



TUGAS AKHIR - EE 184801

## ***AIR CONDITIONER MENGGUNAKAN TERMoeLEKTRIK PELTIER DAN KONTROL PID***

Mahesa Sangga Bhuwana  
NRP 07111540000139

Dosen Pembimbing  
Dr. Muhammad Rivai, ST. MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019





**TUGAS AKHIR - EE 184801**

***AIR CONDITIONER MENGGUNAKAN TERMOELEKTRIK  
PELTIER DAN KONTROL PID***

**Mahesa Sangga Bhuwana  
NRP 07111540000139**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019**





**FINAL PROJECT - EE 184801**

**AIR CONDITIONER USING THERMOELECTRIC PELTIER  
AND PID CONTROL**

**Mahesa Sangga Bhuwana**  
**NRP 07111540000139**

**Dosen Pembimbing**  
**Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.**

**ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT**  
**Faculty of Electrical Technology**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2019**

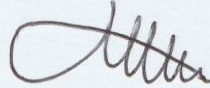


## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “*Air Conditioner Menggunakan Termoelektrik Peltier dan Kontrol Pid*” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 4 Juli 2019



Mahesa Sangga Bhuwana  
07111540000139





**AIR CONDITIONER MENGGUNAKAN  
TERMoeLEKTRIK PELTIER DAN KONTROL PID**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada**

**Bidang Studi Elektronika  
Departemen Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing,**

**Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.**

**SURABAYA  
JULI, 2019**

*-halaman ini sengaja dikosongkan-*

# ***AIR CONDITIONER MENGGUNAKAN TERMOELEKTRIK PELTIER DAN KONTROL PID***

Nama : Mahesa Sangga Bhuwana  
Pembimbing : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

## **ABSTRAK**

Seiring dengan berkembangnya zaman, Air conditioner menjadi salah satu teknologi yang di pakai secara masal, mulai dari kenyamanan diri sendiri, sampai kenyamanan ruangan. Tempat yang membutuhkan air conditioner adalah gedung bertingkat, pada gedung tersebut di butuhkan air conditioner untuk menyetabilkan suhu yang ditempat tersebut, karena pada lantai yang cukup tinggi tekanan udara akan semakin meningkat dan suhu pun menjadi terlalu dingin. Demikian pula pada daerah tropis yang suhunya di atas batas wajar kenyamanan. Akan tetapi teknologi air conditioner yang tersebar pada masa kini itu dapat merusak lingkungan. Karena menggunakan freon yang dapat menembus lapisan ozon. Pada akhirnya bumi akan menjadi semakin panas dan global warming pun terjadi. Dalam tugas akhir ini, jenis sensor yang akan digunakan adalah sensor SHT21 karena sensor ini merupakan sensor yang menggunakan interface I2C dan memiliki resistansi kimia yang baik serta stabil secara jangka panjang. Sensor ini juga dapat digunakan sebagai sensor suhu ruangan yang sudah dikalibrasi, sehingga bentuk keluarannya sudah dalam bentuk digital. Dengan sensor ini, kita akan dapat membuat sebuah sistem feedback PID, dimana sistem akan memantau tingkat temperatur yang dihasilkan termoelektrik peltier dan memberikan tanggapan kepada kontrol PID agar memberi PWM ke driver yang akan diteruskan menjadi bentuk tegangan ke termoelektrik peltier. Modul peltier tersebut dapat bekerja maksimal ketika diberi PWM 255 atau dutycycle 100% yang menghasilkan tegangan 12V, serta berhenti bekerja ketika nilai PWM yang diberikan 0 atau dutycycle 0%. Dengan meningkatnya kebutuhan air conditioner, maka kebutuhan alat pengatur suhu ruangan juga semakin bertambah. Dengan adanya tugas akhir ini maka diharapkan akan mengembangkan teknologi akan air conditioner tanpa menggunakan freon, karena modul peltier disini digunakan untuk menggantikan freon yang membahayakan bagi lingkungan.

Kata Kunci : Modul Termoelektrik Peltier, Kontrol PID, Sensor Temperatur, Mikrokontroler Arduino UNO, dan Komunikasi Serial

*-halaman ini sengaja dikosongkan*

# ***AIR CONDITIONER USING THERMOELECTRIC PELTIER AND PID CONTROL***

*Name : Mahesa Sangga Bhuwana  
Supervisor : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.*

## **ABSTRACT**

*Along with the development of times, Air conditioner is one of the technologies that are used massively, starting from the comfort of yourself, to the comfort of the room. One place that needs air conditioner is a multi-storey building, in that building, air conditioner is needed to stabilize the temperature, because on a high enough floor the air pressure will increase and the temperature will become too cold. Likewise in tropical regions where temperatures are above the reasonable comfort limit. However, the technology of air conditioner that is spread in the present can damage the environment. Because it uses freon which can penetrate the ozone layer. In the end the earth will become hotter and global warming will occur. In this final project, the type of sensor that will be used is the SHT21 sensor because this sensor is a sensor that uses the I2C interface and has good and stable chemical resistance in the long run. This sensor can also be used as a room temperature sensor that has been calibrated, so that the output form is already in digital form. With this sensor, we will be able to create a PID feedback system, where the system will monitor the temperature level produced by the peltier thermoelectric and give a response to the PID control to give PWM to the driver which will be passed to the peltier thermoelectric module. The peltier module can work optimally when given a PWM 255 or dutycycle 100% which produces a 12V voltage, and stops working when the PWM value is given 0 or dutycycle 0%. With the increasing need for air conditioners, the need for room temperature regulators is also increasing. With this final assignment, it is expected that the technology of air conditioner is expected to be developed without using freon, because the peltier module here is used to replace freon which is harmful to the environment.*

**Keywords :** *Thermoelectric Peltier Module, PID Control, Temperature Sensor, Arduino UNO Microcontroller, and Serial Communication*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena karuniaNya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul : "***Air Conditioner Menggunakan Termoelektrik Peltier dan Kontrol PiD***". Penulis sadar bahwa tanpa adanya bantuan dari pihak lain penulis tidak dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, dengan segala hormat, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing atas gagasan topik tugas akhir serta bimbingan dan arahan untuk penulis selama mengerjakan tugas akhir.
2. Ir. Harris Pirngadi, M.T., Fajar Budiman, S.T., M.Sc., Muhammad Attamimi B.Eng.,M.Eng.,Ph.D., dan Ir. Totok Mujiono, M.Kom., selaku dosen penguji tugas akhir atas saran dan kritik yang diberikan.
3. Dr. Eng. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng., selaku Kepala Departemen Teknik Elektro ITS atas izin dan kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk melaksanakan tugas akhir ini.
4. Kedua orang tua penulis yang tidak pernah lelah dalam mendidik, mendukung, dan memberikan cinta yang tulus dan ikhlas kepada penulis semenjak kecil.
5. Teman-teman bidang studi elektronika yang telah membantu dan memberikan semangat kepada penulis selama menjalani perkuliahan di Departemen Teknik Elektro ITS.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya terutama di bidang teknologi Elektro. Tiada gading yang tak retak, penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Saran, kritik, dan masukan dari semua pihak akan sangat membantu penulis untuk pengembangan lebih lanjut.

Surabaya, 4 Juli 2019

Penulis

*-halaman ini sengaja dikosongkan-*



# DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Metodologi Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
1.6 Relevansi.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Modul Termoelektrik Peltier.....	5
2.2. Kontrol PID.....	11
2.3. Sensor Temperatur.....	13
2.4. Mikrokontroler Arduino UNO.....	14
2.4.1 Daya.....	15
2.4.2 Memori.....	16
2.4.3 Input dan Output.....	16
2.4.4 Komunikasi.....	17
2.4.5 Pemrograman.....	17
2.5. Komunikasi Serial.....	17
2.5.1 I2C.....	18
2.6. Driver H-Bridge.....	18
2.7. <i>Air Conditioner</i> .....	21
BAB III PERANCANGAN SISTEM.....	25
3.1 Diagram Blok Sistem.....	25
3.2 Perancangan Perangkat Mekanik.....	26
3.2.1 Termoelektrik Peltier.....	27
3.2.2 Cooling Fan.....	29
3.2.3 Power Supply Unit (PSU).....	31
3.2.4 Sensor Suhu.....	31

3.2.5 Driver H-Bridge .....	33
3.3 Perancangan Pengontrolan Peltier .....	34
<b>BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA .....</b>	<b>35</b>
4.1 Pengujian dan Analisa Perangkat Keras .....	36
Pengujian dan Analisa Perangkat Keras dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap Termoelektrik peltier, Cooling fan, Power Supply Unit, Sensor Suhu, dan Daya. ....	36
4.1.1 Pengujian Dan Analisa Termoelektrik Peltier.....	36
Pengujian dilakukan seperti rangkaian pada Gambar 4.1 dengan menyambungkan modul peltier dengan power supply dan ketika 2 modul peltier dirangkai seri dan paralel. Gambar 4.4 merupakan suhu ketika seri dan paralel .....	36
4.1.2 Pengujian Dan Analisa Cooling Fan.....	38
4.1.3 Pengujian Dan Analisa Power Supply Unit .....	39
4.1.4 Pengujian Dan Analisa Sensor Suhu.....	40
4.1.5 Pengujian Dan Analisa Daya .....	40
4.2 Pengujian dan Analisa Sistem .....	41
4.2.1 Pengujain dan Analisa Pengontrolan Peltier .....	41
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>66</b>
5.1 Kesimpulan .....	66
5.2 Saran.....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>72</b>
<b>RIWAYAT PENULIS .....</b>	<b>90</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skematik dari Modul Termoelektrik Peltier (a) mode pendingin(b) mode pemanas .....	5
Gambar 2. 2 Gambar 2. Kurva kinerja threshold 25°C TEC1-12706 .....	7
Gambar 2. 3 Kurva kinerja threshold 50°C TEC1-12706 .....	8
Gambar 2. 4 Blok Diagram PID Control.....	12
Gambar 2. 5 Dimensi SHT21 .....	13
Gambar 2. 6 Toleransi tipikal dan maksimal untuk sensor temperatur dalam °C .....	14
Gambar 2. 7 Arduino UNO <i>board</i> .....	15
Gambar 2. 8 Prinsip Kerja H-Bridge.....	18
Gambar 2. 9 Kondisi sinyal start dan stop .....	20
Gambar 2. 10 Sinyal ACK dan NACK .....	20
Gambar 2. 11 Transfer Bit pada I2C bus .....	21
Gambar 3. 1 Diagram blok sistem.....	26
Gambar 3. 2 Sketsa Air conditioner menggunakan modul peltier, ditunjukkan penataan rangkaian pendingin air .....	26
Gambar 3. 3 Sketsa detail dari wadah air .....	27
Gambar 3. 4 Sketsa Air conditioner menggunakan modul peltier, ditunjukkan rangkaian pendingin udara .....	27
Gambar 3. 5 Dua TEC1-12706 .....	28
Gambar 3. 6 Grafik TEC1-12706 pada <i>datasheet</i> .....	28
Gambar 3. 7 Cooling fan ID WF-14025 .....	30
Gambar 3. 8 Power Supply Unit 12 VDC 15A .....	31
Gambar 3. 9 Akurasi maksimal RH SHT21 .....	32
Gambar 3. 10 Akurasi maksimal suhu SHT21 .....	32
Gambar 3. 11 Modul SHT21.....	32
Gambar 3. 12 Modul IBT 2.....	33
Gambar 3. 13 Pin IBT 2 .....	33
Gambar 3. 14 H-Bridge sederhana .....	34
Gambar 3. 15 Blok diagram Kontrol PID .....	34
Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Sistem <i>Air conditioner</i> .....	35
Gambar 4. 2 Hasil Perancangan kotak eksperimen .....	36

Gambar 4. 3 Peltier disambungkan ke power supply.....	37
Gambar 4. 4 Suhu ketika suhu seri dan paralel.....	37
Gambar 4. 5 Grafik hubungan antara putaran fan terhadap kapasitas pendinginan (qs).....	39
Gambar 4. 6 Grafik hubungan antara putaran fan terhadap efektivitas pendinginan ( $\epsilon$ ).....	39
Gambar 4. 7 Perbandingan daya teknologi kompresor dan peltier .....	41
Gambar 4. 8 Grafik Dutycycle PWM dengan suhu pengujian 1 .....	42
Gambar 4. 9 Grafik Dutycycle PWM 10% dengan suhu pengujian 1 ...	43
Gambar 4. 10 Grafik Dutycycle PWM 20% dan suhu pengujian 1 .....	43
Gambar 4. 11 Grafik Dutycycle PWM 30% dan suhu pengujian 1 .....	43
Gambar 4. 12 Grafik Dutycycle PWM 50% dan suhu pengujian 1 .....	43
Gambar 4. 13 Grafik Dutycycle PWM 80% dan suhu pengujian 1 .....	44
Gambar 4. 14 Grafik Dutycycle PWM 100% dan suhu pengujian 1 .....	44
Gambar 4. 15 Grafik Pengontrolan PID dengan Kp a) 200, b) 400, dan c) 750 pengujian 1 .....	45
Gambar 4. 16 Grafik Pengontrolan PID dengan Kp 400, dan Ki a) 2, b) 4, dan c) 3.8 pengujian 1 .....	47
Gambar 4. 17 Grafik Pengontrolan PID dengan Kp 400, Ki 4, dan Kd a) 0.2, b) 0.4, dan c) 0.475 pengujian 1 .....	49
Gambar 4. 18 Grafik Dutycycle PWM dengan suhu pengujian 2.....	50
Gambar 4. 19 Grafik Dutycycle PWM 10% dan suhu pengujian 2 .....	50
Gambar 4. 20 Grafik Dutycycle PWM 20% dan suhu pengujian 2 .....	51
Gambar 4. 21 Grafik Dutycycle PWM 30% dan suhu pengujian 2 .....	51
Gambar 4. 22 Grafik Dutycycle PWM 50% dan suhu pengujian 2 .....	51
Gambar 4. 23 Grafik Dutycycle PWM 80% dan suhu pengujian 2 .....	52
Gambar 4. 24 Grafik Dutycycle PWM 100% dan suhu pengujian 2 .....	52
Gambar 4. 25 Grafik Pengontrolan PID dengan Kp a) 200, b) 400, dan c) 1100 pengujian 2 .....	54
Gambar 4. 26 Grafik Pengontrolan PID dengan Kp 1100, dan Ki a) 2, b) 4, dan c) 5 pengujian 2 .....	55
Gambar 4. 27 Grafik Pengontrolan PID dengan Kp 1100, Ki 4, dan Kd a) 0.2, b) 0.4, dan c) 0.475 pengujian 2 .....	57
Gambar 4. 28 Grafik Dutycycle PWM dan suhu pengujian 3 .....	58

Gambar 4. 29 Grafik Duty cycle PWM 10% dan suhu pengujian 3 .....	58
Gambar 4. 30 Grafik Duty cycle PWM 20% dan suhu pengujian 3 .....	58
Gambar 4. 31 Grafik Duty cycle PWM 50% dan suhu pengujian 3 .....	59
Gambar 4. 32 Grafik Duty cycle PWM 80% dan suhu pengujian 3 .....	59
Gambar 4. 33 Grafik Duty cycle PWM 100% dan suhu pengujian 3 ....	59
Gambar 4. 34 Grafik Pengontrolan PID dengan Kp a) 200, b) 4000, dan c) 15000 pengujian 3 .....	61
Gambar 4. 35 Grafik Pengontrolan PID dengan Kp 15000, dan Ki a) 1, b) 3, dan c) 4 pengujian 3 .....	62
Gambar 4. 36 Grafik Pengontrolan PID dengan Kp 15000, Ki 4, dan Kd a) 0.3, b) 0.4, dan c) 1 pengujian 3 .....	64

*-halaman ini sengaja dikosongkan-*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel spesifikasi kinerja TEC1-12706.....	6
Tabel 2. 2 Tabel Parameter Temperatur SHT21 .....	13
Tabel 2. 3 Spesifikasi elektrikl .....	14
Tabel 3. 1 Tabel pergantian udara.....	30
Tabel 4. 1 Hasil pengukuran power supply .....	39
Tabel 4. 2 Hasil pengujian tegangan sensor suhu SHT21 .....	40

*-halaman ini sengaja dikosongkan-*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan pada hari ini semakin cepat. Hal ini dilakukan bertujuan untuk mempermudah pekerjaan manusia sehari-hari. Membuat alat yang sebelumnya tidak ada hingga pengembangan alat yang telah ada sebelumnya. Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan tersebut mempengaruhi berbagai aspek kehidupan tidak terkecuali dalam dunia pendingin.

Air Conditioning merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk mengkondisikan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembapan yang sesuai dengan kondisi udara nyaman berdasarkan peraturan hukum K3. Sehingga memberikan kenyamanan kerja bagi orang yang melakukan suatu kegiatan tertentu didalam ruangan tersebut.

Pengkondisian suhu udara pada ruangan baik yang berukuran kecil maupun besar pada umumnya dimaksudkan untuk kenyamanan penghuni yang ada di dalamnya. Untuk pengkondisian udara didalam ruangan perkantoran biasanya hanya di perlukan satu unit mesin pengkondisi udara. Namun pada kenyataannya sering kali keadaan di dalam ruangan belum dapat memberikan kondisi-kondisi yang diharapkan karena keadaan di luar ruangan yang berubah-ubah yang dapat mempengaruhi keadaan di dalam ruangan. Seperti kita ketahui Indonesia terletak di daerah tropis dimana suhu berkisar 27-35°C. Keadaan ini dapat membuat suhu udara yang diharapkan tidak nyaman sehingga diperlukan suatu alat pengkondisian udara untuk mencapai suhu dan kelembapan ideal yang diharapkan sehingga dengan alat ini hal tersebut dapat terpenuhi.

Efek peltier atau thermoelectric merupakan hubungan antara energi panas dan energi listrik yang terjadi pada titik temu antara dua jenis logam yang berbeda. Hal ini mengakibatkan kedua sisi komponen ini memiliki perbedaan suhu yang cukup ekstrim sekitar 650C. Efek termoelektrik ini menyebabkan salah satu sisi komponen ini menjadi dingin dan sisi lainnya menjadi panas. Pada umumnya komponen ini bisa di manfaatkan sebagai pendingin bisa juga di gunakan sebagai pemanas.

Penelitian sebelumnya mengenai penggunaan peltier pada sistem pendingin sudah banyak di lakukan, yaitu salah diantaranya penelitian yang di lakukan Umboh Ronald (2012) mengenai perancangan

alat portabel menggunakan elemen peltier berdasarkan penelitiannya dari hasil pengujian tingkat efisiensi satu dayanya berkisar antara 99,75% - 99,91%. Sedangkan suhu minimum yang dapat di capai bergantung pada beban yang di berikan dimana pada saat kosong suhu minimum nya adalah 19°C sampai 23°C [1]

Selanjutnya yaitu penelitian yang di lakukan oleh Azridjal Aziz (2015) pada penelitiannya mengenai aplikasi modul pendingin termoelektrik sebagai media pendingin kotak minuman pada penelitiannya Aziz dkk. Menggunakan 2 modul TEC tipe TEC1-2706 dengan memiliki maksimum 15,4V, arus listrik maksimum 6A dan tahanan 1,98ohm dan beban kalor aktif maksimum di peroleh sebesar 120W pada pengujiannya pada kondisi temperatur terendah setelah 150 menit pada kotak pendingin dengan menggunakan 3 peltir, 2 fan dengan blok aluminium yaitu 14,3°C, sedangkan dengan beban air 1 liter di capai pada 16,4°C [2]

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana cara untuk mendapatkan suhu udara yang dingin?
2. Bagaimana cara mengontrol temperatur ruangan?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, diantaranya:

1. Implementasi termoelektrik peltier untuk mendapatkan suhu udara yang rendah.
2. Kontrol PID digunakan untuk mengatur temperatur ruangan yang dikehendaki.

## **1.4 Metodologi Penelitian**

Metodologi pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

### **1. Studi Literatur**

Studi Literatur akan berisi pengumpulan serta pengkajian teori, data dan penelitian yang dianggap relevan dan terpercaya untuk mendukung keabsahan tugas akhir ini. Literatur yang digunakan akan memiliki batasan-batasan tertentu. Yaitu literatur yang digunakan harus bersumber dari

paper, jurnal, buku, maupun artikel yang berasal dari badan pemerintahan atau institusi akademik terpercaya.

## **2. Perencanaan dan Pembuatan Perangkat Sistem Pendinginan menggunakan Modul Peltier**

Merancang dan membuat perangkat sistem pendingin yang terdiri dari modul termoelektrik peltier, sensor temperatur, mikrokontroler, pompa air, pipa tembaga, kipas, wadah air dan kotak dari sistem pendingin itu sendiri.

## **3. Perancangan dan Pembuatan Program Kontrol Suhu dengan PID**

Merancang dan membuat program kontrol suhu menggunakan PID pada mikrokontroler

## **4. Perancangan dan pembuatan Prototype Kotak Ruang Pengukuran Suhu**

Prototype kotak ruang pengukuran suhu yang dimaksud disini adalah kotak yang digunakan untuk mengukur suhu yang di hasilkan oleh modul peltier. Kotak akan di buat dari Karton/Kayu dengan dimensi  $1m^3$  .Kotak juga dilengkapi dengan Sensor suhu SHT21, dan Air conditioner menggunakan modul peltier.

## **5. Tahap Pengujian Sistem**

Merupakan tahap pengujian keseluruhan sistem, beberapa tahap pengujian berupa pengujian Modul Peltier apakah bisa berjalan dengan lancar, apakah kontrol PID nya sudah menunjukkan hasil yang memuaskan dan pengujian penyebaran suhu sudah memuaskan. Dilanjutkan dengan pengujian sistem secara keseluruhan untuk menghasilkan data final, yang merupakan tujuan dari sistem ini.

