbet	Tercapai	±15 menit
Tipis	Satuan	Kaos dalam	Tercapai	±40 menit
Tipis	Banyak	Serbet dan kaos dalam	Tercapai	±15menit
Sedang	Satuan	Kemeja batik	Tercapai	±15 menit
Sedang	Satuan	Kaos t-shirt	Tercapai	±50 menit
Sedang	Banyak	Kaos dan kemeja batik	Tercapai	±30 menit
Tebal	Satuan	Jeans	Tercapai	±30 menit
Tebal	Satuan	Handuk	Tidak tercapai	-
Tebal	Banyak	Jeans dan handuk	Tidak tercapai	-



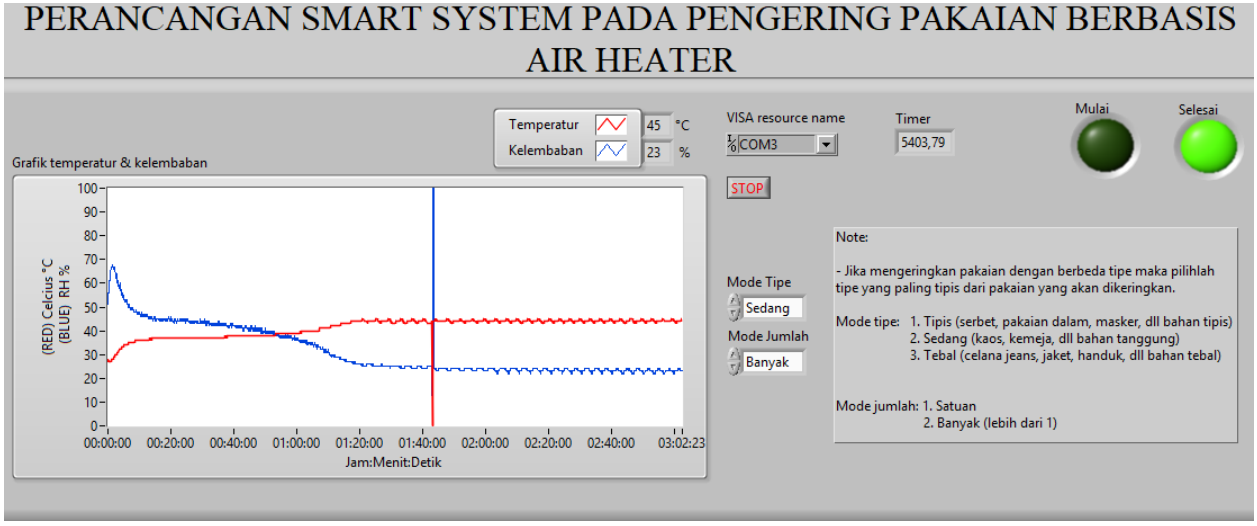
Gambar 4.1 Hasil pengeringan "tercapai" untuk kaos t-shirt

Tabel 4.1 merupakan hasil pengeringan pakaian dengan sistem yang telah dibuat. Hampir seluruh hasil proses pengeringan dapat tercapai hingga lampu indikator "selesai" pada LabVIEW *interface* menyala yang berarti selesainya proses pengeringan. Pada gambar 4.1 merupakan hasil pengeringan untuk serbet yang mana kering pada menit ke ±50 dari waktu timer menyala ketika mencapai *setpoint* kelembaban yang mana lampu indikator "selesai" akan menyala pada menit ke ±60. Kemudian untuk pakaian tebal sulit untuk pakaian tersebut kering di karenakan *air heater* yang hanya mampu menghasilkan panas hingga 50°C. Aliran udara panas kurang dapat bergerak

keseluruh bilik pengeringan khususnya untuk pakaian yang tebal dan berukuran besar. Letak *air heater* yang hanya berada pada satu sisi bilik membuat pengeringannya tidak merata. Pakaian yang kering umumnya hanya pada bagian yang terkena udara panas secara langsung sedangkan pada sisi lainnya cenderung lebih lama.