## **6. Analisa Data dan Evaluasi**

Pada tahap ini, akan dilakukan analisa terhadap data yang didapatkan. Sehingga didapatkan karakteristik dari hardware yang telah dirancang dan dibuat. Analisa dilakukan khususnya pada Kotak Pengukuran Suhu apakah temperatur sudah sesuai harapan yang diinginkan, apakah sistem kontrolnya berjalan sesuai harapan dan bisa menghadapi skenario-skenario yang mungkin terjadi di lapangan. Lalu dilakukan analisa terhadap data yang dihasilkan oleh keseluruhan sistem, apakah sudah dianggap memuaskan atau

tidak. Lalu dilakukan evaluasi serta revisi desain apabila diperlukan.

## **7. Penyusunan Laporan**

Penyusunan laporan akan dilakukan seiring dengan tahap-tahap lainnya. Isinya berkaitan dengan tugas akhir yang dikerjakan, meliputi pendahuluan, studi literatur, perancangan dan pembuatan sistem, dan Analisa serta penutup.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Pembahasan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

#### **BAB I Pendahuluan**

Bab ini meliputi latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika penulisan, dan relevansinya.

#### **BAB II Dasar Teori dan Tinjauan Pustaka**

Bab ini meliputi tinjauan pustaka mengenai modul termoelektrik peltier, kontrol PID, dan sensor temperatur, mikrokontroler arduino UNO, dan komunikasi serial.

#### **BAB III Perancangan Sistem**

Bab ini akan dijelaskan tentang perancangan sistem berupa sistem pendinginan, program kontrol suhu dengan PID, dan sistem pengujian.

#### **BAB IV Hasil Pengujian dan Analisis**

Bab ini berisi hasil akan ditampilkan hasil pengujian dari sistem yang telah dirancang, serta hasil dari keseluruhan sistem.

#### **BAB V Kesimpulan dan Saran**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil analisis yang dilakukan pada bab 4.

### **1.6 Relevansi**

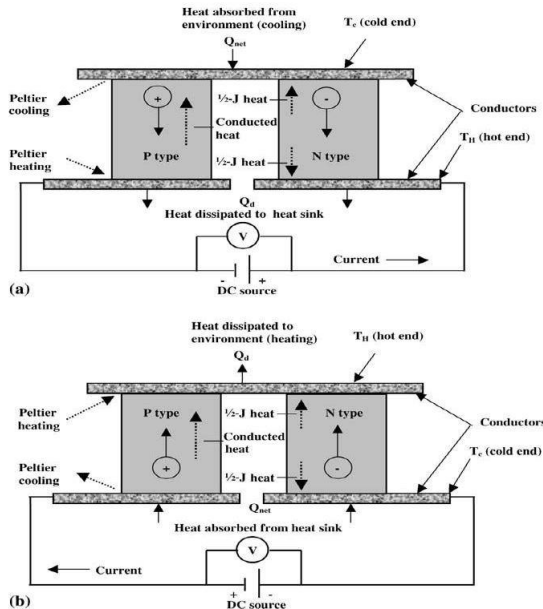
Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai evaluasi dari sistem pendinginan yang sudah ada. Selain itu

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Modul Termoelektrik Peltier

Pendingin termoelektrik beroperasi sesuai dengan efek Peltier. Efeknya menciptakan perbedaan suhu dengan mentransfer panas antara dua sambungan listrik. Tegangan diterapkan di seluruh konduktor bergabung untuk menciptakan arus listrik. Ketika arus mengalir melalui sambungan dua konduktor, panas dibuang di satu persimpangan dan terjadi pendinginan. Panas diendapkan di persimpangan lainnya.

Untuk optimisasi dari termo-elemen di pendingin termoelektrik untuk mencapai kapasitas pendinginan dan angka koefisien performa yang baik, telah dilakukan riset-riset yang mendukung.



**Gambar 2. 1** Skematik dari Modul Termoelektrik Peltier (a) mode pendingin(b) mode pemanas

Penyetelan arus dan tegangan operasi dari sebuah modul termoelektrik (TEC) dengan mengatur luas penampang dari butir yang di deskripsikan di [3].

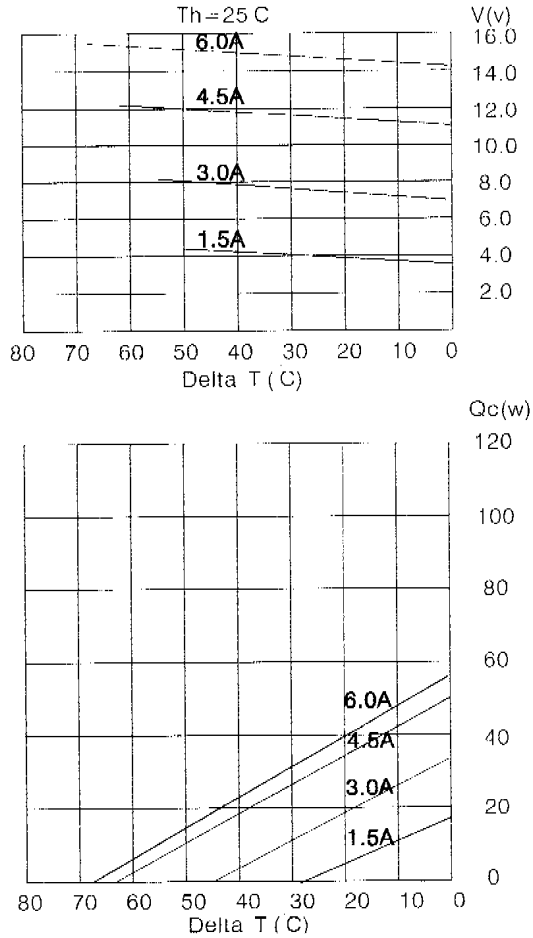
ditunjukkan bahwa ada modul optimal ketebalan dan arus operasi optimal yang bergantung pada disipasi panas keseluruhan dan pada termal eksternal resistensi [4].

Volume terbatas di mana TEC dapat ditempatkan dan keterbatasan teknologi dalam pembuatan kaki TEC dianggap, dan tiga parameter - panjang kaki, area kaki dan jumlah kaki - diambil sebagai variabel dioptimalkan. Batasan minimum COP dan maksimum biaya bahan yang ditetapkan, dan pencarian genetik dilakukan untuk menentukan dimensi TEC yang optimal kaki [5].

Disebutkan bahwa kapasitas pendinginan maksimum meningkatkan untuk kenaikan dalam luas penampang dari termo-elemen atau penurunan panjangnya. Maksimal koefisien kinerja yang dapat dicapai, tidak relevan dengan kapasitas pendinginan maksimum, tetap konstan untuk setiap perubahan di daerah atau panjang dari elemen-thermo [6].

**Tabel 2. 1** Tabel spesifikasi kinerja TEC1-12706 [7]

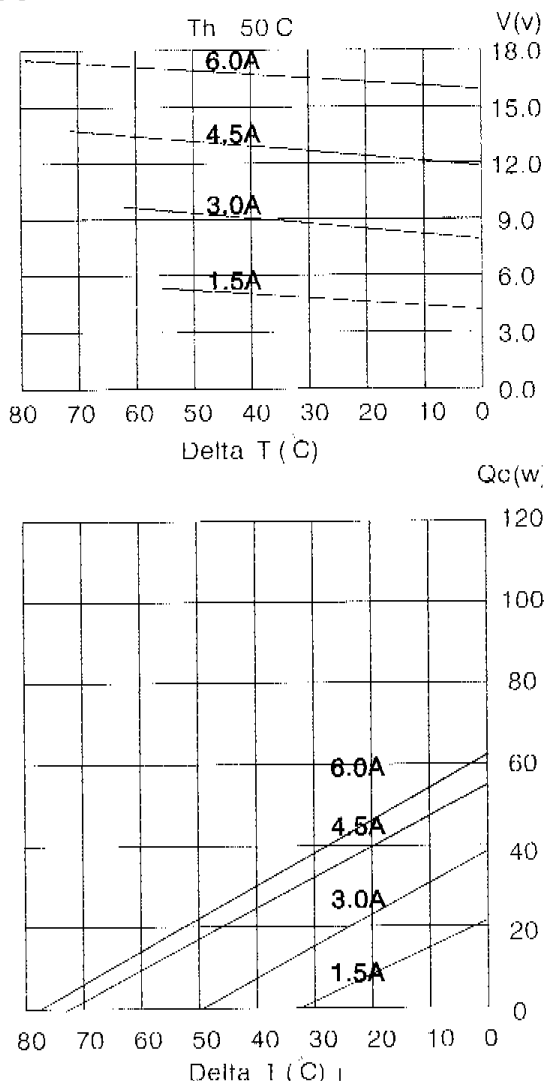
Hot Side Temperature	25°C	50°C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
I <sub>max</sub> (Amps)	6.4	6.4
V <sub>max</sub> (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohm)	19.8	2.30



**Gambar 2. 2** Gambar 2. Kurva kinerja threshold  $25^\circ\text{C}$  TEC1-12706 [7]

Untuk mengembangkan bahan termo-elemen yang lebih baik untuk mencapai kinerja yang lebih tinggi, sebuah penelitian telah dilakukan, hal ini menunjukkan bahwa ada penggantian dalam angka termoelektrik dari kelayakan (Ukuran kesesuaian material untuk

thermoelectric aplikasi yang nilainya harus lebih tinggi) untuk material super-kisi [8].



**Gambar 2. 3** Kurva kinerja threshold 50°C TEC1-12706 [7]



Sebuah studi, pada konsumsi energi dan biaya untuk kompresi uap, sistem penyerapan thermoelectric dan uap kapasitas yang sama dilakukan. Ditemukan bahwa koefisien kinerja dan biaya sistem pendingin termoelektrik terletak antara kompresi uap dan sistem penyerapan [9].

- $T_h$  = Temperatur bagian panas  
 $T_c$  = Temperatur bagian dingin  
 $\Delta T$  =  $T_h - T_c$   
 $T_a$  = Temperatur ruangan  
 $I$  = Arus listrik  
 $V$  = Tegangan  
 $Q_c$  = Panas yang diserap pada bidang dingin  
COP = Koefisien performa  
 $s$  = Koefisien Seebeck  
 $\rho$  = Resistifitas  
 $k$  = Konduktifitas termal  
 $Z$  = Kepekaan instrumen  
 $G$  = Luas dari elemen termoelektrik  
 $N$  = jumlah pasang elemen termoelektrik  
 $R_M$  = resistansi alat elektrik  
 $K_M$  = konduktansi alat termal  
 $I_{max}$  = arus masuk maksimal  
 $Q_{max}$  = panas maksimal yang bisa di serap sisi dingin  
 $\Delta T_{max}$  = perbedaan temperatur maksimal  
 $V_{max}$  = tegangan ketika  $\Delta T_{max}$   
 $R_{heatsink}$  = resistansi termal dari heatsink  
 $R_{hs-max}$  = resistansi maksimal dari heatsink  
 $Q_c = 2N[sIT_c - \frac{1}{2}I^2\frac{\rho}{G} - kG\Delta T]$  (2.1)  
 $V = 2N[I\frac{\rho}{G} + s\Delta T]$  (2.2)  
 $Q_p = VI$  (2.3)  
 $Z = \frac{s^2}{\rho k}$  (2.4)

Berdasarkan informasi yang sudah disediakan oleh datasheet dari TEC1-12706 dapat dihitung karakteristik fisik dari modul TEC. Karakteristik fundamental seperti  $s$ ,  $\rho$ , dan  $k$  dapat dihitung apabila  $N$  (jumlah couple) dan  $G$  (rasio area/panjang cross-section dari setiap elemen termoelektrik) diketahui [10] [11] [12] [13].

Secara simpel, definisi SM, RM, dan KM dengan persamaan (5-7):

$$SM = 2sN \quad (2.5)$$

$$RM = 2\rho N/G \quad (2.6)$$

$$KM = 2NkG \quad (2.7)$$

$$Q_c = S_M T_c I - \frac{1}{2} I^2 R_M - K_M \Delta T \quad (2.8)$$

$$V = S_M \Delta T + I R_M \quad (2.9)$$

$$Z = \frac{S^2 M}{R_M K_M} \quad (2.10)$$

Kemudian, persamaan (1, 2, dan 4) dapat di ekspresikan sebagai persamaan (8-10).

Parameter  $s$ ,  $\rho$ , dan  $k$  adalah karakteristik fundamental fisik dari material TEC dan SM, RM, KM adalah karakteristik fisik dari TEC sebagai suatu alat.  $Z$  secara langsung berhubungan dengan kemampuan TEC untuk memompa panas dan merupakan sebuah kriteria untuk mengevaluasi kualitas TEC [14].

Semua parameter ini konstanta yang dibutuhkan dalam penghitungan atau simulasi menggunakan persamaan-persamaan diatas. Akan tetapi, parameter ini tidak di cantumkan pada katalog pabrikan.

Meskipun ketiga parameter karakteristik fisik TEC SM, RM, dan KM tidak diketahui, seperti dijelaskan diatas, datasheet yang biasa di berikan vendor memberikan 4 parameter maksimum  $\Delta T_{max}$ ,  $V_{max}$ ,  $I_{max}$ , dan  $Q_{max}$ , dari ketiga persamaan dapat digunakan untuk mencari dan mendapatkan ekspresi untuk SM, RM, dan KM. Metode ini menggunakan  $\Delta T_{max}$ ,  $V_{max}$ ,  $I_{max}$ . Oleh karena itu dapat di tentukan nilai  $Z$ , SM, RM, dan KM pada gambar 7.

Selama SM, RM, dan KM sudah diketahui maka  $s$ ,  $\rho$  and  $k$  dapat dihitung berdasarkan persamaan (5-7), jika  $N$  dan  $G$  diketahui.

$$COP = \frac{Q_c}{Q_p} \quad (2.11)$$

$$S_M = \frac{V_{max}}{T_h} \quad (2.12)$$

$$K_M = \frac{(T_h - \Delta T_{max}) V_{max} I_{max}}{2 T_h \Delta T_{max}} \quad (2.13)$$

$$R_M = \frac{(T_h - \Delta T_{max}) V_{max}}{T_h I_{max}} \quad (2.14)$$

$$R_{heatsink} = \frac{T_h - T_a}{Q_c + Q_p} \quad (2.15)$$

Menggunakan formula sebelumnya, dapat dihitung parameter operasi  $Q_c$ ,  $V$ ,  $Q_p$ ,  $COP$ , and Rheatsink menggunakan input kondisi operasi  $I$ ,  $T_h$ ,  $T_c$ , and  $T_a$ .

## 2.2. Kontrol PID

Sistem Kontrol PID (Proportional-Integral-Derivative controller) merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut (Feedback).

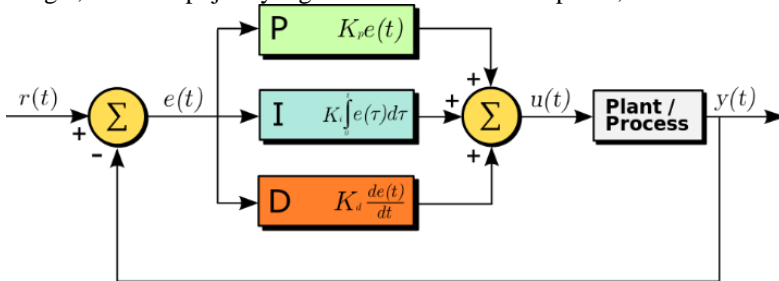
P bertanggung jawab untuk nilai kesalahan saat ini. Contohnya, jika nilai kesalahan besar dan positif, maka keluaran kontrol juga besar dan positif. I bertanggung jawab untuk nilai kesalahan sebelumnya. Contoh, jika keluaran saat ini kurang besar, maka kesalahan akan terakumulasi terus menerus, dan kontroler akan merespon dengan keluaran lebih tinggi. D bertanggung jawab untuk kemungkinan nilai kesalahan mendatang, berdasarkan pada rate perubahan tiap waktu [15].

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing pengontrol P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi pengontrol proporsional plus integral plus diferensial (pengontrol PID). Elemen-elemen pengontrol P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan:

- mempercepat reaksi sebuah sistem mencapai set point--nya
- menghilangkan offset
- menghasilkan perubahan awal yang besar dan mengurangi overshoot.

Kita coba ambil contoh dari pengukuran temperatur, setelah terjadinya pengukuran dan pengukuran kesalahan maka kontroler akan memutuskan seberapa banyak posisi tap akan bergeser atau berubah. Ketika kontroler membiarkan valve dalam keadaan terbuka, dan bisa saja

kontroler membuka sebagian dari valve jika hanya dibutuhkan air yang hangat, akan tetapi jika yang dibutuhkan adalah air panas, maka valve



**Gambar 2. 4** Blok Diagram PID Control

akan terbuka secara penuh. Ini adalah contoh dari proportional control. Dan jika ternyata dalam prosesnya air panas yang diharapkan ada datangnya kurang cepat maka controler bisa mempercepat proses pengiriman air panas dengan membuka valve lebih besar atau menguatkan pompa, inilah yang disebut dengan integral kontrol.

Kontrol PID atau Proportional Integral Derivative control menggabungkan kontrol proporsional, kontrol integral, dan kontrol turunan dalam bentuk paralel [16].

Dimana

- $K_p$  adalah gain dari kontrol PID
- $k$  adalah konstanta yang dimasukkan untuk fleksibilitas
- $k_i$  adalah gain integral, dan
- $k_d$  adalah gain turunan.

Dari bentuk umum ini kita dapat melakukan beberapa yaitu:

- Menyeting  $T_d = 0$  dan PID menjadi persamaan PI
- Menyeting  $k_i = 0$  dan PID menjadi persamaan PD
- Menyeting  $k = 0$  dan PID menjadi kontroler integral-turunan
- Menyeting  $k = 0$ ,  $k_i = 0$  dan PID menjadi persamaan D
- Menyeting  $k = 0$ ,  $T_d = 0$  dan PID menjadi persamaan I

$$C_{PID}(s) = K_p \left( k + \frac{K_i}{s} + K_d s \right) \quad (2.16)$$

$$C_{PID}(s) = K_s \left( 1 + \frac{I_s}{s} \right) \left( 1 + \frac{D_s s}{\gamma_s D_s s + 1} \right) \quad (2.17)$$

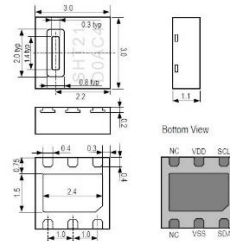
$$C_{PID}(s) = K_p + \frac{I_p}{s} + \frac{D_p s}{\gamma_p D_p s + 1} \quad (2.18)$$

Bentuk standar mirip dengan persamaan PID kecuali pole telah ditambahkan ke aksi penurunan untuk memastikan transfer fungsi yang layak [17]. Biasanya  $0.1Td \leq TD \leq 0.2Td$ .

### 2.3. Sensor Temperatur

SHT21, sensor kelembapan dan temperatur yang baru dari sensirion akan membuat standar baru dakam ukuran dan kecerdasan: Tertanam dalam dua datara yang dapat di solder dengan ukuran paket 3 x 3 mm cetakan kaki dan 1.1 mm tinggi yang menyediakan sinyal terkalibrasi dan terlinearkan dalam format digital I<sup>2</sup>C [18].

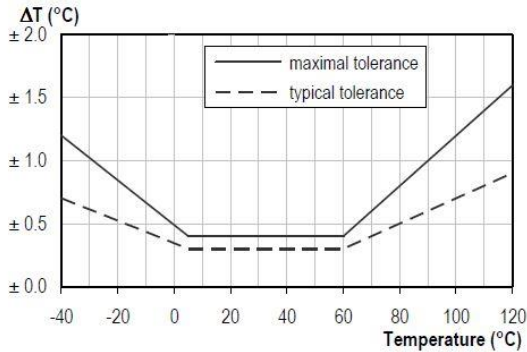
Dengan desain yang sepenuhnya berbeda rangkaian CMOSnya, sebuah sensor kelembapan tipe kapasitif dan celah temperatur yang telah dikembangkan performanya telah di angkat lebih dari level generasi sebelumnya. Sebagai contoh, pengukuran telah diambil untuk menyetabilkan kelakuan ketika level kelembapan tinggi [18].



**Gambar 2. 5** Dimensi SHT21

**Tabel 2. 2** Tabel Parameter Temperatur SHT21 [19]

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
<b>Resolution<sup>1</sup></b>	14 bit		0.01		°C
	12 bit		0.04		°C
<b>Accuracy tolerance<sup>2</sup></b>	typ		±0.3		°C
	max		See Figure 3		°C
<b>Repeatability</b>			±0.1		°C
<b>Operating Range</b>	Extended <sup>4</sup>	-40		125	°C
<b>Response Time<sup>7</sup></b>	T63%	5		30	s
<b>Long Term Drift</b>			<0.04		°C/yr



**Gambar 2. 6** Toleransi tipikal dan maksimal untuk sensor temperatur dalam °C [19].

**Tabel 2. 3** Spesifikasi elektrikal [19]

Parameter	Condition	min	type	max	units
<b>Supply Voltage, VDD</b>		2.1	3.0	3.6	V
<b>Supply Current, IDD<sup>6</sup></b>	Sleep mode		0.15	0.4	μA
	measuring	200	300	330	μA
<b>Power Dissipation <sup>6</sup></b>	Sleep mode		0.5	1.2	μW
	measuring	0.6	0.9	1.0	mW
	Average 8bit		3.2		μW
<b>Heater</b>	VDD=3.0V	5.5Mw, ΔT=+0.5-1.5°C			
<b>Communication</b>	Digital 2-wire interface, 1 <sup>2</sup> C protocol				

## 2.4. Mikrokontroler Arduino UNO

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

Uno berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI driver USB-to-serial.

Nama “Uno” berarti satu dalam bahasa Italia, untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Uno dan versi 1.0 akan menjadi versi referensi dari Arduino. Uno adalah yang terbaru dalam serangkaian board USB Arduino, dan sebagai model referensi untuk platform Arduino, untuk perbandingan dengan versi sebelumnya, lihat indeks board Arduino. pada Gambar 2.16 merupakan fisik dari *Board* Arduino UNO:



**Gambar 2. 7** Arduino UNO board

#### **2.4.1 Daya**

Uno Arduino dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal (otomatis).

Eksternal (non-USB) daya dapat berasal baik dari AC-ke adaptor-DC atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan menancapkan plug jack pusat-positif ukuran 2.1mm konektor POWER. Ujung kepala dari baterai dapat dimasukkan kedalam Gnd dan Vin pin header dari konektor POWER.

Kisaran kebutuhan daya yang disarankan untuk board Uno adalah 7 sampai dengan 12 volt, jika diberi daya kurang dari 7 volt kemungkinan pin 5v Uno dapat beroperasi tetapi tidak stabil kemudian jika diberi daya lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan dapat merusak board Uno.

Pin listrik adalah sebagai berikut:

- VIN. Tegangan masukan kepada board Arduino ketika itu menggunakan sumber daya eksternal (sebagai pengganti dari 5 volt koneksi USB atau sumber daya lainnya).
- 5V. Catu daya digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lainnya.
- 3v3. Sebuah pasokan 3,3 volt dihasilkan oleh regulator on-board.
- GND. Ground pin.

#### 2.4.2 Memori

ATmega328 memiliki 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk bootloader), 2 KB dari SRAM dan 1 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan EEPROM library).

#### 2.4.3 Input dan Output

Masing-masing dari 14 pin digital di Uno dapat digunakan sebagai input atau output, dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`, beroperasi dengan daya 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki internal pull-up resistor (secara default terputus) dari 20-50 kOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

- Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) TTL data serial. Pin ini dihubungkan ke pin yang berkaitan dengan chip Serial ATmega8U2 USB-to-TTL.
- Eksternal menyela: 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interrupt pada nilai yang rendah, dengan batasan tepi naik atau turun, atau perubahan nilai. Lihat (`attachInterrupt`) fungsi untuk rincian lebih lanjut.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan output PWM 8-bit dengan fungsi `analogWrite()`.
- SPI: 10 (SS), 11 (Mosi), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan SPI library.
- LED: 13. Ada built-in LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai nilai HIGH, LED on, ketika pin bernilai LOW, LED off.

Uno memiliki 6 masukan analog, berlabel A0 sampai dengan A5, yang masing-masing menyediakan 10 bit dengan resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:



- I2C: A4 (SDA) dan A5 (SCL). Dukungan I2C (TWI) komunikasi menggunakan perpustakaan Wire.
- Aref. Tegangan referensi (0 sampai 5V saja) untuk input analog. Digunakan dengan fungsi analogReference ().
- Reset. Bawa baris ini LOW untuk me-reset mikrokontroler.

#### 2.4.4 Komunikasi

Uno Arduino memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan UART TTL (5V) untuk komunikasi serial, yang tersedia di pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATmega8U2 sebagai saluran komunikasi serial melalui USB dan sebagai port virtual com untuk perangkat lunak pada komputer. Firmware '8 U2 menggunakan driver USB standar COM, dan tidak ada driver eksternal yang diperlukan. Namun, pada Windows diperlukan, sebuah file inf. Perangkat lunak Arduino terdapat monitor serial yang memungkinkan digunakan memonitor data tekstual sederhana yang akan dikirim ke atau dari board Arduino. LED RX dan TX di papan tulis akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dengan koneksi USB ke komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1).

Sebuah *SoftwareSerial* library memungkinkan untuk berkomunikasi secara serial pada salah satu pin digital pada board Uno's.

ATmega328 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan Kawat untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C, lihat dokumentasi untuk rincian. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan SPI.

#### 2.4.5 Pemrograman

Uno Arduino dapat diprogram dengan menggunakan software IDE Arduino

### 2.5. Komunikasi Serial

Terdapat dua cara komunikasi serial yaitu komunikasi data secara *asinkron* dan komunikasi data secara *sinkron*. Pada komunikasi data serial *sinkron*, *clock* dikirim bersama-sama dengan data serial, sedangkan pada komunikasi data serial *asinkron*, *clock* tidak dikirimkan bersama-sama data serial, tetapi dibangkitkan secara sendiri-sendiri (*receiver*). Pada IBM PC kompatibel port serialnya termasuk jenis *asinkron*. Komunikasi data serial ini dikerjakan oleh UART (*Universal Asynchronous Receiver / Transmitter*). IC UART dibuat khusus untuk

mengubah data paralel menjadi data serial dan menerima data serial yang kemudian diubah kembali menjadi data paralel.

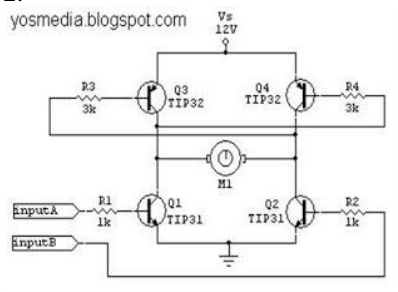
### 2.5.1 I2C

Inter Integrated Circuit atau sering disebut I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didisain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (Serial Clock) dan SDA (Serial Data) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai Master dan Slave. Master adalah piranti yang memulai transfer data pada I2C Bus dengan membentuk sinyal Start, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal Stop, dan membangkitkan sinyal clock. Slave adalah piranti yang dialamati master.

Sinyal Start merupakan sinyal untuk memulai semua perintah, didefinisikan sebagai perubahan tegangan SDA dari “1” menjadi “0” pada saat SCL “1”. Sinyal Stop merupakan sinyal untuk mengakhiri semua perintah, didefinisikan sebagai perubahan tegangan SDA dari “0” menjadi “1” pada saat SCL “1”. Kondisi sinyal Start dan sinyal Stop seperti tampak pada Gambar 15.

### 2.6. Driver H-Bridge

H-bridge rangkaian yang konfigurasi atau susunan transistornya seperti membentuk huruf H. Transistor ini digunakan sebagai switching sehingga nantinya motor dapat berputar searah jarum jam (clockwise) dan berlawanan arah jarum jam (counterclockwise). Adapun type transistor yang banyak di gunakan dalam rangkaian H. Bridge adalah transistor type TIP 31 dan TIP 32.



Gambar 2. 8 Prinsip Kerja H-Bridge

A = B = '0'

Karena input A dan B mempunyai logika yg sama '0' (0V), maka kedua transistor TIP31 (Q1 & Q2) tidak akan mendapat picuan pada basisnya sehingga transistor bersifat cut-off atau transistor bersifat seperti saklar yg terbuka. Dari rangkaian diatas terlihat pula bahwa kedua TIP 32 (Q3 & Q4) bergantung pada TIP31 dimana basis kedua TIP32 terhubung pada kolektor TIP 31. Jadi, apabila tidak ada arus yg mengalir pada kolektor TIP 31 maka basis TIP 32 juga tidak akan terpicu akibatnya motor tidak akan berputar atau berhenti.

A = '0'; B = '1'

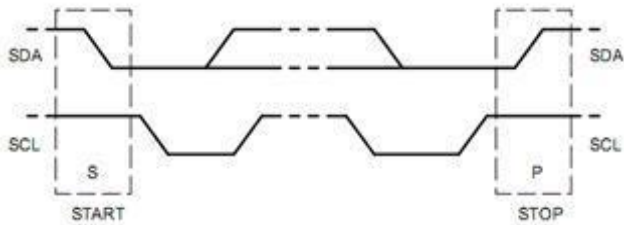
Saat input A diberi logika '0' (0V) dan input B diberi logika '1' (5V) maka Q2 akan saturasi sedangkan Q1 tetap cut-off. Karena Q2 bersifat saturasi atau seperti saklar yang tertutup maka basis Q3 akan mendapat picuan sehingga Q3 juga bersifat saturasi. Akibatnya arus akan mengalir dengan urutan seperti berikut :  $V_s$  - Q3 - motor - Q1 - ground, sehingga motor akan berputar searah jarum jam.

A = 1; B = 0

Saat input A diberi logika '1' (5V) dan input B diberi logika '0' (0V) maka Q1 akan saturasi sedangkan Q2 cut-off. Akibatnya Q4 juga akan menjadi saturasi karena basis Q4 mendapat picuan dari Q1. Sehingga arus akan mengalir dengan urutan seperti berikut :  $V_s$  - Q4 - motor - Q1 - ground dan motor akan berputar berlawanan arah jarum jam.

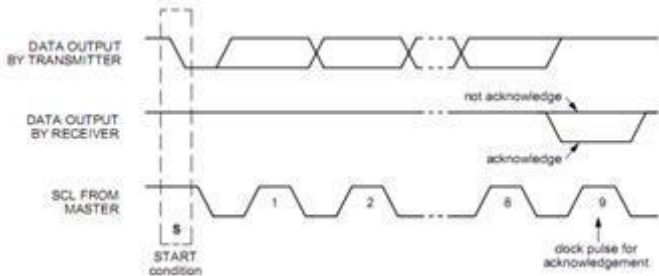
A = B = '1'

Jika kedua input diberi logika '1' secara bersamaan maka akan mengakibatkan semua transistor dalam kondisi saturasi. Secara logika motor tidak akan berputar karena tidak ada beda potensial pada ujung – ujung konektornya. Namun hal ini akan menyebabkan timbulnya panas yang berlebihan pada semua transistor sehingga dapat menyebabkan kerusakan. Oleh karena itu hal ini harus dihindari.



**Gambar 2. 9** Kondisi sinyal start dan stop

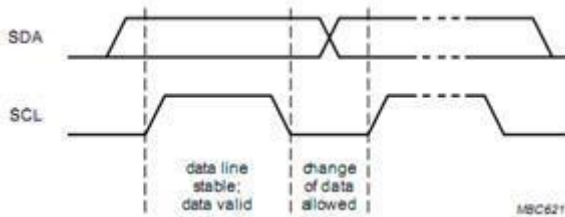
Sinyal dasar yang lain dalam I2C Bus adalah sinyal acknowledge yang disimbolkan dengan ACK Setelah transfer data oleh master berhasil diterima slave, slave akan menjawabnya dengan mengirim sinyal acknowledge, yaitu dengan membuat SDA menjadi “0” selama siklus clock ke 9. Ini menunjukkan bahwa Slave telah menerima 8 bit data dari Master. Kondisi sinyal acknowledge seperti tampak pada Gambar 16.



**Gambar 2. 10** Sinyal ACK dan NACK

Dalam melakukan transfer data pada I2C Bus, kita harus mengikuti tata cara yang telah ditetapkan yaitu:

- Transfer data hanya dapat dilakukan ketika Bus tidak dalam keadaan sibuk.
- Selama proses transfer data, keadaan data pada SDA harus stabil selama SCL dalam keadaan tinggi. Keadaan perubahan “1” atau “0” pada SDA hanya dapat dilakukan selama SCL dalam keadaan rendah. Jika terjadi perubahan keadaan SDA pada saat SCL dalam keadaan tinggi, maka perubahan itu dianggap sebagai sinyal Start atau sinyal Stop.



**Gambar 2. 11** Trasfer Bit pada I2C bus

## 2.7. *Air Conditioner*

*Air Conditioner* komponen yang dapat menyejukan udara bisa menjadi sejuk atau dingin dan dapat mengatur temperatur dan kebersihan udara seperti dalam sebuah ruangan. Pada *Air Conditioner* (AC) terdapat beberapa komponen utama yaitu:

- **Kompresor**

Kompresor adalah alat untuk menghisap uap refrigeran yang berasal dari evaporator dan menekan uap refrigeran tersebut ke kondensor sehingga tekanan dan temperaturnya meningkat. Kompresor yang biasa digunakan umumnya bersatu dengan kondensor menjadi satu unit dan biasa disebut dengan kondensing unit.

- **Kondensor**

Kondensor berfungsi sebagai alat perpindahan panas yang dilepaskan dari uap refrigeran ke udara luar (media pengembun) sehingga uap refrigeran akan mengembun, dan berubah fasa dari uap ke cair. Sebelum masuk ke kondensor refrigeran berfasa uap yang bertemperatur dan bertekanan tinggi, sedangkan setelah ke luar dari kondensor, refrigeran berfasa cair jenuh yang bertemperatur dan bertekanan tinggi.

- **Katup ekspansi**

Katup ekspansi pada sistem refrigerasi mempunyai dua tujuan, pertama adalah fungsi termodinamik dengan ekspansi (menurunkan tekanan) cairan refrigeran dari tekanan kondensor ke tekanan evaporator. Kedua, adalah fungsi kontrol terhadap aliran cairan yang masuk evaporator. Pada saat masuk katup ekspansi refrigeran berfasa cair dengan tekanan dan temperatur tinggi. setelah keluar, katup ekspansi berfasa campuran (cair dengan uap) mempunyai tekanan dan temperatur rendah. Jenis alat ekspansi yang umum digunakan adalah jenis pipa kapiler dan katup ekspansi (terdiri atas beberapa macam).

Pipa kapiler lebih sering digunakan untuk sistem refrigerasi dengan kapasitas kecil, di bawah 10 Kwatt, dan tidak dapat distel lagi untuk mengatasi beban yang berbeda. Katup ekspansi termostatik (TXV), merupakan katup ekspansi yang paling populer, yaitu yang digunakan untuk kapasitas lebih besar.

- **Evaporator**

Evaporator merupakan komponen sistem refrigerasi yang berfungsi untuk memindahkan panas dari udara, air, atau objek lainnya dengan cara mengambil kalor untuk proses penguapan refrigerant.

- **Refrigeran**

Refrigeran adalah suatu substansi kerja dalam suatu sistem refrigerasi, yang bertindak sebagai media penyerap dan pembuang kalor di evaporator. Refrigeran menyerap kalor dari benda atau produk yang diinginkan sehingga wujud refrigeran berubah dari cair menjadi gas, sedangkan di kondensor refrigeran membuang panas ke lingkungan atau bahan lain sehingga wujudnya berubah dari gas menjadi cair. Zat yang dapat dipakai sebagai refrigeran harus memiliki struktur kimia, sifat-sifat fisis, dan termodinamis tertentu sehingga dapat digunakan dengan aman dan ekonomis.

### 2.3.1 Kapasitas Air Conditioner

Untuk menentukan kapasitas kondensor pada ruangan terdapa sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan BTU} = (L \times W \times H \times I \times E) / 60 \quad (2.19)$$

Keterangan :

L = Panjang Ruang (dalam feet)

W = Lebar Ruang (dalam feet)

I = Nilai 10 jika ruang berinsulasi (berada di lantai bawah, atau berhimpit dengan ruang lain). Nilai 18 jika ruang tidak berinsulasi (di lantai atas).

H = Tinggi Ruang (dalam feet)

E = Nilai 16 jika dinding terpanjang menghadap utara; nilai 17 jika menghadap timur; Nilai 18 jika menghadap selatan; dan nilai 20 jika menghadap barat.

1 Meter = 3,28 Feet

Kapasitas AC berdasarkan PK:

- $AC \frac{1}{2} PK = \pm 5.000 \text{ BTU/h}$

- AC<sup>3</sup>/<sub>4</sub> PK = ± 7.000 BTU/h
- AC1 PK = ± 9.000 BTU/h
- AC1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> PK = ±12.000 BTU/h
- AC2 PK = ±18.000 BTU/h

*-halaman ini sengaja dikosongkan-*



## **BAB III**

### **PERANCANGAN SISTEM**

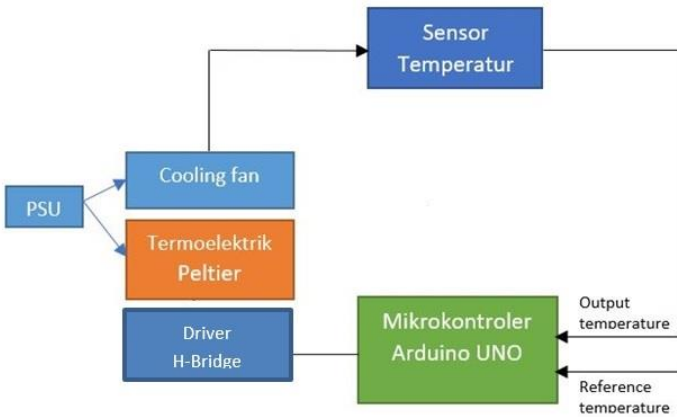
#### **3.1 Diagram Blok Sistem**

Secara umum, sistem terdiri atas perangkat lunak (*software*) sebagai *interface* dan perangkat keras (*hardware*) yang terdiri dari modul *master*, modul *slave* Pada modul master terdapat mikrokontroler Arduino UNO sebagai pemroses kontrol PID dan sensor suhu, serta perlintasan pengiriman data temperatur ke modul slave. Sedangkan modul slave terdapat sensor suhu SHT21. Gambar 3.1 menunjukkan diagram blok dari sistem. Perangkat keras pada sistem adalah sebagai berikut :

- Termoelektrik Peltier  
Pada blok rangkaian ini, Suhu dingin dihasilkan dan dihantarkan oleh air.
- Cooling fan  
Pada blok ini, Suhu dingin di sebarakan.
- Power Supply Unit (PSU)  
PSU ini digunakan untuk menghidupkan Termoelektrik peltier dan cooling fan.
- Mikrokontroler Arduino UNO  
Mikrokontroler Arduino UNO ini berfungsi sebagai proses kontrol PID untuk modul termoelektrik peltier serta komunikasi serial dengan Laptop / PC dan juga Sensor Suhu.
- Sensor SHT21  
Sensor SHT21 ini berada pada modul *slave* yang befungsi sebagai pengukur suhu yang digunakan sebagai feedback untuk kontrol pid.

Sedangkan perangkat lunak dari sistem ini terbagi dua, yaitu :

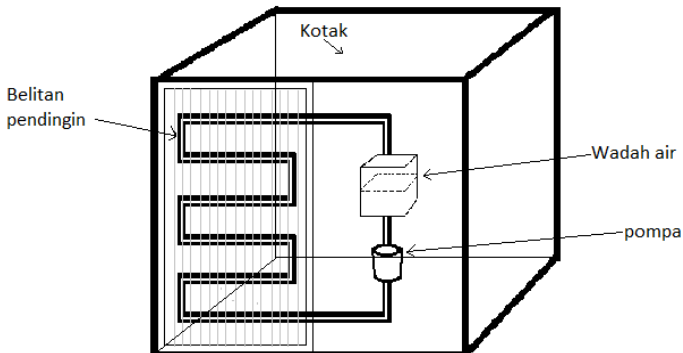
- Perangkat lunak pada mikrokontroler  
Pada mikrokontroler, perangkat lunak yang dirancang berfungsi untuk melakukan proses kontrol PID dan komunikasi serial. Selain itu, blok ini juga digunakan sebagai komunikasi serial I2C dengan sensor suhu.



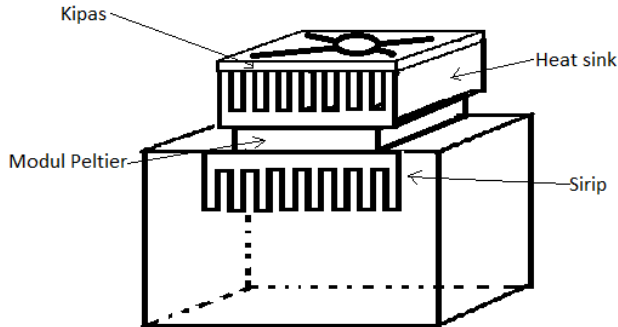
**Gambar 3. 1** Diagram blok sistem

### 3.2 Perancangan Perangkat Mekanik

Perangkat keras dari sistem terdiri dari perangkat-perangkat keras yang berfungsi untuk Mendapatkan data suhu *feedback*, dan mengirimkan hasilnya ke Mikrokontroler agar dapat diolah dengan menggunakan perangkat lunak. Perangkat keras ini berupa termoelektrik peltier, cooling fan, sistem pompa, sensor suhu, PSU, dan mikrokontroler.



**Gambar 3. 2** Sketsa Air conditioner menggunakan modul peltier, ditunjukkan penataan rangkaian pendingin air

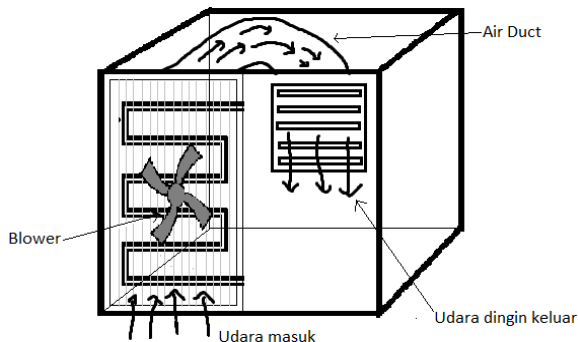


**Gambar 3. 3** Sketsa detail dari wadah air

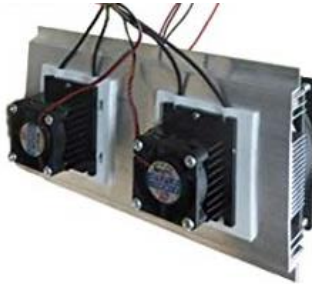
### 3.2.1 Termoelektrik Peltier

Pada Tugas Akhir ini digunakan 2 Termoelektrik Peltier TEC1-12706 seperti gambar 3.5.

Di Indonesia, AC secara umum digunakan sebagai pendingin udara agar udara dalam sebuah ruangan menjadi nyaman (thermal comfort). Sebelum memasang AC untuk sebuah ruangan, hal yang perlu diperhitungkan adalah unit AC yang akan dipasang harus mampu atau memiliki kapasitas yang cukup untuk mendinginkan ruangan tersebut. Oleh karena itu perhitungan beban pendinginan (Cooling Load) perlu dilakukan terlebih dahulu. Ada beberapa metode perhitungan beban pendinginan yang dapat digunakan dari yang paling kasar yaitu aturan jempol (rule of thumb) sampai yang sangat teliti (metode simulasi).