Gambar 4.2 Letak *air heater*

Contohnya pada gambar 4.2 pada handuk yang mana pengeringannya hingga 4 jam, dalam waktu 4 jam hanya sisi yang terkena udara panas secara langsung saja yang kering sedangkan di sisi yang berlawanan masih cenderung basah. Hal ini lah yang membuat proses pengeringan menjadi lama karena tidak meratanya udara panas pada bilik pengeringan. Jika udara panas pada bilik pengeringan dapat merata maka proses pengeringan ini akan lebih cepat hingga setengah dari waktu yang dibutuhkan kain untuk kering pada pengambilan data di penelitian ini.

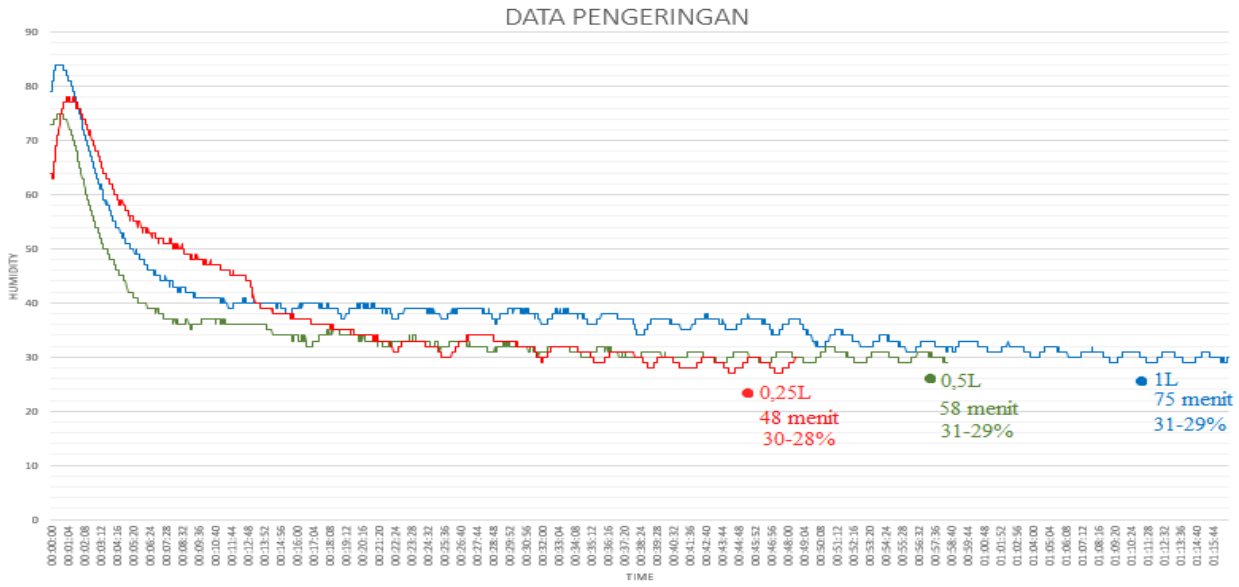


Gambar 4.3 *Error* pembacaan kelembaban dan temperatur

Gambar 4.3 merupakan salah satu proses pengeringan yaitu pengeringan kaos dan kemeja pada mode “sedang” dan “banyak”. Hasilnya adalah ketika *timer* telah berjalan hingga 19 menit tiba-tiba terjadi *error* pembacaan oleh sensor sehingga *timer* menghitung ulang dari 0 kembali. Namun setelah itu proses pengeringan dapat berjalan normal kembali hingga selesai. Hasil ini membuat pengeringannya menjadi kurang ideal sehingga diperlukan program yang bisa menahan waktu agar tidak mengulang dari awal ketika terjadi *error*. Jika pengeringan telah berjalan lama namun tiba-tiba terjadi *error* maka pengeringannya akan memakan waktu yang sangat lama.