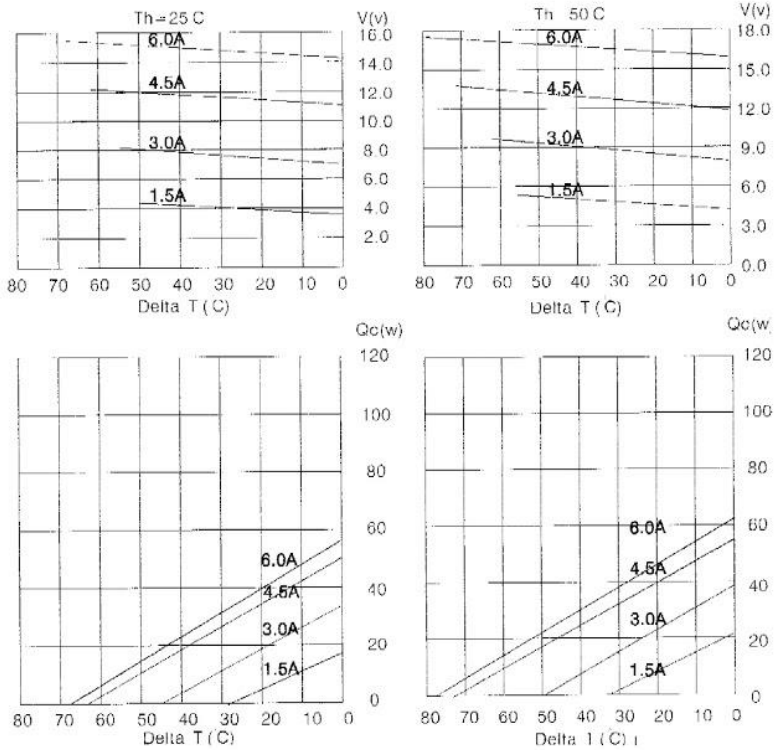


**Gambar 3. 4** Sketsa Air conditioner menggunakan modul peltier, ditunjukkan rangkaian pendingin udara



**Gambar 3. 5** Dua TEC1-12706

Performance curves:



**Gambar 3. 6** Grafik TEC1-12706 pada *datasheet*

Begitu pula jika ingin memanfaatkan modul TEC untuk menggantikan sistem AC konvensional yang umumnya menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap.

Kita atur bahwa asumsi awal temperatur pada sisi panas adalah 50 °C karena biasanya di Indonesia suhu lingkungan berkisar antara 30-35 °C. Oleh karena itu akan sulit sekali suhu sisi panas TEC dibawah suhu lingkungan tersebut. Asumsi selanjutnya yaitu bahwa temperatur sisi dingin adalah sekitar 20 °C karena biasanya temperatur nyaman sebuah ruangan di sekitar 24-26°C sehingga temperatur sisi dingin harus dibawah itu. Dari kondisi tersebut diatas maka dapat dikatakan bahwa selisih temperatur kedua sisi (delta T) adalah 30 °C.

Jika dari ruangnya kita hitung beban pendinginnya,  $1 \times 1 \times 1 \times 5 \times 37 = 185$  Btu/h. Jika 1 Btu/h itu sama dengan 0.293 Watt, maka dibutuhkan memiliki kapasitas sebesar 54.205 Watt termal.

Jika kita bandingkan bahwa kapasitas pendinginan satu buah modul termoelektrik adalah 30 Watt dan unit yang dibutuhkan adalah 54.205 Watt, maka dibutuhkan sekitar 2 buah modul termoelektrik agar memiliki kapasitas cukup.

### 3.2.2 Cooling Fan

Pada Tugas Akhir ini digunakan kipas ID WF-14025 seperti gambar 3.7.

Bagian Cooling fan dirancang untuk menyebarkan suhu dingin yang dihasilkan oleh modul peltier melalui perantara air. Berdasarkan Persamaan dibawah, untuk menghitung kapasitas unit fan digunakan rumus:

$$N = \frac{P \times Q}{R} \quad (3.1)$$

Keterangan:

- N = Jumlah Fan
- P = Ukuran ruangan ; m<sup>3</sup> (Panjang x Lebar x Tinggi)
- Q = Frekuensi pergantian udara per jam (lihat tabel pemilihan Ventilating Fan)
- R = Kemampuan Hembusan Udara per jam (m<sup>3</sup> / jam), lihat spesifikasi setiap model fan.

Dapat dihitung:

- Ukuran ruangan : 0.6m x 0.6m x 0.6m = 0.216m<sup>3</sup> ( P )

- Pergantian udara yang diperlukan per jam : 2 kali (bila kita anggap ruangan uji adalah ruangan kamar tidur) ( Q )
- Jadi Volume udara yang dibutuhkan : (P) x (Q) = 0.216 x 2 = 0.432 m<sup>3</sup>/jam
- Kemampuan Hembusan Udara per jam kipas yang dipakai adalah 76.8 CFM (Cubic Feet Minute) dan bila di konversikan ke CHM menjadi 130.484029 m<sup>3</sup>/jam (R)
- Jadi didapat N= 0.0033107500075737

Jadi unit kipas yang di butuhkan sebenarnya adalah 1 sudah cukup.

**Tabel 3. 1** Tabel pergantian udara

Lokasi	Pergantian Udara Per Jam
<b>Laundry</b>	0 s/d 15
<b>Library</b>	3 s/d 4
<b>Living Room</b>	4 s/d 6
<b>Office</b>	4 s/d 6
<b>Restaurant</b>	10 s/d 15
<b>Shop</b>	8 s/d 15
<b>Toilet</b>	6 s/d 10
<b>Warehouse</b>	3 s/d 6
<b>Bathhouse</b>	6 s/d 10
<b>Bedroom</b>	2 s/d 4
<b>Engine room</b>	15 s/d 30
<b>Factory</b>	8 s/d 10
<b>Garage</b>	6 s/d 10
<b>Kitchen</b>	10 s/d 15



**Gambar 3. 7** Cooling fan ID WF-14025

### 3.2.3 Power Supply Unit (PSU)

Pada Tugas Akhir ini digunakan 1 power supply 12 VDC 15A seperti pada gambar 3.9.

Perhitungan daya yang dibutuhkan untuk power supply dapat diketahui dengan rumus:

$$Arus\ total = I1 + I2 + \dots \quad (3.2)$$

$I1$ ,  $I2$  dan seterusnya adalah arus dari masing-masing alat yang akan diberi daya dari power supply tersebut.

- 2 modul peltier menggunakan 12,8 A total
- 2 fan peltier menggunakan 0,6 A total
- 2 cooling fan menggunakan 0,6 total
- Arus total = 12,8 + 0,6 + 0,6 = 14 A

Oleh karena itu digunakan PSU dengan arus keluaran 15A agar mencukupi yang dibutuhkan.



**Gambar 3. 8** Power Supply Unit 12 VDC 15A

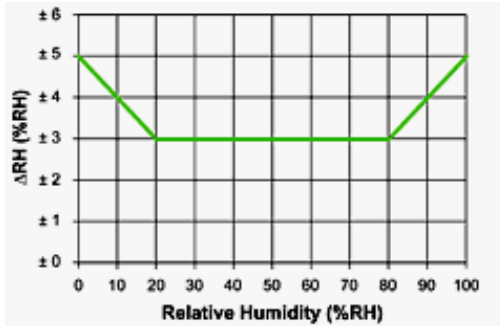
### 3.2.4 Sensor Suhu

Sensor suhu yang dipakai pada tugas akhir ini adalah sensor SHT21 seperti pada gambar 3.14.

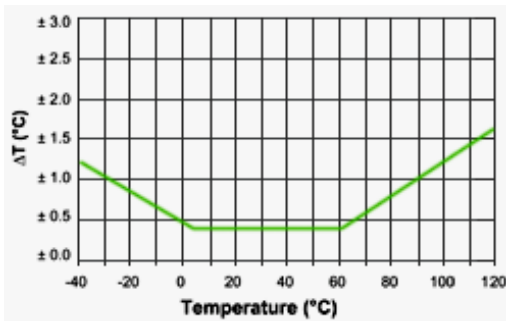
SHT21 merupakan salah satu sensor untuk mengukur suhu dan kelembaban relatif. Adapun spesifikasi SHT21 adalah sebagai berikut:

- Output : I2C digital
- Konsumsi energi : 3.2uW

- RH Jarak operasi : 0 - 100% RH
- T Jarak operasi : -40 - 125 ° C (-40 - 257 ° F)
- Akurasi maksimal batas RH dan suhu:



Gambar 3. 9 Akurasi maksimal RH SHT21



Gambar 3. 10 Akurasi maksimal suhu SHT21

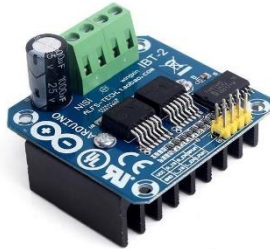


Gambar 3. 11 Modul SHT21



### 3.2.5 Driver H-Bridge

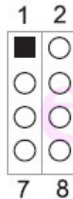
Sensor suhu yang dipakai pada tugas akhir ini adalah IBT 2 seperti pada gambar 3.11.



**Gambar 3. 12** Modul IBT 2

Spesifikasi Driver motor BTS 7960:

- tegangan input 5,5 – 27 Volt DC
- tegangan untuk menjalankan driver 3,3 - 5V DC
- Arus maksimum 43 A

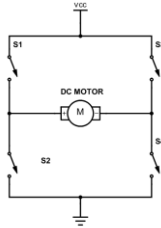


**Gambar 3. 13** Pin IBT 2

Detail Pin:

1. RPWM = Input PWM Forward Level ,Aktif High
2. LPWM = Input PWM Reverse Level ,Aktif High
3. R\_EN = Input Enable Forward Driver, Aktif High
4. L\_EN = Input Enable Reverse Driver, Aktif High
5. R\_IS = Forward Drive ,Side current alarm output
6. L\_IS = Reverse Drive ,Side current alarm output
7. Vcc = +5 V Power Supply Mikrokontroler
8. Gnd = Gnd Power Supply Mikrokontroler

- B+ = Tegangan Input V+ dari battery
- B- = Tegangan Input V- dari battery
- W- = Di hubungkan ke Motor DC (V-)
- W+= Di hubungkan ke Motor DC (V+)

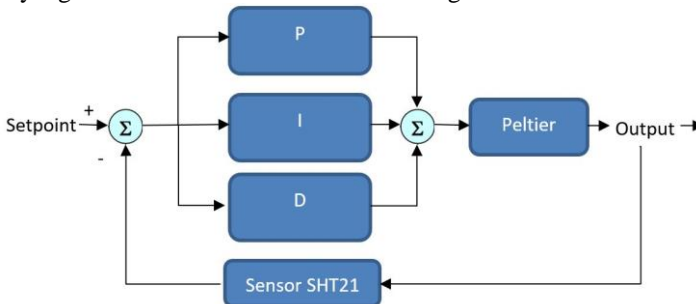


**Gambar 3. 14** H-Bridge sederhana

### 3.3 Perancangan Pengontrolan Peltier

Pengontrolan peltier dilakukan dengan menggunakan komunikasi serial I2C pada mikrokontroler Arduino UNO dan proses kontrol PID. Proses pengontrolan terdiri dari proses close loop antara mikrokontroler-modul peltier- sensor SHT21.

Pada pengambilan data sensor SHT21, data akan ditransfer ke mikrokontroler sebagai feedback untuk menjalankan program PID. Kemudian Program PID tersebut mentukan apakah suhu sudah sesuai target yang ditentukan, bila kelebihan maka peltier akan dikurangi tegangannya sehingga suhu turun, dan bila kekurangan maka peltier akan di tambah tegangannya sehingga suhu naik, begitu seterusnya hingga suhu yang di terima stabil mendekati suhu target.



**Gambar 3. 15** Blok diagram Kontrol PID

## **BAB IV**

### **PENGUJIAN DAN ANALISA**

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil – hasil apa saja yang didapatkan dalam penelitian, dimana desain sistem akan diuji dan dibahas secara menyeluruh. Bab ini akan dibagi menjadi beberapa bagian pembahasan sesuai dengan metode penelitian yang digunakan. Gambar 4.1 merupakan hasil perancangan mekanik *air conditioner*. Sistem yang dirancang akan dilakukan pengujian dan analisa sebagai berikut:

- Pengujian dan analisa Perangkat Keras
  - Pengujian dan analisa termoelektrik peltier
  - Pengujian dan analisa cooling fan
  - Pengujian dan analisa power supply unit
  - Pengujian dan analisa sensor suhu
- Pengujian dan analisa Perangkat Lunak
  - Pengujian dan analisa pengontrol peltier



**Gambar 4. 1** Hasil Perancangan Sistem *Air conditioner*



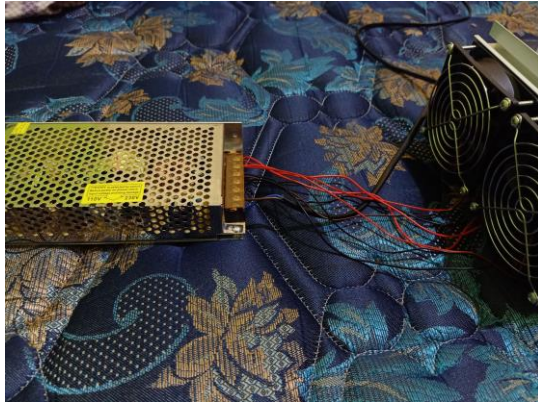
**Gambar 4. 2** Hasil Perancangan kotak eksperimen

#### **4.1 Pengujian dan Analisa Perangkat Keras**

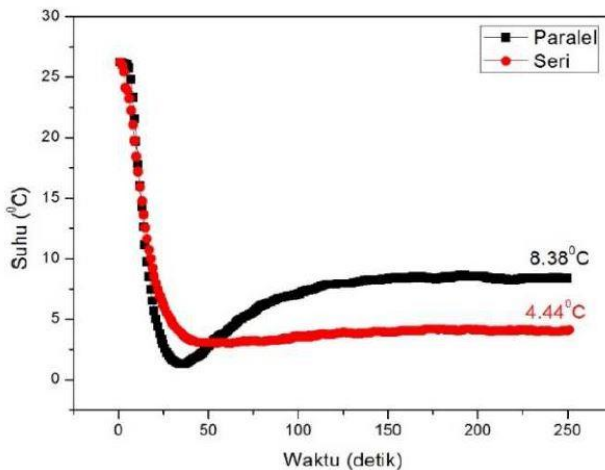
Pengujian dan Analisa Perangkat Keras dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap Termoelektrik peltier, Cooling fan, Power Supply Unit, Sensor Suhu, dan Daya.

##### **4.1.1 Pengujian Dan Analisa Termoelektrik Peltier**

Pengujian dilakukan seperti rangkaian pada Gambar 4.1 dengan menyambungkan modul peltier dengan power supply dan ketika 2 modul peltier dirangkai seri dan paralel. Gambar 4.4 merupakan suhu ketika seri dan paralel



**Gambar 4. 3** Peltier disambungkan ke power supply



**Gambar 4. 4** Suhu ketika suhu seri dan paralel

Pengujian elemen peltier dilakukan dengan paralel memberikan tegangan sebesar 12 V. Hasil pengujian rangkaian paralel dapat mencapai suhu terendah yaitu 1,3°C namun hanya dapat bertahan selama empat detik dan stabil pada suhu 8,3°C sedangkan pengujian rangkaian seri dapat mencapai suhu terendah 3,0°C dan stabil pada suhu 4,4°C. Hal yang menyebabkan suhu pada pengujian rangkaian paralel dapat mencapai

suhu lebih rendah karena tegangan yang mengalir adalah sama dan arus yang mengalir pada rangkaian paralel merupakan total arus dari kedua elemen peltier sehingga dapat bekerja maksimum dan tidak dapat mempertahankan suhu  $1,3^{\circ}\text{C}$  karena pada sisi panas elemen peltier tidak mampu membuang kalor secara maksimal sehingga panas yang berasal dari sisi panas berpindah ke sisi dingin. Sedangkan hal yang menyebabkan rangkaian elemen peltier yang dirangkai seri jauh lebih stabil karena arus yang mengalir adalah sama dan tegangan pada rangkaian paralel adalah total dari tegangan kedua dimana untuk memaksimalkan kinerja elemen peltier yang dibutuhkan adalah arus yang lebih besar. Karena rangkaian paralel belum maksimal pembuangan kalor pada sisi panas maka pengontrolan PID hanya dapat dilakukan pada rangkaian seri.

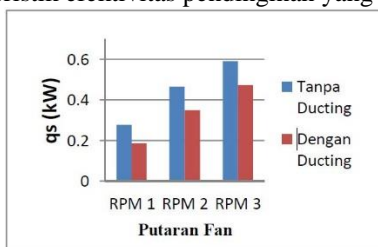
#### 4.1.2 Pengujian Dan Analisa Cooling Fan

Pengujian dilakukan dengan memberikan input tegangan 12 v yang dihasilkan oleh Power Supply.

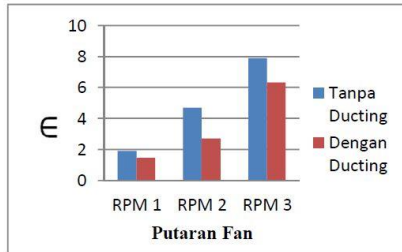
Kapasitas pendinginan merupakan jumlah panas yang mampu diserap suatu media atau mesin pendingin dari medium yang didinginkan. Berikut plot grafik karakteristik kapasitas pendinginan yang dihasilkan.

Grafik dari kapasitas pendinginan ( $q_s$ ) terhadap putaran fan yang digunakan. Dimana dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kapasitas pendinginan seiring dengan meningkatnya putaran fan. Hal ini disebabkan karena putaran rpm fan yang tinggi akan memperbesar laju aliran udara sehingga akan menyebabkan udara dingin yang dihembuskan lebih besar.

Efektivitas pendinginan merupakan rasio penurunan temperatur bola kering yang dihasilkan cooling pad terhadap selisih temperatur bola kering dan temperatur bola basah udara yang memasuki sistem. Berikut plot grafik karakteristik efektivitas pendinginan yang dihasilkan.



**Gambar 4. 5** Grafik hubungan antara putaran fan terhadap kapasitas pendinginan (qs)



**Gambar 4. 6** Grafik hubungan antara putaran fan terhadap efektivitas pendinginan ( $\epsilon$ )

#### 4.1.3 Pengujian Dan Analisa Power Supply Unit

Pengukuran catu daya diperlukan karena catu daya sebagai sumber tegangan yang menyuplai daya ke rangkaian pada alat, catu daya dibutuhkan agar sensor dan mikrokontroler bisa bekerja dengan baik. Pengukuran catu daya dilakukan pada bagian input, proses, dan output. Hal ini bertujuan untuk mengetahui tegangan yang dibutuhkan oleh sensor maupun mikronkontroler. Pengukuran catu daya menggunakan alat ukur multimeter digital.

**Tabel 4. 1** Hasil pengukuran power supply

NO	Pengukuran V in		LM7805		Error %
	Tanpa Beban	Dengan Beban	V out (Asli)	V out (Nilai Terukur)	
1	12	12	5	4,95	1
2	12	12	5	4,95	1
3	12	12	5	4,95	1
4	12	12	5	4,95	1
5	12	12	5	4,95	1

Hasil pengukuran power supply dapat dilihat pada tabel 4.1. Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali. Dari hasil pengukuran didapatkan

nilai selisih 0,05 Volt dari  $v_{in}$  dan  $v_{out}$  nilai terukur. Dilanjutkan dengan rumus mencari perhitungan % *error* adalah:

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Nilai Asli}-\text{Nilai Ukur}}{\text{Nilai Asli}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Perhitungan

$$\% \text{ error} = \frac{5V-4,95V}{5V} \times 100\% \quad (4.2)$$

Hasil perhitungan catu daya yaitu menyuplai tegangan 4,95 volt stabil pada batas 5 volt sesuai daya yang dibutuhkan.

#### 4.1.4 Pengujian Dan Analisa Sensor Suhu

Pengujian tegangan sensor suhu SHT21. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan sensor. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan sensor ketika terjadi perubahan suhu. Pengukuran tegangan sensor menggunakan alat ukur multimeter digital. Hasil pengukuran tegangan keluaran sensor dicatat pada tabel 4.2.

Berdasarkan tabel 4.2 dapat dilihat bahwa pengukuran dilakukan pada saat perubahan suhu, maka didapat tegangan pada sensor tetap. Sehingga dikatakan sensor bekerja secara stabil.

**Tabel 4. 2** Hasil pengujian tegangan sensor suhu SHT21

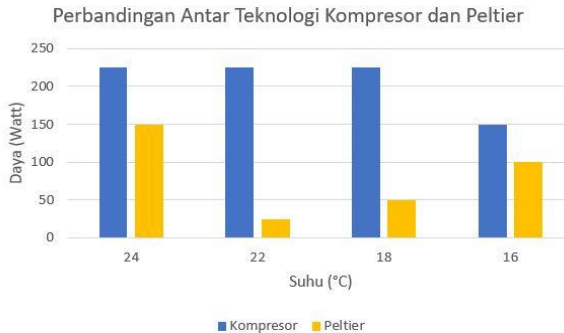
No	Suhu	Output Tegangan (volt)	
		Tanpa Beban	Dengan Beban
1	28,6	4,94	4,87
2	29,0	4,94	4,86
3	30,0	4,94	4,86
4	28,4	4,94	4,86
5	30,4	4,94	4,87

#### 4.1.5 Pengujian Dan Analisa Daya

Dengan Peltier, dibandingkan dengan teknologi kompresor, energi termal sekitar diubah menjadi energi panas, mengkompensasi sepertiga dari energi panas yang diperlukan. Keuntungan utama dari teknologi adalah bahwa hanya energi yang benar-benar diperlukan untuk



menjaga suhu dekat dengan suhu sekitar, kebutuhan energi sangat rendah. Tingkat keefektifan dengan kompresor turun drastis dari titik ini dan seterusnya, sedangkan teknologi Peltier dapat memanfaatkan keunggulannya dalam efisiensi energi dengan potensi penghematan hingga 90%.



**Gambar 4. 7** Perbandingan daya antara teknologi kompresor dan peltier

Elemen peltier berfungsi sebagai pompa dingin. Selama operasi pendinginan, energi kalor diekstraksi dari udara sekitar kotak eksperimen dan diumpankan ke luar. Tidak ada pertukaran udara luar dan dengan demikian bagian dalamnya tidak mengalami dehumidifikasi. Air yang menetes secara fisik dan tak terhindarkan selama proses pendinginan tidak terjadi di dalam ruang, tetapi di luar ruang kerja. Selain itu, kipas terintegrasi memastikan transportasi energi yang cepat dan distribusi suhu yang optimal.

## 4.2 Pengujian dan Analisa Sistem

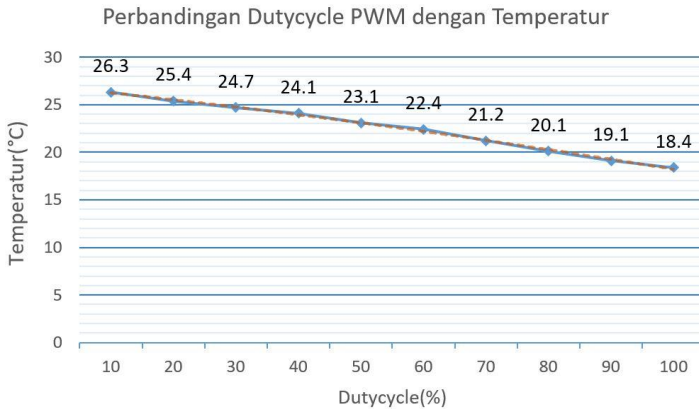
Pada pengujian sistem yaitu dengan menggunakan seluruh perangkat yaitu termoelektrik peltier, mikrokontroler serta sensor suhu.

### 4.2.1 Pengujian dan Analisa Pengontrolan Peltier

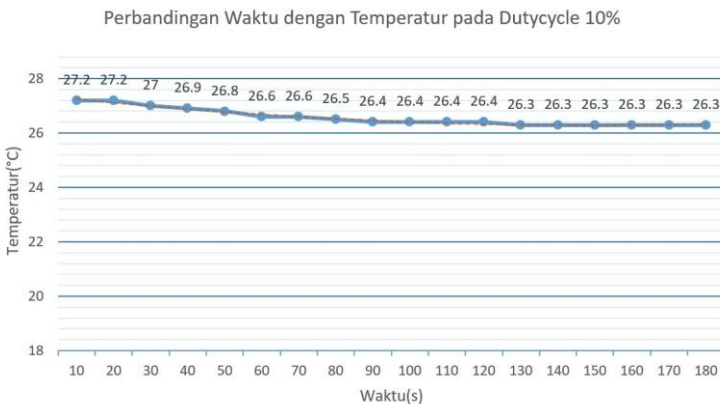
Pada pengujian kontrol peltier dilakukan 3 kali pengujian, yaitu: pengujian ketika sensor diletakan pada heatsink sisi dingin, pengujian ketika sensor diletakan pada depan kipas, dan pengujian ketika sensor diletakan dalam ruang eksperimen, yang setiap pengujiannya dilakukan pengambilan data antara dutycycle PWM dan temperatur serta

pengambilan data konstanta PID dengan temperatur. Untuk mengetahui respon dari pengujian sistem kontrol, pada setiap pengujian variasi konstanta PID diberikan set point yang berbeda-beda, yaitu: 20°C, 26°C, dan 25°C.

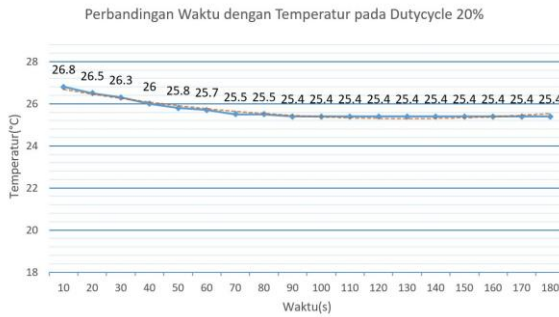
Pada pengujian pertama, dilakukan pengambilan data yaitu pemberian Dutycycle PWM mulai dari 0, 10, 20, 30, hingga 100 persen. Pemberian PWM dilakukan selama 180 detik atau 3 menit. Dengan suhu ruang saat itu sekitar +/-27°C. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.8 – 4.17



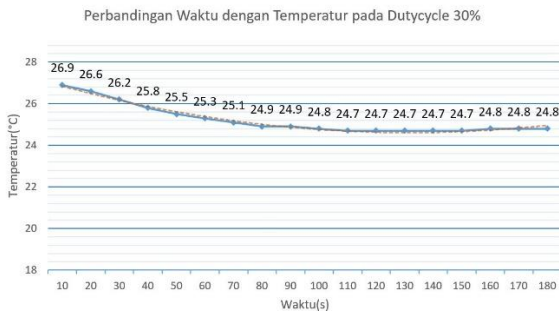
**Gambar 4. 8** Grafik Dutycycle PWM dengan suhu pengujian 1



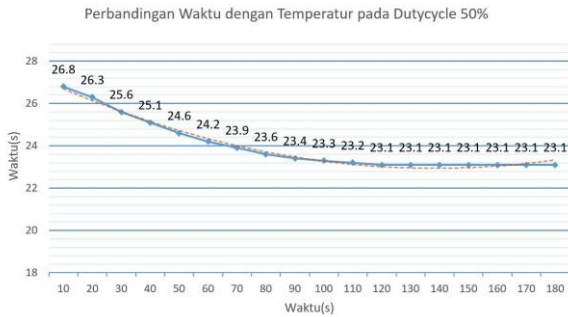
**Gambar 4. 9** Grafik Dutycycle PWM 10% dengan suhu pengujian 1



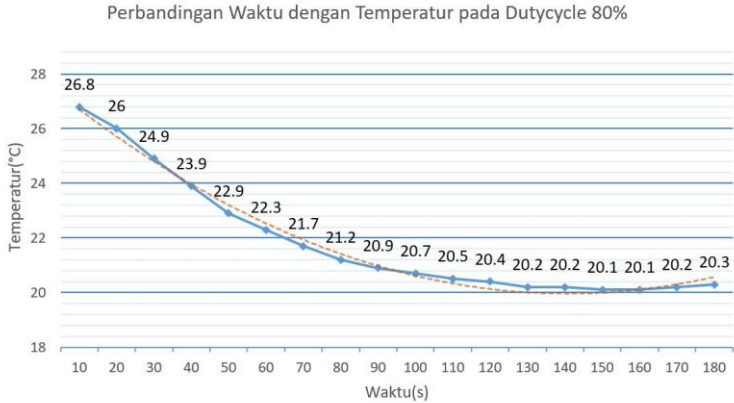
**Gambar 4. 10** Grafik Dutycycle PWM 20% dengan suhu pengujian 1



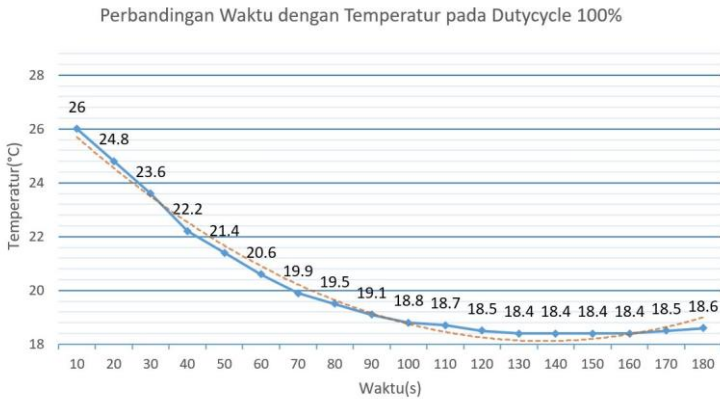
**Gambar 4. 11** Grafik Dutycycle PWM 30% dengan suhu pengujian 1



**Gambar 4. 12** Grafik Dutycycle PWM 50% dengan suhu pengujian 1

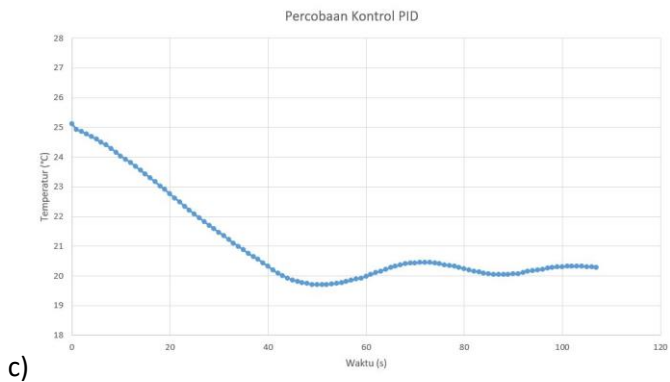
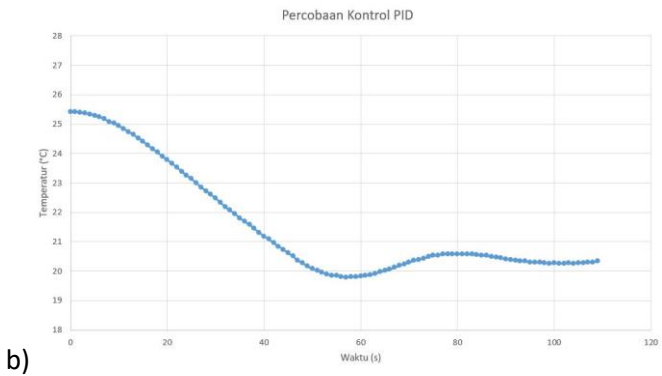
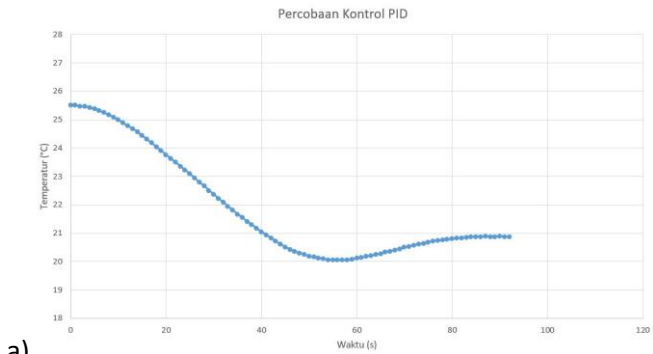


**Gambar 4. 13** Grafik Dutycycle PWM 80% dengan suhu pengujian 1



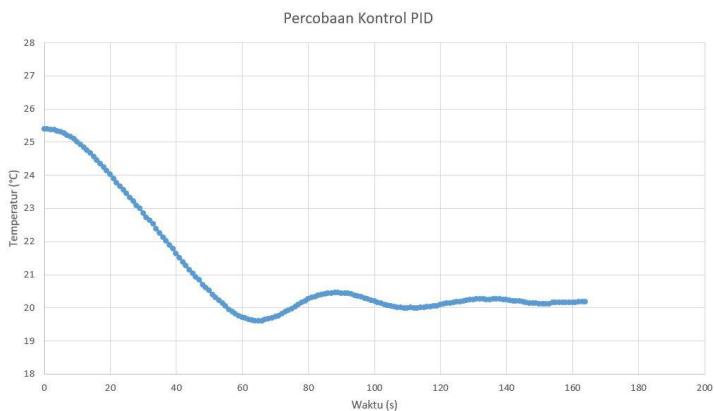
**Gambar 4. 14** Grafik Dutycycle PWM 100% dengan suhu pengujian 1

Dilakukan pula pengambilan data kedua yaitu mengubah-ubah nilai konstanta PID untuk mendapatkan hasil temperatur mendekati setpoint yang telah ditentukan sebelumnya yaitu 20°C.

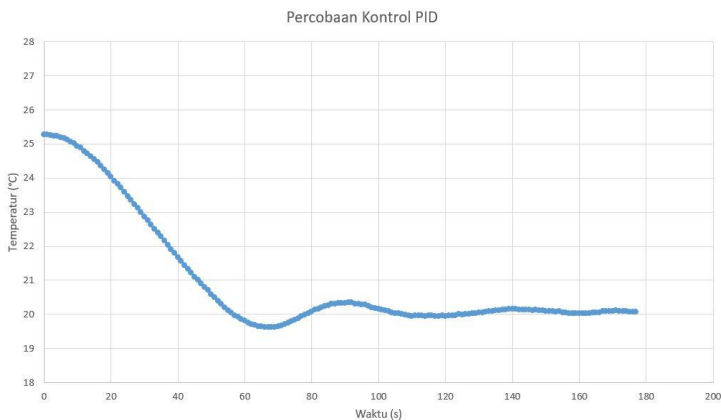


**Gambar 4. 15** Grafik Pengontrolan PID dengan  $K_p$  a) 200, b) 400, dan c) 750 pengujian 1

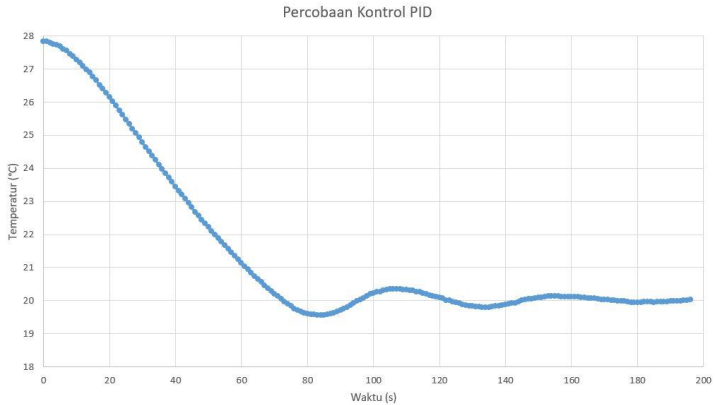
Berdasarkan hasil pengujian pada gambar a, b, dan c pemberian nilai  $K_p$  yang besar akan mempercepat rise time respon naiknya dan pemberian nilai  $K_p$  yang kecil akan mengoreksi kesalahan yang kecil, sehingga menghasilkan respon yang lambat. Dari ketiga hasil pengujian suhu stabil dicapai dalam waktu yang lama dikarenakan sistem kontrol akan berusaha melawan gangguan/ beban untuk mencapai suhu referensi secepat mungkin dan setelah itu sistem akan memperbaiki error. Dari ketiga hasil pengujian  $K_p$  sistem stabil dengan suhu yang tercapai mendekati nilai set point dengan pengaturan nilai  $K_p=400$ .



a)



b)

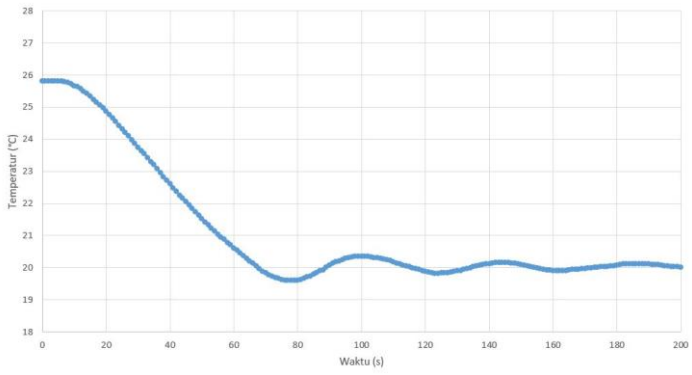


c)

**Gambar 4. 16** Grafik Pengontrolan PID dengan Kp 400, dan Ki a) 2, b) 4, dan c) 3.8 pengujian 1

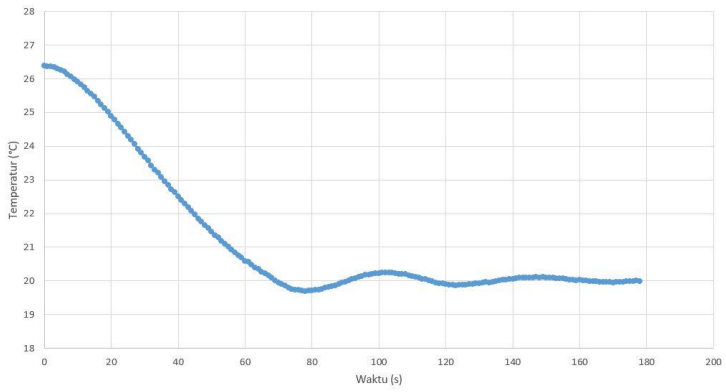
Hasil pengujian variasi nilai Ki pada gambar kontrol Ki memerlukan waktu tertentu, maka perubahan yang terjadi haruslah relatif lambat untuk mencegah terjadinya osilasi. Saat pemberian nilai Ki yang terlalu kecil kontrol Ki tidak bekerja secara optimal sehingga pada a pemberian nilai Ki kecil masih terjadi osilasi dan nilai Ki yang terlalu besar mengakibatkan kecepatan respon berkurang sehingga tidak dapat mencapai setpoint. Nilai pengaturan Ki yang paling baik diperoleh pada nilai Ki=4.

Percobaan Kontrol PID



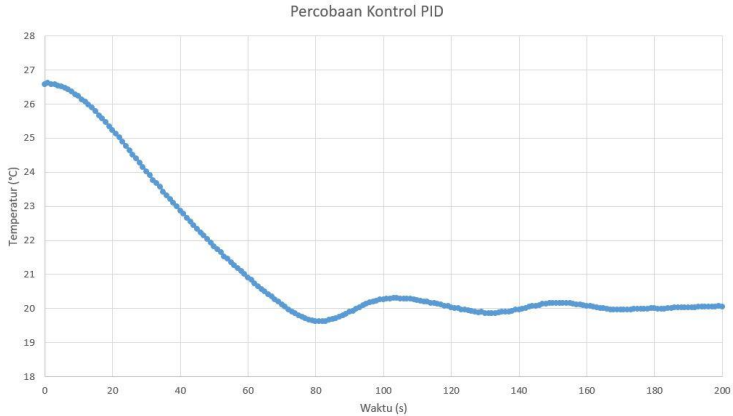
a)

Percobaan Kontrol PID



b)



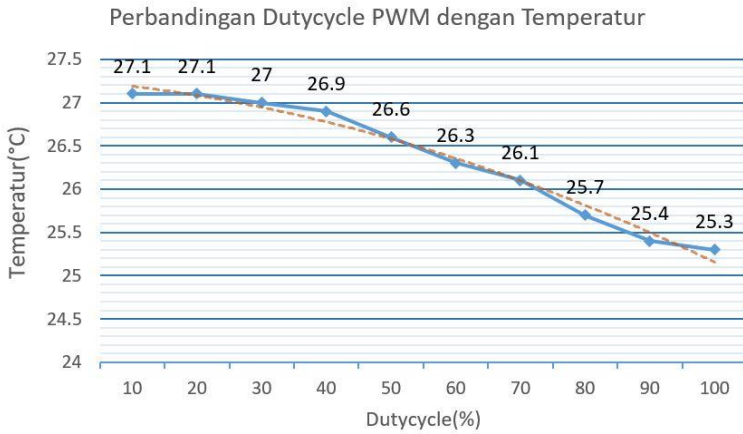


c)

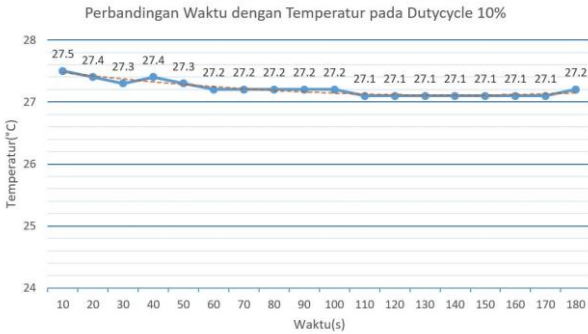
**Gambar 4. 17** Grafik Pengontrolan PID dengan  $K_p$  400,  $K_i$  4, dan  $K_d$  a) 0.2, b) 0.4, dan c) 0.475 pengujian 1

Hasil pengujian dengan variasi  $K_d$  diketahui bahwa pemberian nilai  $K_d$  yang terlalu kecil mengakibatkan sistem memiliki kecepatan respon yang lebih cepat dan kestabilan yang lebih baik dimana tidak terjadi osilasi namun memiliki kesalahan keadaan tunak yang besar. Karena  $K_d$  memberi respon yang lebih baik terhadap perubahan proses yang terjadi secara cepat/berubah terhadap waktu maka saat pemberian nilai  $K_d$  yang terlalu besar tanpa diimbangi dengan pemberian nilai  $K_p$  maka seperti yang ditunjukkan pada grafik pada gambar sistem merespon lebih cepat namun pada saat menuju keadaan stabil dimana sinyal kesalahan mulai konstan. Hasil pengujian variasi  $K_d$  diperoleh nilai parameter yang baik dengan nilai  $K_d=0,4$ .

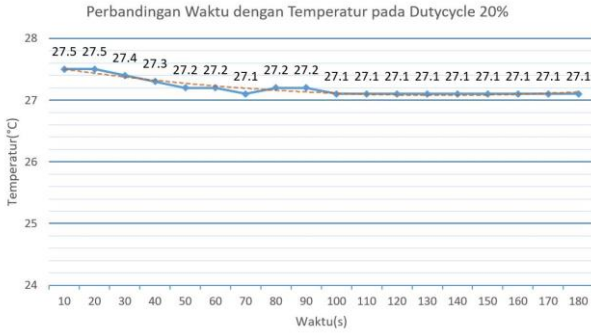
Pada pengujian kedua, dilakukan pengambilan data ketika sensor diletakan didepan kipas, yaitu pemberian Duty cycle PWM mulai dari 0, 10, 20, 30, hingga 100 persen. Pemberian PWM dilakukan selama 180 detik atau 3 menit. Dengan suhu ruang saat itu sekitar  $\pm 27^\circ\text{C}$ . Data hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.18 – 4.27.