4.2 Faktor Perbedaan Nilai Kelembaban Kondisi Kering Dan Waktu Proses Pengeringan

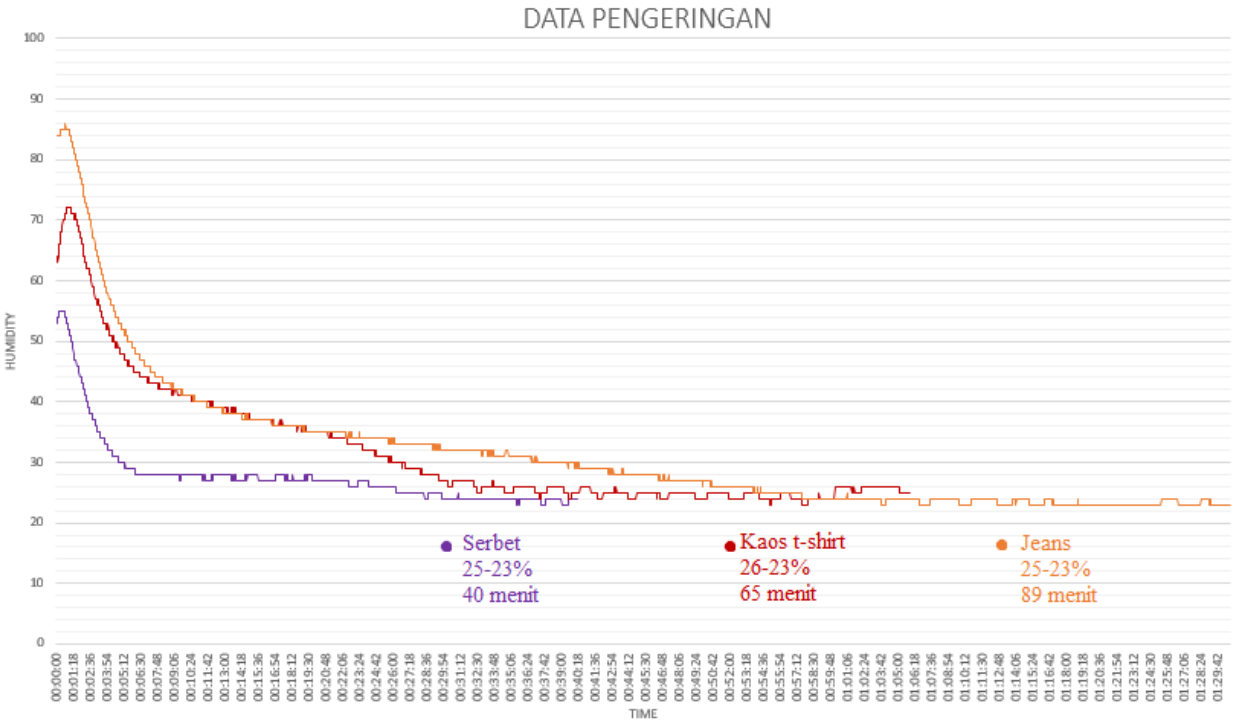
4.2.1 **Perbandingan Kondisi Kering Dengan Berbeda Kandungan Air**



Gambar 4.4 Perbandingan data dengan berbeda kandungan air

Gambar 4.4 merupakan perbandingan hasil pengeringan dengan menggunakan pakaian yang sama namun berbeda kandungan air yang diberikan pada pakaian tersebut. Hasilnya adalah nilai kelembabannya tidak mengalami perubahan dan cenderung sama diantara nilai 31-28%. Kandungan air bukan menjadi faktor mengubah nilai kelembaban untuk kondisi kering, melainkan hanya perbedaan masalah waktu pengeringan. Semakin banyak kandungan air pada pakaian maka waktu pengeringannya akan semakin lama pula.