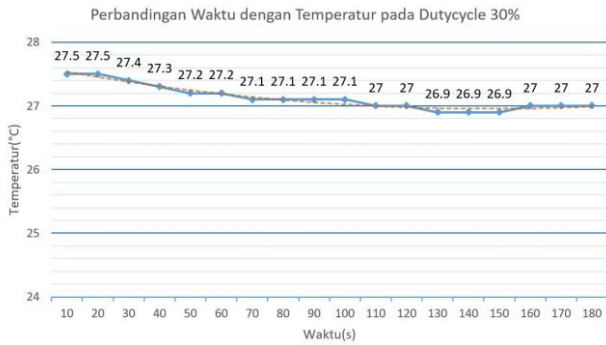
**Gambar 4. 18** Grafik Dutycycle PWM dengan suhu pengujian 2



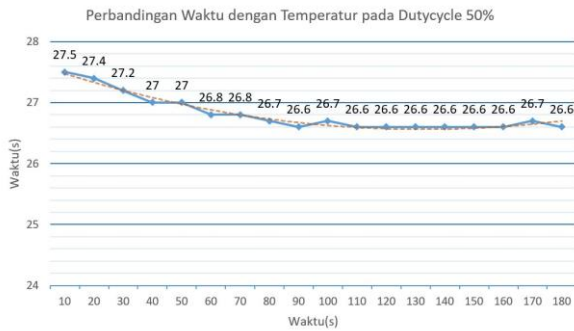
**Gambar 4. 19** Grafik Dutycycle PWM 10% dengan suhu pengujian 2



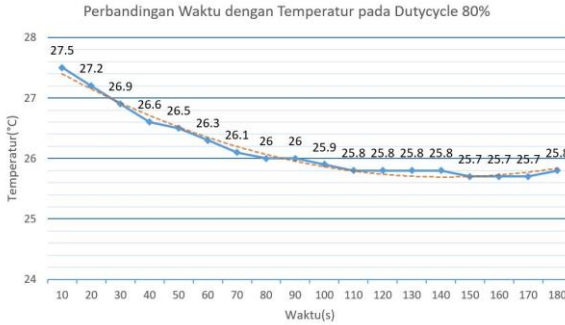
**Gambar 4. 20** Grafik Dutycycle PWM 20% dengan suhu pengujian 2



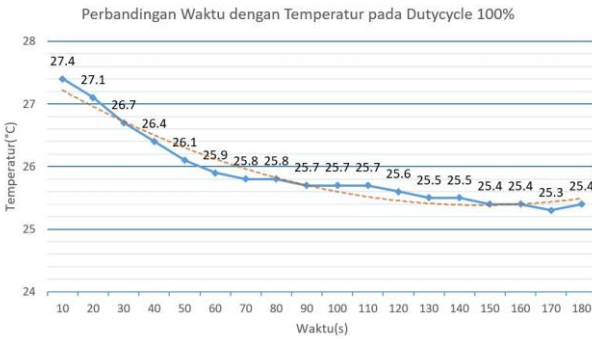
**Gambar 4. 21** Grafik Dutycycle PWM 30% dengan suhu pengujian 2



**Gambar 4. 22** Grafik Dutycycle PWM 50% dengan suhu pengujian 2



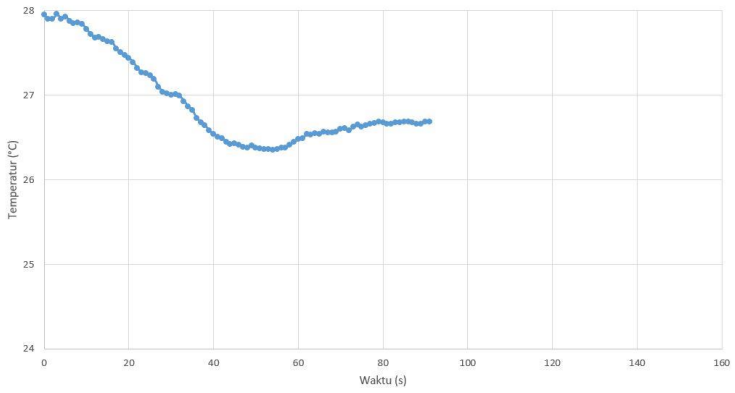
**Gambar 4. 23** Grafik Dutycycle PWM 80% dengan suhu pengujian 2



**Gambar 4. 24** Grafik Dutycycle PWM 100% dengan suhu pengujian 2

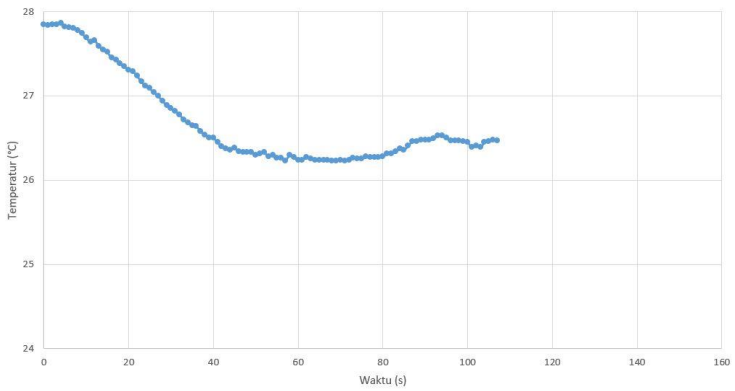
Dilakukan pula pengambilan data kedua yaitu mengubah-ubah nilai konstanta PID untuk mendapatkan hasil temperatur mendekati setpoint yang telah ditentukan sebelumnya yaitu 26°C.

Percobaan Kontrol PID

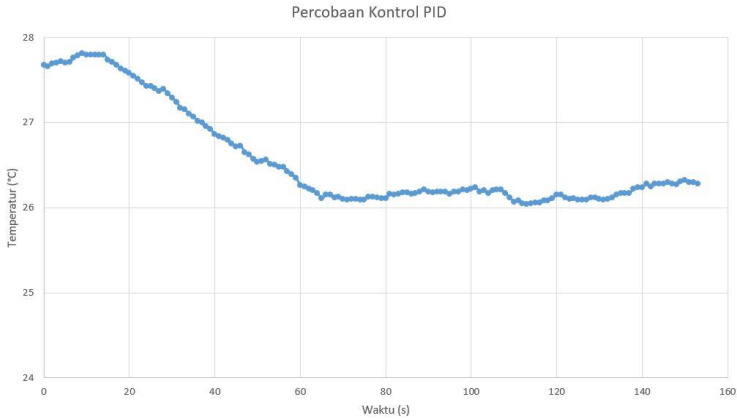


a)

Percobaan Kontrol PID



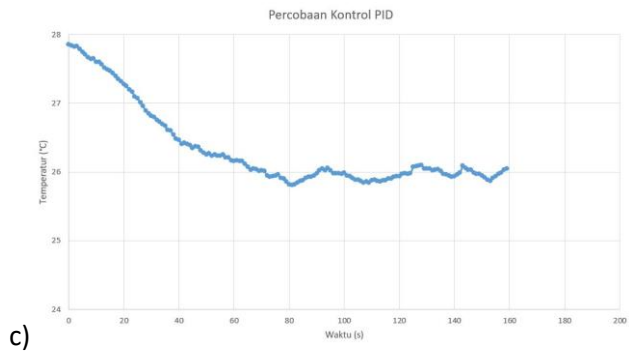
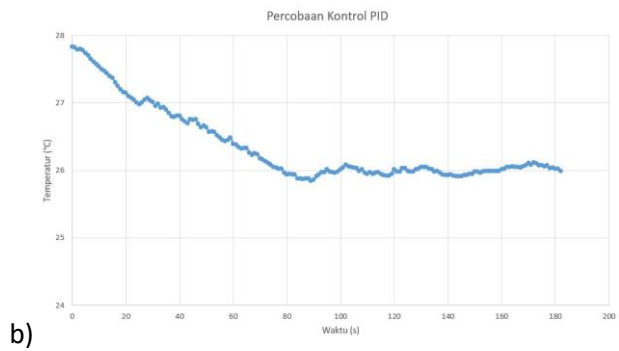
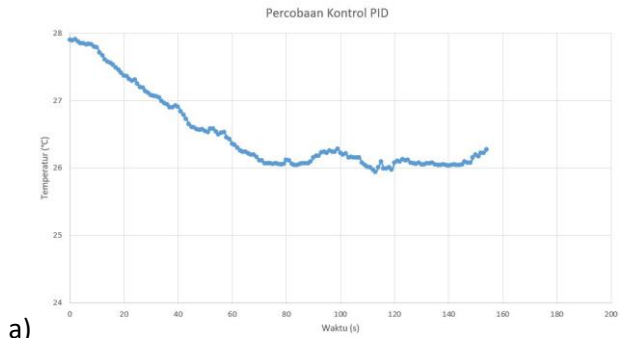
b)



c)

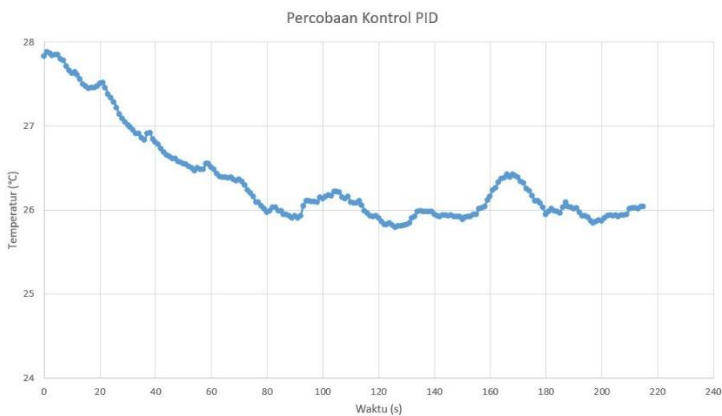
**Gambar 4. 25** Grafik Pengontrolan PID dengan  $K_p$  a) 200, b) 400, dan c) 1100 pengujian 2

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar a, b, dan c pemberian nilai  $K_p$  yang besar akan mempercepat rise time respon naiknya dan pemberian nilai  $K_p$  yang kecil akan mengoreksi kesalahan yang kecil, sehingga menghasilkan respon yang lambat. Dari ketiga hasil pengujian suhu stabil dicapai dalam waktu yang lama dikarenakan sistem kontrol akan berusaha melawan gangguan/ beban untuk mencapai suhu referensi secepat mungkin dan setelah itu sistem akan memperbaiki error. Dari ketiga hasil pengujian  $K_p$  sistem stabil dengan suhu yang tercapai mendekati nilai set point dengan pengaturan nilai  $K_p=1100$ . Pada pengujian ini dibutuhkan nilai  $K_p$  yang jauh lebih besar dibandingkan pengujian sebelumnya, hal ini dikarenakan error yang dihasilkan ketika sensor diletakan di kipas jauh lebih besar dibandingkan ketika sensor diletakan didepan heatsink. Hal ini terjadi karena suhu yang bawa oleh angin tidak semuanya tertangkap oleh sensor dan juga konduktifitas kalor dari heatsink aluminium jauh lebih besar dibandingkan udara.

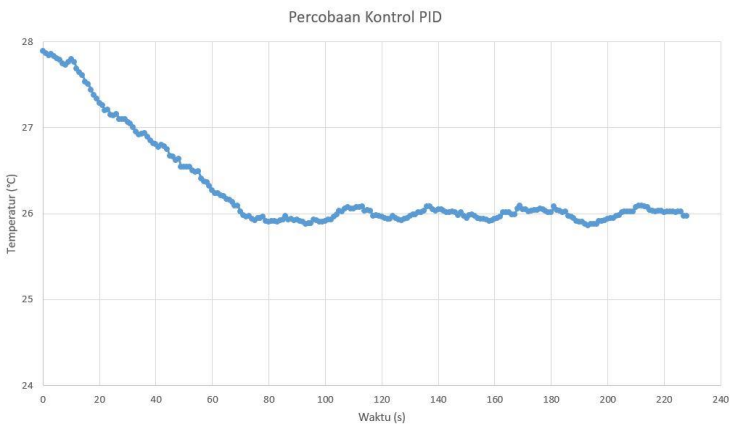


**Gambar 4. 26** Grafik Pengontrolan PID dengan  $K_p$  1100, dan  $K_i$  a) 2, b) 4, dan c) 5 pengujian 2

Hasil pengujian variasi nilai  $K_i$  pada gambar kontrol  $K_i$  memerlukan waktu tertentu, maka perubahan yang terjadi haruslah relatif lambat untuk mencegah terjadinya osilasi. Saat pemberian nilai  $K_i$  yang terlalu kecil kontrol  $K_i$  tidak bekerja secara optimal sehingga pada a pemberian nilai  $K_i$  kecil masih terjadi osilasi dan nilai  $K_i$  yang terlalu besar mengakibatkan kecepatan respon berkurang sehingga tidak dapat mencapai setpoint. Nilai pengaturan  $K_i$  yang paling baik diperoleh pada nilai  $K_i=4$ .

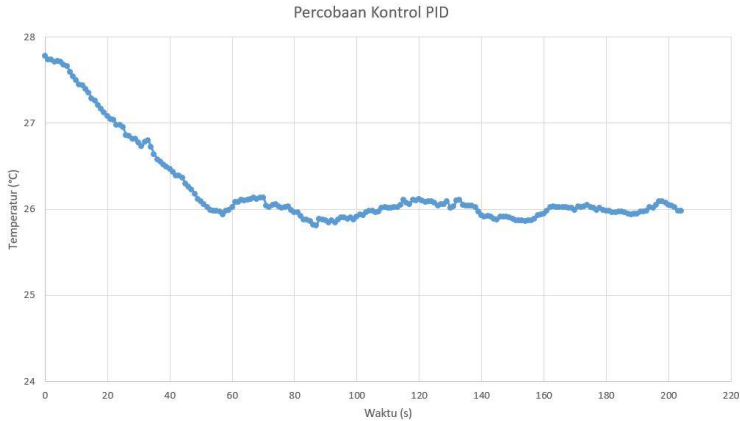


a)



b)



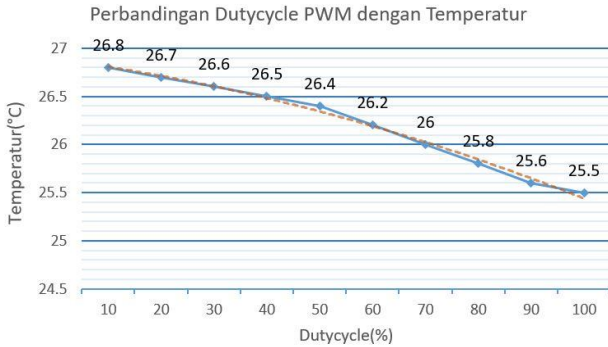


c)

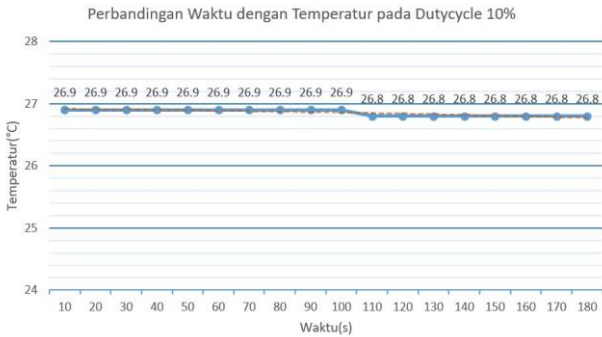
**Gambar 4. 27** Grafik Pengontrolan PID dengan Kp 1100, Ki 4, dan Kd a) 0.2, b) 0.4, dan c) 0.475 pengujian 2

Hasil pengujian dengan variasi Kd diketahui bahwa pemberian nilai Kd yang terlalu kecil mengakibatkan sistem memiliki kecepatan respon yang lebih cepat dan kestabilan yang lebih baik dimana tidak terjadi osilasi namun memiliki kesalahan keadaan tunak yang besar. Karena Kd memberi respon yang lebih baik terhadap perubahan proses yang terjadi secara cepat/berubah terhadap waktu maka saat pemberian nilai Kd yang terlalu besar tanpa diimbangi dengan pemberian nilai Kp maka seperti yang ditunjukkan pada grafik pada gambar sistem merespon lebih cepat namun pada saat menuju keadaan stabil dimana sinyal kesalahan mulai konstan. Hasil pengujian variasi Kd diperoleh nilai parameter yang baik dengan nilai  $Kd=0,4$ .

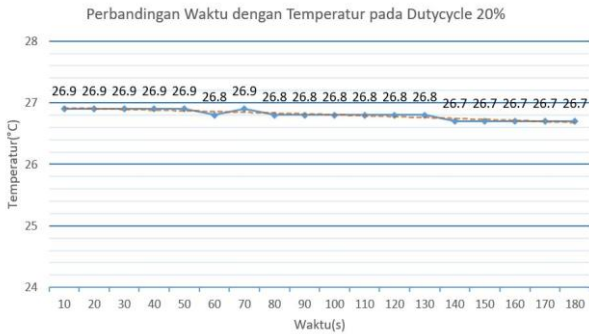
Pada pengujian ketiga, dilakukan pengambilan data ketika sensor diletakan dalam ruang eksperimen, yaitu pemberian Dutycycle PWM mulai dari 0, 10, 20, 30, hingga 100 persen. Pemberian PWM dilakukan selama 180 detik atau 3 menit. Dengan suhu ruang saat itu sekitar  $\pm 26.9^{\circ}\text{C}$ . Data hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.28-4.37.



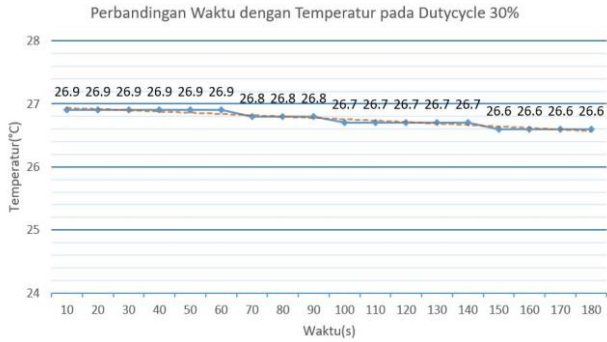
**Gambar 4. 28** Grafik DutyCycle PWM dengan suhu pengujian 3



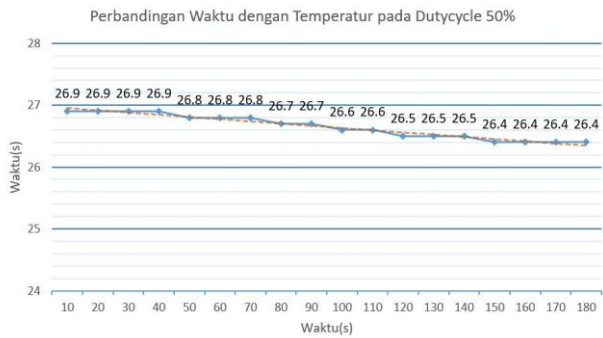
**Gambar 4. 29** Grafik DutyCycle PWM 10% dengan suhu pengujian 3



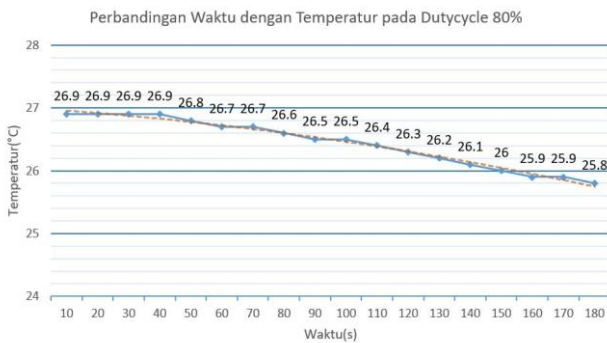
**Gambar 4. 30** Grafik DutyCycle PWM 20% dengan suhu pengujian 3



**Gambar 4. 31** Grafik Dutycycle PWM 50% dengan suhu pengujian 3



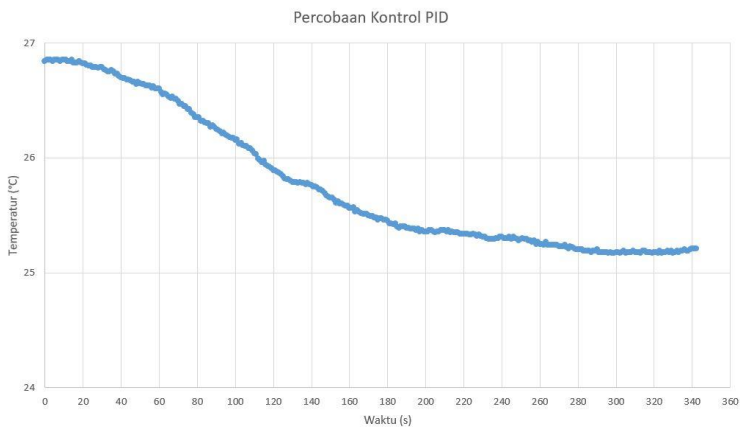
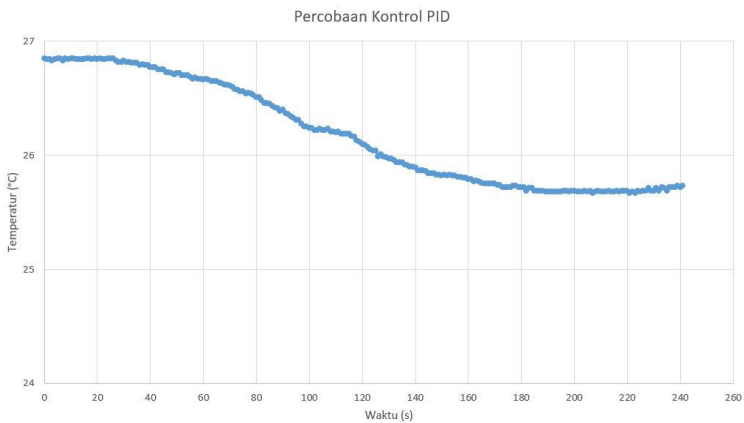
**Gambar 4. 32** Grafik Dutycycle PWM 80% dengan suhu pengujian 3



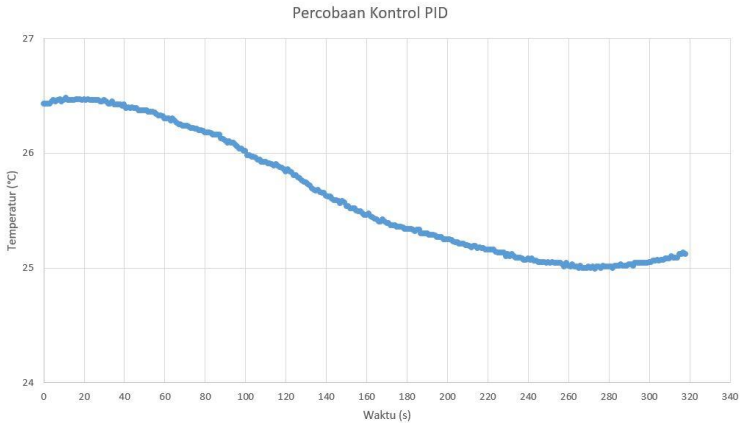
**Gambar 4. 33** Grafik Dutycycle PWM 100% dengan suhu pengujian 3