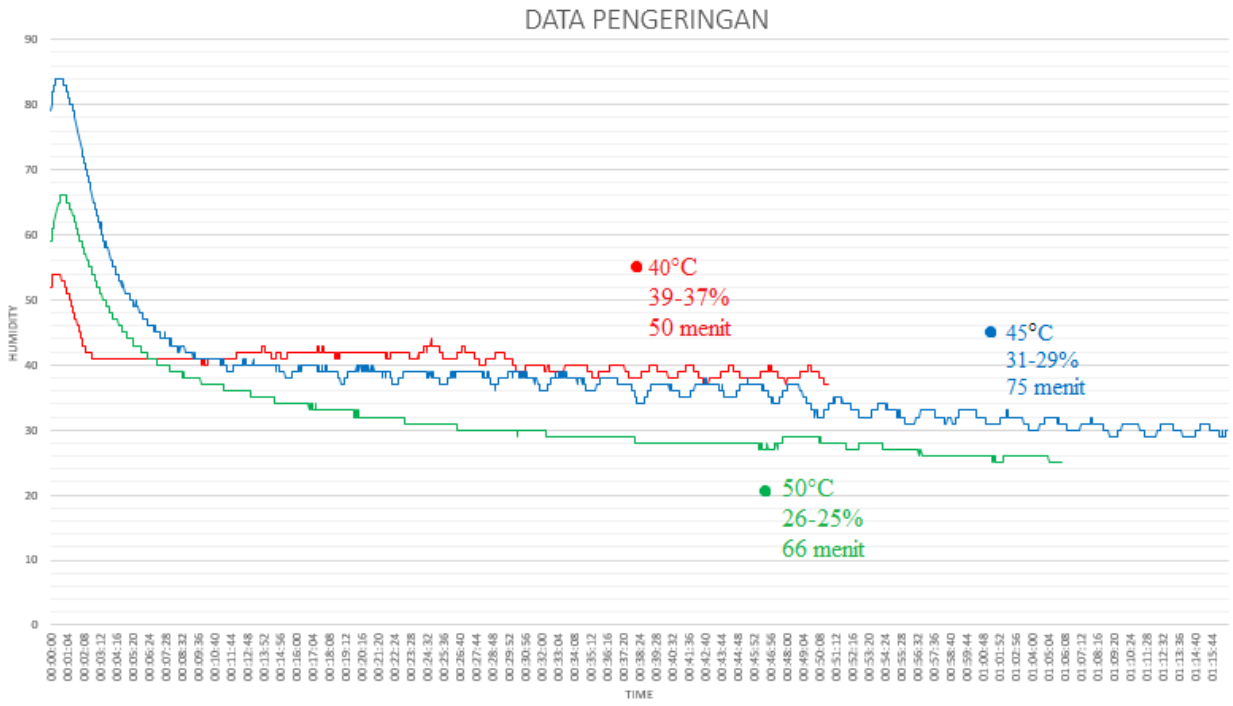
4.2.2 **Perbandingan Kondisi Kering Dengan Berbeda Jenis Kain**



Gambar 4.5 Perbandingan data dengan berbeda pakaian

Gambar 4.5 adalah perbandingan data untuk pengeringan pakaian menggunakan *setpoint* temperatur yang sama di 45°C. Pakaian yang dijadikan perbandingan adalah 3 kain berbeda yang termasuk dalam mode jenis pakaian yaitu serbet(*tipis*), kaos t-shirt(*sedang*) dan jeans(*tebal*). Setiap kain yang akan dikeringkan diberikan air sebanyak 1 liter. Hasil pengeringannya adalah pakaian kering saat di nilai kelembaban yang berdekatan yaitu antara 26-23%. Kemudian ketebalan pakaian mempengaruhi waktu pengeringan dimana semakin tebal pakaian maka waktu pengeringannya akan semakin lama.

4.2.3 **Perbandingan Kondisi Kering Dengan Berbeda Temperatur**



Gambar 4.6 Perbandingan data dengan berbeda temperatur

Gambar 4.6 merupakan hasil pengeringan dengan berbeda nilai *setpoint* temperatur. Namun pada perbandingan data ini menggunakan jenis pakaian yang berbeda. Pada 40°C untuk mengeringkan kain serbet, 45°C mengeringkan untuk kaos t-shirt dan 50°C untuk mengeringkan jeans dengan seluruhnya diberikan air sebanyak 1L. Seperti penjelasan di sub bab 4.2.1 bahwa ketebalan kain tidak terlalu mempengaruhi perubahan nilai kelembaban. Hasilnya adalah pada setpoint 40°C nilai kelembaban saat kondisi kering berada di nilai 39-37%, sedangkan pada setpoint 45°C berada di nilai 31-29% dan pada 50°C berada di nilai 26-25%. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai temperatur maka kelembabannya akan semakin rendah pula. Kemudian untuk serbet dan t-shirt jika diberikan air sebanyak 1L sudah membuat pakaian tersebut basah total hingga ke bagian jahitan dan lekukan yang dapat membuat pengeringan menjadi lama. Sedangkan untuk pakaian tebal, kandungan air sebanyak 1L tidak membuat pakaian tersebut basah total yang membuat waktu pengeringannya cenderung lebih cepat pada perbandingan ini.

4.3 Perbandingan Konsumsi Listik

Tabel 4.2 Perbandingan daya tiap mode

Mode jenis	Mode jumlah	Hasil tanpa pengendali	Hasil dengan pengendali	Selisih hasil
Tipis	Satuan	0,25 kwh	0,23 kwh	9%
Tipis	Banyak	0,6 kwh	0,54 kwh	11%
Sedang	Satuan	0,75 kwh	0,69 kwh	9%
Sedang	Banyak	1,18 kwh	1,17 kwh	0,9%
Tebal	Satuan	1,18 kwh	1,13 kwh	4%
Tebal	Banyak	-	-	-

Pada tabel 4.2 merupakan hasil perbandingan daya yang digunakan antara *plant air heater* yang diberikan pengendali dan tanpa pengendali. Hasilnya adalah konsumsi energi dapat dikurangi hingga mencapai 11%. Namun penghematan energi tersebut mendapatkan hasil yang positif karena adanya keterbatasan dalam penelitan ini yang menyebabkan terlihat efektif. Udara panas yang tidak menyebar keseluruh bilik pengeringan membuat waktu pengeringannya kurang lebih sama antara pengeringan dengan pengendali dan tanpa pengendali. Khusus untuk penelitian ini dengan waktu pengeringan yang relatif sama dan adanya pengendali membuat konsumsi energi menjadi efektif.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian pada tugas akhir ini didapat kesimpulan bahwa:

1. Smart system pada penelitian ini dapat di gunakan untuk pengeringan pakaian. Pakaian dengan jenis “tipis” dan “sedang” dapat tercapai hingga pengeringan selesai. Namun untuk jenis “tebal” tidak dapat tercapai karena aliran udara yang tidak merata keseluruh bilik pengeringan. Jika aliran udara dapat merata keseluruh ruangan bilik maka sangat mungkin untuk pakaian dengan jenis “tebal” untuk kering bahkan untuk jenis “tipis” dan “sedang” pengeringannya dapat lebih cepat. Kemudian *timer* masih terdapat kendala ketika terjadi *error* saat *timer* telah berjalan yang membuat timer mengulang kembali perhitungannya sehingga dapat membuat pengeringannya menjadi lama.
2. Nilai Kelembaban tidak hanya membaca kelembaban pada pakaian yang hendak dikeringkan namun panas juga berperan besar dalam perubahan kelembaban. Pengambilan data pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai temperatur maka kelembaban akan semakin rendah. Sehingga dengan pengendali *on/off* pembacaan kelembaban menjadi kurang akurat karena nilai temperatur nya berosilasi. Ketika *air heater off* maka temperatur akan turun sehingga membuat kelembaban menjadi naik dan saat *air heater on* maka panas akan naik kemudian kelembaban akan turun.
3. Sensor tidak bisa membaca perubahan kecil kelembaban pada pakaian antara pakaian yang hendak kering dan telah kering. Ketidakmampuan membaca perubahan kelembaban pada pakaian pada tahap hendak kering menuju kering kemungkinan dikarenakan beberapa faktor. Bilik pengeringan yang memiliki bahan tipis dan tidak menghantarkan panas dari *air heater*. Kemudian desain biliknya yang membuat udara panas serta penguapan bisa keluar dari segala arah sehinggga hasil pembacaan kelembaban kurang akurat pada perubahan kecil. Hal ini karena desain dan bahan bilik pengering pada penelitian di rancang agar mudah untuk di pindahkan sehingga di gunakan bahan yang ringan dan mudah di lipat.