Dilakukan pula pengambilan data kedua yaitu mengubah-ubah nilai konstanta PID untuk mendapatkan hasil temperatur mendekati setpoint yang telah ditentukan sebelumnya yaitu 25°C.

a)



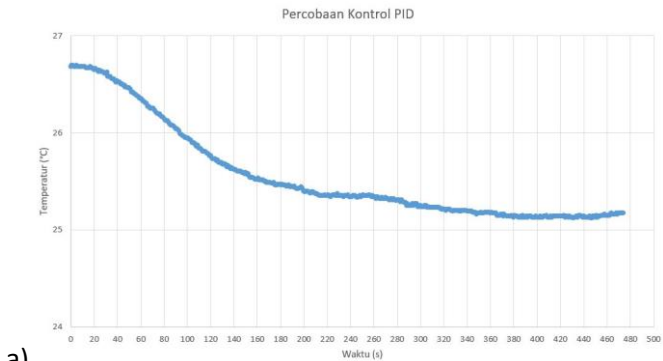
b)



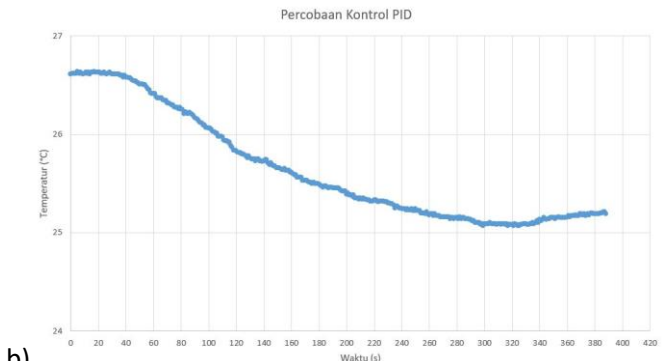
c)

**Gambar 4. 34** Grafik Pengontrolan PID dengan  $K_p$  a) 200, b) 4000, dan c) 15000 pengujian 3

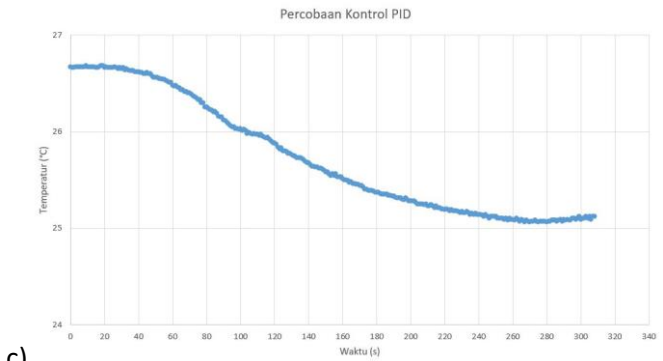
Berdasarkan hasil pengujian pada gambar a, b, dan c pemberian nilai  $K_p$  yang besar akan mempercepat rise time respon naiknya dan pemberian nilai  $K_p$  yang kecil akan mengoreksi kesalahan yang kecil, sehingga menghasilkan respon yang lambat. Dari ketiga hasil pengujian suhu stabil dicapai dalam waktu yang lama dikarenakan sistem kontrol akan berusaha melawan gangguan/ beban untuk mencapai suhu referensi secepat mungkin dan setelah itu sistem akan memperbaiki error. Dari ketiga hasil pengujian  $K_p$  sistem stabil dengan suhu yang tercapai mendekati nilai set point dengan pengaturan nilai  $K_p=1100$ . Pada pengujian ini dibutuhkan nilai  $K_p$  yang jauh lebih besar dibandingkan pengujian sebelumnya, hal ini dikarenakan error yang dihasilkan ketika sensor diletakan di dalam kotak eksperimen jauh lebih besar dibandingkan ketika sensor diletakan di depan kipas atau di heatsink. Hal ini terjadi karena kotak eksperimen terlalu besar maka kipas kurang kuat untuk menyebarkan suhu dingin tersebut.



a)



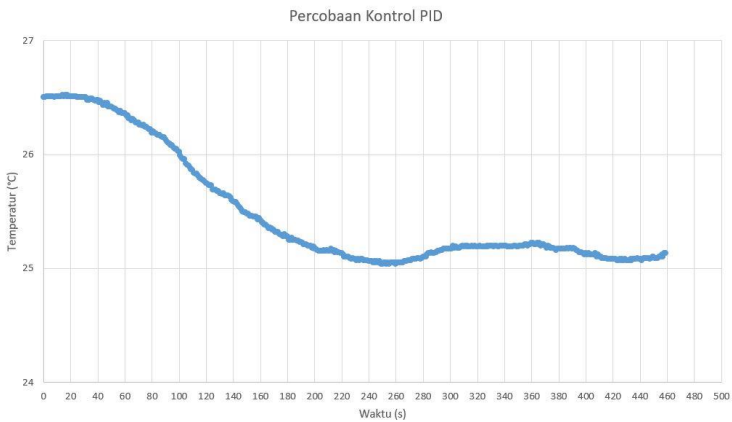
b)



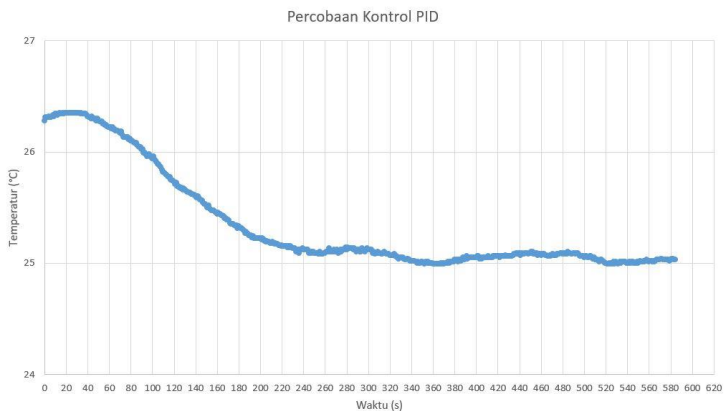
c)

**Gambar 4. 35** Grafik Pengontrolan PID dengan  $K_p$  15000, dan  $K_i$  a) 1, b) 3, dan c) 4 pengujian 3

Hasil pengujian variasi nilai  $K_i$  pada gambar kontrol  $K_i$  memerlukan waktu tertentu, maka perubahan yang terjadi haruslah relatif lambat untuk mencegah terjadinya osilasi. Saat pemberian nilai  $K_i$  yang terlalu kecil kontrol  $K_i$  tidak bekerja secara optimal sehingga pada a pemberian nilai  $K_i$  kecil masih terjadi osilasi dan nilai  $K_i$  yang terlalu besar mengakibatkan kecepatan respon berkurang sehingga tidak dapat mencapai setpoint. Nilai pengaturan  $K_i$  yang paling baik diperoleh pada nilai  $K_i=4$ .

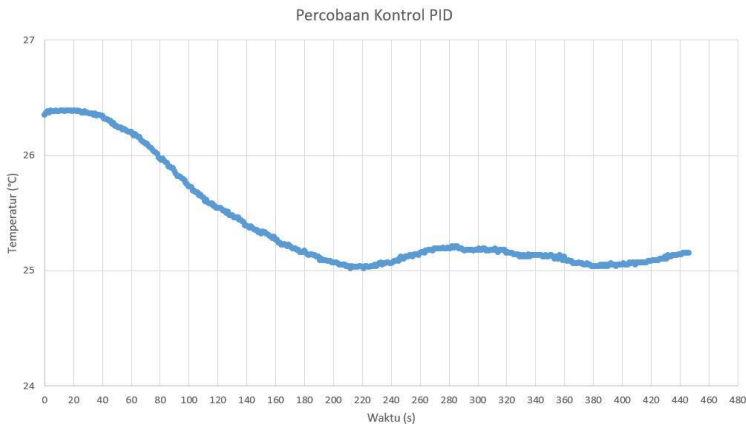


a)



b)

c)



**Gambar 4. 36** Grafik Pengontrolan PID dengan  $K_p$  15000,  $K_i$  4, dan  $K_d$  a) 0.3, b) 0.4, dan c) 1 pengujian 3

Hasil pengujian dengan variasi  $K_d$  diketahui bahwa pemberian nilai  $K_d$  yang terlalu kecil mengakibatkan sistem memiliki kecepatan respon yang lebih cepat dan kestabilan yang lebih baik dimana tidak terjadi osilasi namun memiliki kesalahan keadaan tunak yang besar. Karena  $K_d$  memberi respon yang lebih baik terhadap perubahan proses yang terjadi secara cepat/berubah terhadap waktu maka saat pemberian nilai  $K_d$  yang terlalu besar tanpa diimbangi dengan pemberian nilai  $K_p$  maka seperti yang ditunjukkan pada grafik pada gambar sistem merespon lebih cepat namun pada saat menuju keadaan stabil dimana sinyal kesalahan mulai konstan. Hasil pengujian variasi  $K_d$  diperoleh nilai parameter yang baik dengan nilai  $K_d=0,4$ .



*-halaman ini sengaja dikosongkan-*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Pada tugas akhir ini telah dirancang dan dibuat alat *Air conditioner* menggunakan termoelektrik peltier dan kontrol PID. Sistem ini terdiri dari Mikrokontroler Arduino Uno yang akan memberikan sinyal PWM ke Driver H-Bridge IBT 2 yang kemudian di sampaikan ke modul Termoelektrik Peltier TEC1-12706 yang akan menghasilkan suhu dingin, kemudian data suhu tersebut di tangkap sensor SHT21 yang akan mengirimkan kembali data tersebut ke mikrokontroler sebagai feedback. Berdasarkan perancangan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu: modul peltier dapat dikontrol dengan program PID yang terdapat pada mikrokontroler, cooling fan dapat menyebarkan udara dingin sesuai harapan, program PID yang dirancang sudah dapat mengolah feedback yang diterima dari sensor SHT21, fan keluaran suhu panas sudah dapat keluar dari *air conditioner*, sensor suhu yang di rancang juga sudah dikalibrasi dan juga sudah dapat diolah pada mikrokontroler, terdapat Power Supply yang menjadi sumber untuk modul peltier dan cooling fan, secara keseluruhan sistem yang dirancang sudah dapat mengolah data feedback yang diterima dengan baik, suhu yang dihasilkan sudah mendekati setpoin yaitu 20°C, 26°C, dan 25°C.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya ialah menggunakan medium lain pengganti air seperti nitrogen, sehingga dapat lebih efektif menghantarkan suhu dingin. Sistem *air conditoning* yang dirancang harus dimodifikasi lagi untuk dapat lebih cepat memberikan feedback, contohnya menggunakan kontroler PID manual yang terpisah. Dapat dipasang pengarah udara agar udara dapat diarahkan ke posisi yang diinginkan. Fleksibilitas hardware juga sebaiknya ditingkankan dengan mengkomunikasikan dengan bluetooth atau wirelees agar perangkat *air conditioning* dapat dengan mudah di integrasikan. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan tanpa medium apapun.

*-halaman ini sengaja dikosongkan-*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ronald, Umboh, "Perancangan Alat Pendinginan Portable Menggunakan Elemen Peltier", Manado, 2012
- [2] Hodes, M, "Optimal Pellet Geometries for Thermoelectric Refrigeration," IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, vol. 30, issue 1, pp. 50-58, 2007.
- [3] Azridjal Aziz, "Aplikasi Modul Pendingin Termoelektrik Sebagai Media Pendingin Kotak Minuman," ResearchGate, 2015.
- [4] Fukutani, K., Shakouri, Ali, "Design of Bulk Thermoelectric Modules for Integrated Circuit Thermal Management," IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, vol. 29, issue 4, pp. 750-757, 2006.
- [5] Yi-Hsiang Cheng, Wei-Keng Lin, "Geometric optimization of thermoelectric coolers in a confined volume using genetic algorithms," Applied Thermal Engineering, vol. 25, issue 17-18, pp 2983-2997, 2005
- [6] M D Kamrul Russel, "A Hybrid Thermoelectric Cooler Thermal Management System For Electronic Packaging," Master of Applied Science Thesis, McMaster University, Ontario, Canada, 2011.
- [7] Hebei I.T Co., LTd., " Thermoelectric Cooler TEC1-12706," Shanghai, 2017.
- [8] . Rama Venkatasubramanian, Edward Siivola, Thomas Colpitts & Brooks O'Quinn, "Thin-film thermoelectric devices with high room-temperature figures of merit," Nature, vol. 413, pp 597-602 , 2001.
- [9] Bansal P. K. and Martin A., "Comparative study of vapour compression, thermoelectric and absorption refrigerators,"

International Journal of Energy Research, vol. 24, pp 93-107, 2000.

- [10] Chein, R. and Huang, G., "Thermoelectric Cooler Application in Electronic Cooling," Applied Thermal Engineering, Vol. 24, pp. 207-2217, 2004
- [11] Rowe, D., "CRC Handbook of Thermoelectrics," CRC press, Inc., 1995.
- [12] Gierscheck, J. and Johnson, D., "Latest Developments in Thermoelectrically Enhanced Heat Sinks," ElectronicsCooling, Vol. 11, No. 3, August 2005.
- [13] R. Simons, "Effect of Improved Thermoelectric ZTs on Electronic Coolability," in ElectronicsCooling Vol. 6, No. 2, 2000.
- [14] R. Simons, "Effect of Improved Thermoelectric ZTs on Electronic Module Coolability," in ElectronicsCooling, Vol. 12, No. 4, 2006.
- [15] Araki M, "PID Control," Encyclopedia of Life Support Systems, Kyoto University, Japan.
- [16] Franklin, G. F., Emami-Naeini, A., and Powell, J. D., " Feedback Control of Dynamic Systems. 3rd," pp 185, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. ISBN 0201527472, 1993.
- [17] Goodwin, G. C., Graebe, S. F., and Salgado, M. E., " Control System Design. 1st," pp 160, Prentice Hall PTR. ISBN 0139586539, 2000.
- [18] Sensirion, "Datasheet SHT21," Sensirion The Sensor Company, p. 1, 2011.

- [19] Sensirion, "Datasheet SHT21," Sensirion The Sensor Company, p. 2, 2011.

*-halaman ini sengaja dikosongkan-*

## LAMPIRAN

### PROGRAM MIKROKONTROLER

```
#include <DFRobot_SHT20.h>
#include <hd44780.h>
#include <hd44780ioClass/hd44780_I2Cexp.h>

DFRobot_SHT20  sht20;
//Pin
int RPWM=5;
int LPWM=9;
int L_EN=8;
int R_EN=7;
int RPWM2=6;
int LPWM2=3;
int L_EN2=11;
int R_EN2=10;
int inSwitch = 2;
int reading;

//Variabel
float baca_temperatur = 0.0;
float temperatur_setpoin = 0;
float PID_error = 0;
float error_sebelum = 0;
float waktuTempuh, waktu, waktuSebelum;
float PID_nilai = 0;
float error_integral =0;
int deg = 25;

//Konstanta PID
int kp = 15000;    int ki = 4;  int kd = 0.4;
int PID_p = 0;   int PID_i = 0;  int PID_d = 0.3;

hd44780_I2Cexp lcd;

// LCD geometry
const int LCD_COLS = 16;
```



```

const int LCD_ROWS = 2;

void setPWMfrequency(int freq){
  TCCR1B = TCCR2B & 0b11111000 | freq ;
  TCCR2B = TCCR2B & 0b11111000 | freq ;
}
void setPWMfrequencyB(int freqB){
  TCCR1B = TCCR2B & 0b11111000 | freqB ;
  TCCR2B = TCCR2B & 0b11111000 | freqB ;
}

void MotorActiveStatus(char Side,boolean s){
  boolean state=s;
  if(Side=='A'){
    digitalWrite(R_EN,s);
  }
  if(Side=='B'){
    digitalWrite(L_EN,s);
  }
}
void MotorActiveStatusB(char SideB,boolean sB){
  boolean state2=sB;
  if(SideB=='C'){
    digitalWrite(R_EN2,sB);
  }
  if(SideB=='D'){
    digitalWrite(L_EN2,sB);
  }
}

void setMotor(char side,byte pwm){
  if(side=='A'){
    analogWrite(RPWM,pwm);
  }
  if(side=='B'){
    analogWrite(LPWM,pwm);
  }
}

```

```

void setMotorB(char sideB,byte pwmB){
  if(sideB=='C'){
    analogWrite(RPWM2,pwmB);
  }
  if(sideB=='D'){
    analogWrite(LPWM2,pwmB);
  }
}

```

```

void closeMotor(char side){
  if(side=='A'){
    digitalWrite(RPWM,LOW);
  }
  if(side=='B'){
    digitalWrite(LPWM,LOW);
  }
}

```

```

void closeMotorB(char sideB){
  if(sideB=='C'){
    digitalWrite(RPWM2,LOW);
  }
  if(sideB=='D'){
    digitalWrite(LPWM2,LOW);
  }
}

```

```

void setup() {

```

```

  setPWmfrequency(0x02);// timer 1 atau 2 , 3.92KHz // ngatur
frekuensi pwmnya
  setPWmfrequency(0x02);// timer 1 atau 2 , 3.92KHz // ngatur
frekuensi pwmnya
  pinMode(L_EN, OUTPUT);
  pinMode(R_EN, OUTPUT);
  pinMode(L_EN2, OUTPUT);
  pinMode(R_EN2, OUTPUT);
  digitalWrite(L_EN, LOW);
  digitalWrite(R_EN, LOW);

```

```

digitalWrite(L_EN2, LOW);
digitalWrite(R_EN2, LOW);
MotorActiveStatus('A',true);
MotorActiveStatus('B',true);
MotorActiveStatusB('C',true);
MotorActiveStatusB('D',true);

Serial.begin(9600);
pinMode(inSwitch, INPUT);
waktu = millis();
int status;
status = lcd.begin(LCD_COLS, LCD_ROWS);
sht20.initSHT20();
delay(100);
sht20.checkSHT20();
}

void loop() {

  reading = digitalRead(inSwitch);
  if (reading == HIGH){
    temperatur_setpoin = deg;
  }
  if (reading == LOW){
    temperatur_setpoin = 0;

  }
  //Baca temperatur asli
  baca_temperatur = sht20.readTemperature();

  //Error antara setpoin dan nilai asli
  PID_error = baca_temperatur - temperatur_setpoin;

  //Nilai P
  PID_p = kp * PID_error;

  //Nilai I
  error_integral = error_integral + PID_error;

```

```

if (error_integral > 50) {
    error_integral = 50;
}
if (error_integral < -50){
    error_integral = -50;
}
PID_i = ki * error_integral;

//Nilai D

waktu = millis();
waktuSebelum = waktu;
waktuTempuh = (waktu - waktuSebelum) / 1000;
PID_d = kd * ((PID_error - error_sebelum)/waktuTempuh);

//Nilai PID
PID_nilai = PID_p + PID_i + PID_d;

if(PID_nilai < 0){
    PID_nilai = 0;
}
if(PID_nilai > 255){
    PID_nilai = 255;
}
if(temperatur_setpoin >= 1){
    setMotor('A',PID_nilai);
    setMotorB('C',PID_nilai);
}
if(temperatur_setpoin <= 0){
    closeMotor('A');
    closeMotorB('C');
}

//Menyimpan error untuk loop selanjutnya
error_sebelum = PID_error;

//print serial
delay(930);
Serial.print("S: ");

```

```
Serial.print(temperatur_setpoin);  
lcd.setCursor ( 0, 0 );  
lcd.print("S: ");  
lcd.print(temperatur_setpoin,1);  
lcd.print((char) 223);  
lcd.print("C");  
Serial.print(" ");  
Serial.print("T: ");  
Serial.println(baca_temperatur);  
lcd.setCursor ( 0, 1 );  
lcd.print ("T: ");  
lcd.print (baca_temperatur,1);  
lcd.print((char) 223);  
lcd.print("C");  
  
}
```



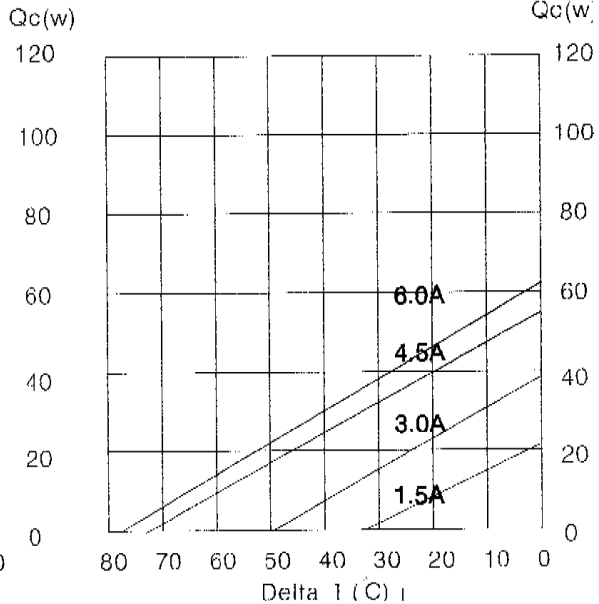
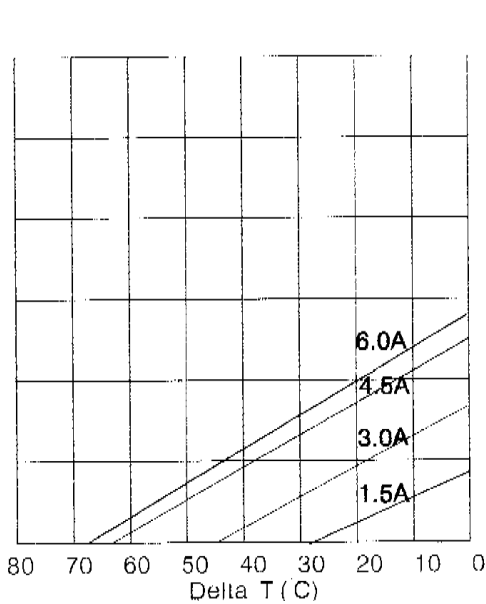
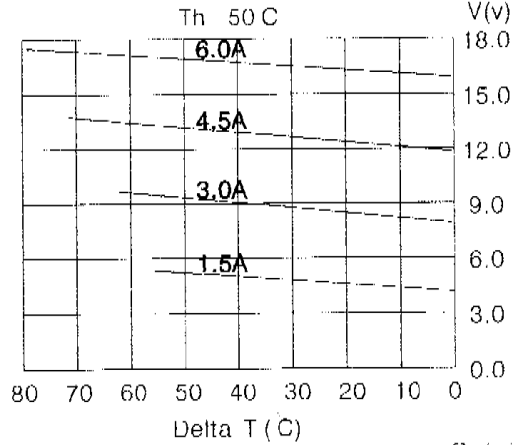
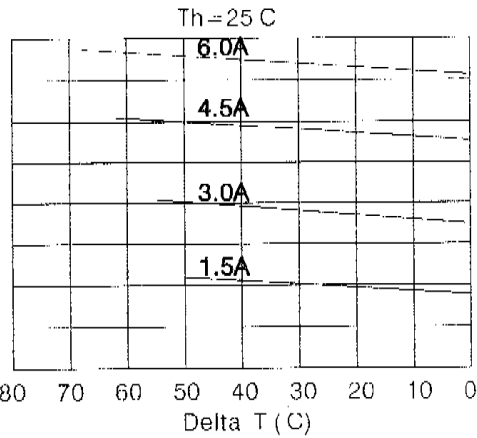
**Performance Specifications**

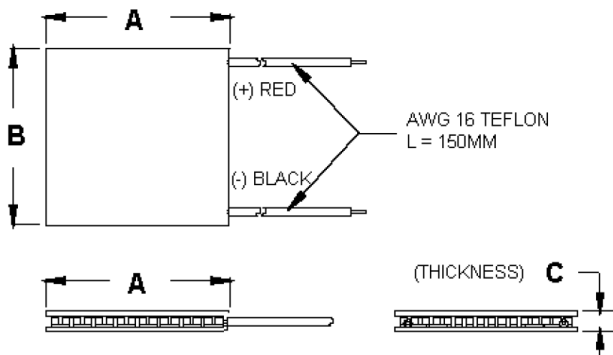
Hot Side Temperature (° C)	25° C	50° C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (° C)	66	75
I <sub>max</sub> (Amps)	6.4	6.4
V <sub>max</sub> (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30





Performance curves:





Ceramic Material: Alumina ( $Al_2O_3$ )  
 Solder Construction: 138°C, Bismuth Tin (BiSn)

**Size table:**

A	B	C			
40	40	3.9			

**Operating Tips**

- Max. Operating Temperature: 138°C
- Do not exceed  $I_{max}$  or  $V_{max}$  when operating module.
- Life expectancy: 200,000 hours
- Please consult HB for moisture protection options (sealing).
- Failure rate based on long time testings: 0.2%.