5.2 Saran

Saran untukk penelitian selanjutnya dari dasil dari penelitian pada tugas akhir ini adalah:

1. Gunakan pengendali yang mampu menjaga temperatur agar tetap konstan pada nilai yang diinginkan sehingga nilai kelembaban lebih akurat pada pembacaan kelembaban mengingat temperatur berperan besar pada perubahan nilai kelembaban.
2. Desain bilik pengeringan dibuat agar udara panas dari *air heater* bisa merata ke tiap sudutnya dan dibuat agar pembuangan udara nya pada satu tempat sehingga pembacaan dari sensor lebih akurat.
3. Buat program untuk *timer* agar tidak menghitung ulang ketika terjadi *error* sehingga proses pengeringannya menjadi lebih tepat.
4. Buat lah sistem pengendalian secara nirkabel dan dapat mengendalikan lebih dari 1 *plant air heater* sehingga pengujiannya lebih cepat karena pengujian untuk proses pengeringan memakan waktu yang sangat lama.

DAFTAR PUSTAKA

[1] W. TeGrotenhuis, A. Butterfield, D. Caldwell, A. Crook, and A. Winkleman, "Modeling and design of a high efficiency hybrid heat pump clothes dryer," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 124, pp. 170–177, 2017.

[2] J. Zhao, Q. Jian, N. Zhang, L. Luo, B. Huang, and S. Cao, "The improvement on drying performance and energy efficiency of a tumbler clothes dryer with a novel electric heating element," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 128, pp. 531–538, 2018.

[3] Q. Jian and L. Luo, "The improvement on efficiency and drying performance of a domestic venting tumble clothes dryer by using a heat pipe heat recovery heat exchanger," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 136, no. March, pp. 560–567, 2018.

[4] B. W. Smith, "Care Labels," *coat Ind.*, pp. 1–4.

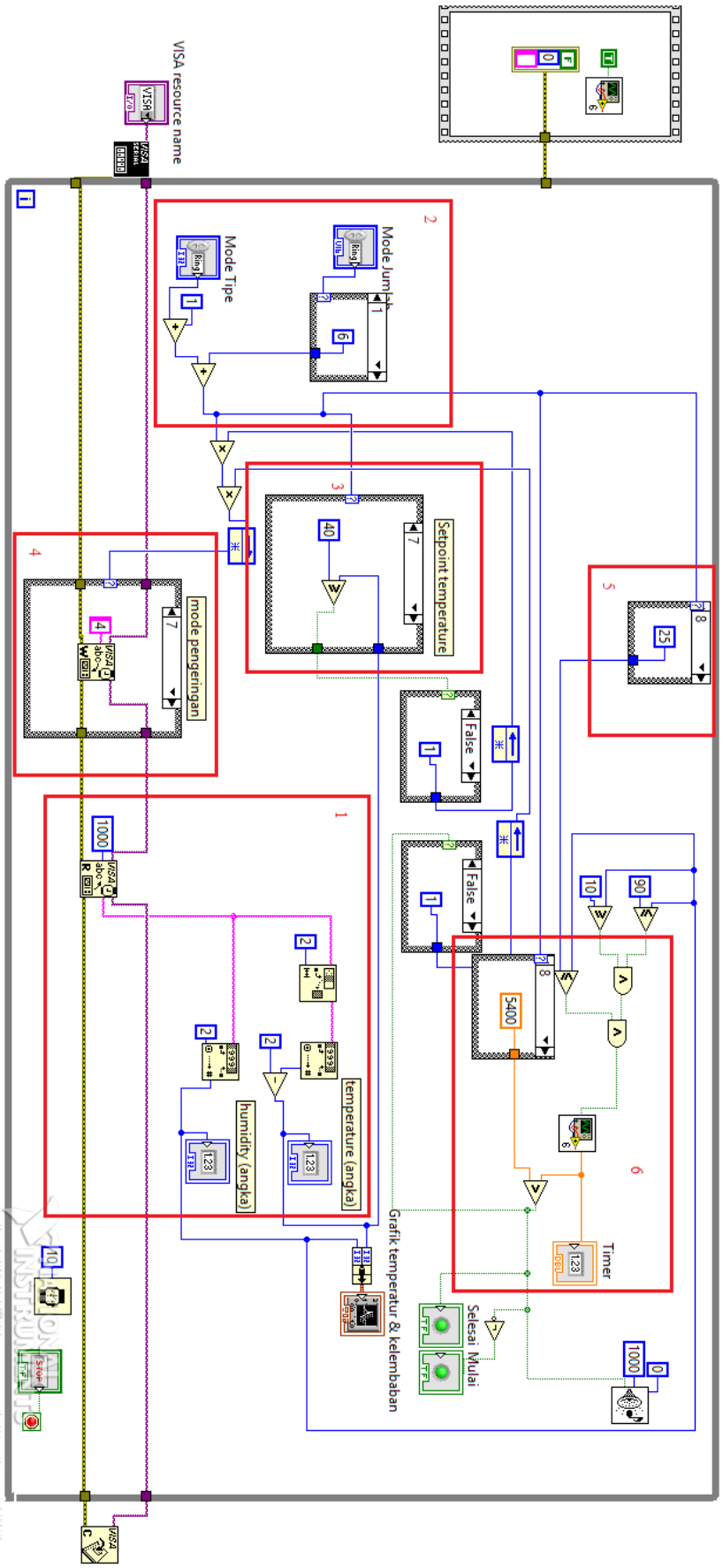
[5] circuit, Temperature Guide for Washing and Drying, (On-line) Available at *https://www.circuit.co.uk/2017/06/temperature-guide-washing-drying/*, 2017.

[6] Wikipedia, Kelembaban relatif, (On-line) Available at *Https://id.wikipedia.org/wiki/Kelembaban_relatif*, 2018.

[7] M. D. Pradana, "Sistem Kendali Temperatur Pada Proses," *Elektro, Jur. Tek. Ind. Fak. Teknol. Indones. Univ. Islam*, 2018.

[8] A. Kusuma, Kontroler (Sistem kontrol), (On-line) Available at *http://kusuma-w-arya.blogspot.com/2013/05/kontroler-sistem-kontrol.html*, 2013.

LAMPIRAN


VISA resource name
Mode Tipe
Mode Jumlah
Setpoint temperature
mode pengeringan
False
False
temperature (angka)
humidity (angka)
Grafik temperatur & kelembaban
Selesai
Mulai
Timer

```
#include <DHT.h>

#define DHTPIN 12
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

int hum;
int temp;

void setup() {

  Serial.begin(9600);
  pinMode(11,OUTPUT);

}
byte x;

void loop() {
```

1

```
hum = dht.readHumidity();
temp= dht.readTemperature();
Serial.print(temp);
Serial.println(hum);
delay(1000); //Delay 2 sec.
```

```
if(Serial.available()>0) x=Serial.read();
```

2

```
if (x=='0')analogWrite(11, 255);
if (x=='1')analogWrite(11, 120);
if (x=='2')analogWrite(11, 80);
if (x=='3')analogWrite(11, 30);
if (x=='4')analogWrite(11, 100);
if (x=='5')analogWrite(11, 50);
if (x=='6')analogWrite(11, 0);

}
```