# Datasheet SHT21

## Humidity and Temperature Sensor IC

- Fully calibrated
- Digital output, I<sup>2</sup>C interface
- Low power consumption
- Excellent long term stability
- DFN type package – reflow solderable



### Product Summary

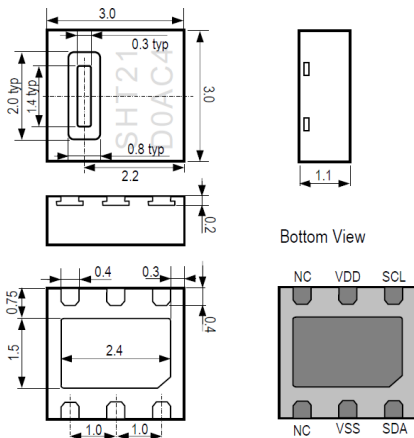
SHT21, the new humidity and temperature sensor of Sensirion is about to set new standards in terms of size and intelligence: Embedded in a reflow solderable Dual Flat No leads (DFN) package of 3 x 3mm foot print and 1.1mm height it provides calibrated, linearized signals in digital, I<sup>2</sup>C format.

With a completely new designed CMOSens® chip, a reworked capacitive type humidity sensor and an improved band gap temperature sensor the performance has been lifted even beyond the outstanding level of the previous sensor generation (SHT1x and SHT7x). For example, measures have been taken to stabilize the behavior at high humidity levels.

Every sensor is individually calibrated and tested. Lot identification is printed on the sensor and an electronic identification code is stored on the chip – which can be read out by command. Furthermore, the resolution of SHT21 can be changed by command (8/12bit up to 12/14bit for RH/T), low battery can be detected and a checksum helps to improve communication reliability.

With made improvements and the miniaturization of the sensor the performance-to-price ratio has been improved – and eventually, any device should benefit from the cutting edge energy saving operation mode. For testing SHT21 a new evaluation Kit EK-H4 is available.

### Dimensions



**Figure 1:** Drawing of SHT21 sensor package, dimensions are given in mm (1mm = 0.039inch), tolerances are ±0.1mm. The die pad (center pad) is internally connected to VSS. The NC pads must be left floating. VSS = GND, SDA = DATA. Numbering of E/O pads starts at lower right corner (indicated by notch in die pad) and goes clockwise (compare Table 2).

### Sensor Chip

SHT21 features a generation 4C CMOSens® chip. Besides the capacitive relative humidity sensor and the band gap temperature sensor, the chip contains an amplifier, A/D converter, OTP memory and a digital processing unit.

### Material Contents

While the sensor itself is made of Silicon the sensors' housing consists of a plated Cu lead-frame and green epoxy-based mold compound. The device is fully RoHS and WEEE compliant, e.g. free of Pb, Cd and Hg.

### Additional Information and Evaluation Kits

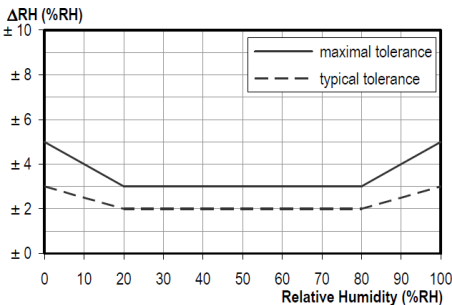
Additional information such as Application Notes is available from the web page [www.sensirion.com/sht21](http://www.sensirion.com/sht21). For more information please contact Sensirion via [info@sensirion.com](mailto:info@sensirion.com).

For SHT21 two Evaluation Kits are available: EK-H4, a four-channel device with Viewer Software, that also serves for data-logging, and a simple EK-H5 directly connecting one sensor via USB port to a computer.

## Sensor Performance

### Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution <sup>1</sup>	12 bit		0.04		%RH
	8 bit		0.7		%RH
Accuracy tolerance <sup>2</sup>	typ		±2.0		%RH
	max	see Figure 2			%RH
Repeatability			±0.1		%RH
Hysteresis			±1		%RH
Nonlinearity			<0.1		%RH
Response time <sup>3</sup>	τ 63%		8		s
Operating Range	extended <sup>4</sup>	0		100	%RH
Long Term Drift <sup>5</sup>	normal		< 0.5		%RH/yr



**Figure 2** Typical and maximal tolerance at 25°C for relative humidity. For extensive information see Users Guide, Sect. 1.2.

### Electrical Specification

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Supply Voltage, VDD		2.1	3.0	3.6	V
Supply Current, IDD <sup>6</sup>	sleep mode		0.15	0.4	μA
	measuring	200	300	330	μA
Power Dissipation <sup>6</sup>	sleep mode		0.5	1.2	μW
	measuring	0.6	0.9	1.0	mW
	average 8bit		3.2		μW
Heater	VDD = 3.0 V	5.5mW, ΔT = + 0.5-1.5°C			
Communication	digital 2-wire interface, I <sup>2</sup> C protocol				

**Table 1** Electrical specification. For absolute maximum values see Section 4.1 of Users Guide.

<sup>1</sup> Default measurement resolution is 14bit (temperature) / 12bit (humidity). It can be reduced to 12/8bit, 11/11bit or 13/10bit by command to user register.

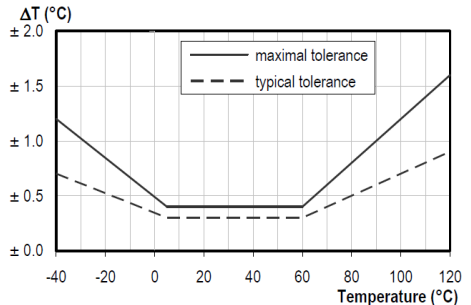
<sup>2</sup> Accuracies are tested at Outgoing Quality Control at 25°C and 3.0V. Values exclude hysteresis and long term drift and are applicable to non-condensing environments only.

<sup>3</sup> Time for achieving 63% of a step function, valid at 25°C and 1m/s airflow.

<sup>4</sup> Normal operating range: 0-80%RH, beyond this limit sensor may read a reversible offset with slow kinetics (+3%RH after 60h at humidity >80%RH). For more details please see Section 1.1 of the Users Guide.

### Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution <sup>1</sup>	14 bit		0.01		°C
	12 bit		0.04		°C
Accuracy tolerance <sup>2</sup>	typ		±0.3		°C
	max	see Figure 3			°C
Repeatability			±0.1		°C
Operating Range	extended <sup>4</sup>	-40		125	°C
Response Time <sup>7</sup>	τ 63%	5		30	s
Long Term Drift			< 0.04		°C/yr



**Figure 3** Typical and maximal tolerance for temperature sensor in °C.

### Packaging Information

Sensor Type	Packaging	Quantity	Order Number
SHT21	Tape & Reel	400	1-100707-01
	Tape & Reel	1500	1-100645-01
	Tape & Reel	5000	1-100694-01

This datasheet is subject to change and may be amended without prior notice.

<sup>5</sup> Value may be higher in environments with vaporized solvents, out-gassing tapes, adhesives, packaging materials, etc. For more details please refer to Handling Instructions.

<sup>6</sup> Min and max values of Supply Current and Power Dissipation are based on fixed VDD = 3.0V and T<60°C. The average value is based on one 8bit measurement per second.

<sup>7</sup> Response time depends on heat conductivity of sensor substrate.

# Users Guide SHT21

## 1 Extended Specification

For details on how Sensirion is specifying and testing accuracy performance please consult Application Note "Statement on Sensor Specification".

### 1.1 Operating Range

The sensor works stable within recommended Normal Range – see Figure 4. Long term exposure to conditions outside Normal Range, especially at humidity >80%RH, may temporarily offset the RH signal (+3%RH after 60h). After return into the Normal Range it will slowly return towards calibration state by itself. See Section 2.3 "Reconditioning Procedure" for eliminating the offset. Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate ageing.

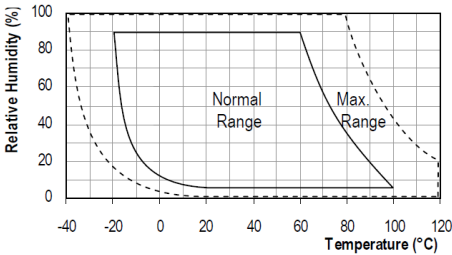


Figure 4 Operating Conditions

### 1.2 RH accuracy at various temperatures

Maximal tolerance for RH accuracy at 25°C is defined in Figure 2. For other temperatures maximal tolerance has been evaluated to be within limits displayed in Figure 5.

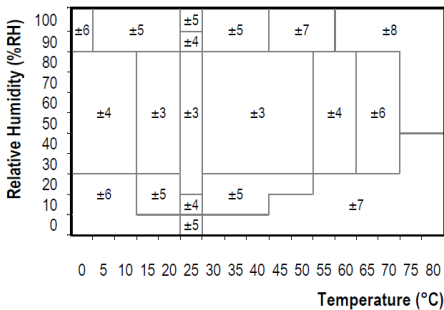


Figure 5 Maximal tolerance of relative humidity measurements given in %RH for temperatures 0 – 80°C.

Please note that above values are maximal tolerances (not including hysteresis) against a high precision reference such as a dew point mirror. Typical deviations are at  $\pm 2\%$ RH where maximal tolerance is  $\pm 3\%$ RH and about half the maximal tolerance at other values.

### 1.3 Electrical Specification

Current consumption as given in Table 1 is dependent on temperature and supply voltage VDD. For estimations on energy consumption of the sensor Figures 6 and 7 may be consulted. Please note that values given in these Figures are of typical nature and the variance is considerable.

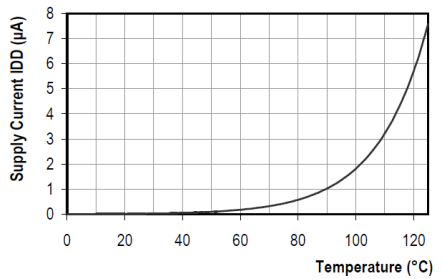


Figure 6 Typical dependency of supply current (sleep mode) versus temperature at VDD = 3.0V. Please note that the variance of these data can be above  $\pm 25\%$  of displayed value.

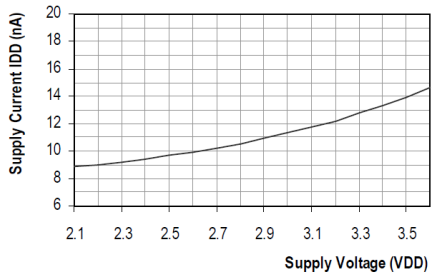
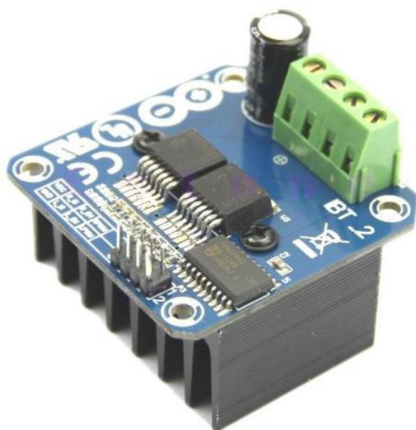


Figure 7 Typical dependency of supply current (sleep mode) versus supply voltage at 25°C. Please note that deviations may be up to  $\pm 50\%$  of displayed value. Values at 60°C scale with a factor of about 15 (compare Table 1).

## BTS7960 High Current 43A H-Bridge Motor Driver

The BTS7960 is a fully integrated high current H bridge module for motor drive applications. Interfacing to a microcontroller is made easy by the integrated driver IC which features logic level inputs, diagnosis with current sense, slew rate adjustment, dead time generation and protection against overtemperature, overvoltage, undervoltage, overcurrent and short circuit. The BTS7960 provides a cost optimized solution for protected high current PWM motor drives with very low board space consumption.

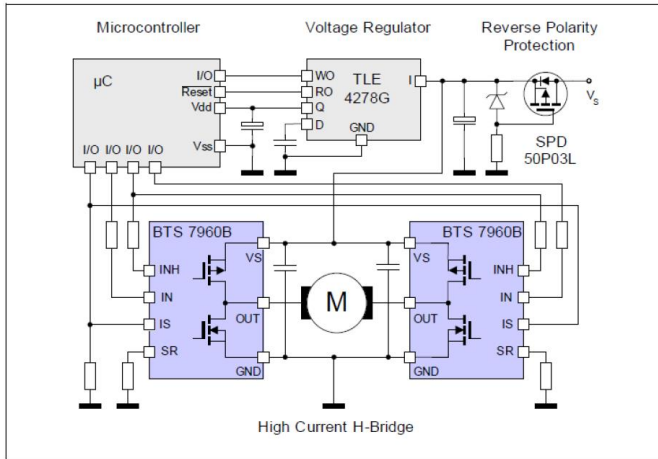


SKU: [DRV-1012](#)

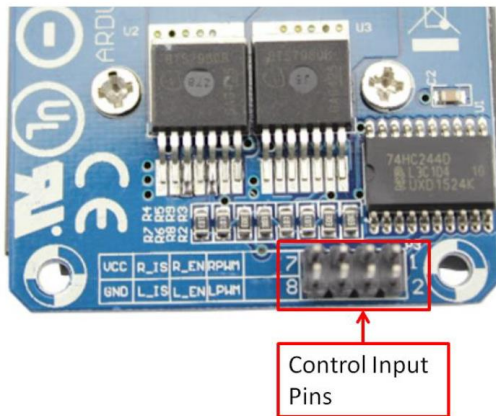
### Brief Data:

- Input Voltage: 6 ~ 27Vdc.
- Driver: Dual BTS7960 H Bridge Configuration.
- Peak current: 43-Amp.
- PWM capability of up to 25 kHz.
- Control Input Level: 3.3~5V.
- Control Mode: PWM or level
- Working Duty Cycle: 0 ~100%.
- Over-voltage Lock Out.
- Under-voltage Shut Down.
- Size: 46mm x 46mm x 38mm.
- Weight: ~66g.

## Schematic Diagram:

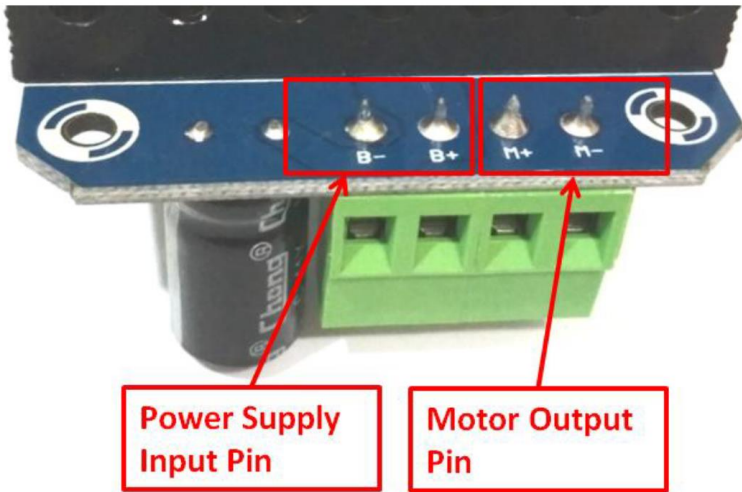


## Control Input Pin Function:



Pin No	Function	Description
1	RPWM	Forward Level or PWM signal, Active High
2	LPWM	Reverse Level or PWM signal, Active High
3	R_EN	Forward Drive Enable Input, Active High/ Low Disable
4	L_EN	Reverse Drive Enable Input, Active High/Low Disable
5	R_IS	Forward Drive, Side current alarm output
6	L_IS	Reverse Drive, Side current alarm output
7	Vcc	+5V Power Supply microcontroller
8	Gnd	Ground Power Supply microcontroller

## Motor Power Supply & Output Pin Assignment:



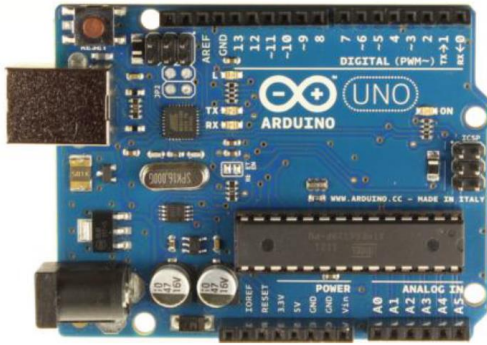
Pin No	Function	Description
1	B+	Positive Motor Power Supply. 6 ~ 27VDC
2	B-	Negative Motor Power Supply. Ground
3	M+	Motor Output +
4	M-	Motor Output -

## Controlling DC Motor with BTS7960 Using Arduino:

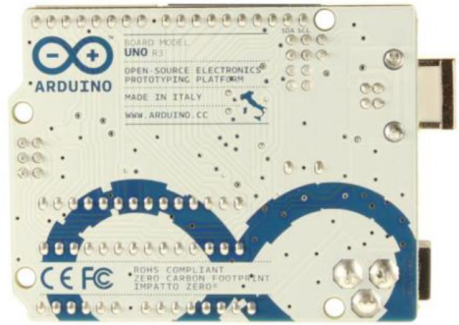
Below is the circuit connection using BTS7960 high power driver to control one DC motor with Arduino board. The potentiometer allows the control of motor speed and rotation direction of the motor.



# Arduino Uno



Arduino Uno R3 Front



Arduino Uno R3 Back



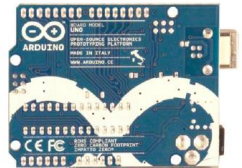
Arduino Uno R2 Front



Arduino Uno SMD



Arduino Uno Front



Arduino Uno Back

## Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital Input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.

The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega16U2 (Atmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.

[Revision 2](#) of the Uno board has a resistor pulling the 8U2 HWB line to ground, making it easier to put into [DFU mode](#).

[Revision 3](#) of the board has the following new features:

- 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which operate with 5V and with the Arduino Due that operate with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.
- Stronger RESET circuit.
- Atmega 16U2 replace the 8U2.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

## Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V

Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

## Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-uno-Rev3-reference-design.zip](#) (NOTE: works with Eagle 6.0 and newer)

Schematic: [arduino-uno-Rev3-schematic.pdf](#)

**Note:** The Arduino reference design can use an Atmega8, 168, or 328, Current models use an ATmega328, but an Atmega8 is shown in the schematic for reference. The pin configuration is identical on all three processors.

## Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The Input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

## Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

## Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an Input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.



- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#).
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin.** Support TWI communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega328 ports](#). The mapping for the Atmega8, 168, and 328 is identical.

## Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega16U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '16U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, [on Windows, a .inf file is required](#). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

## Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega16U2 (or 8U2 in the rev1 and rev2 boards) firmware source code is available. The ATmega16U2/8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by:

- On Rev1 boards: connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2.
- On Rev2 or later boards: there is a resistor that pulling the 8U2/16U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See [this user-contributed tutorial](#) for more information.

## Automatic (Software) Reset

## **RIWAYAT PENULIS**



Penulis bernama Mahesa Sangga Bhuwana lahir di Jakarta pada tanggal 31 Agustus 1997. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN 07 Pagi Jakarta dan dilanjutkan dengan pendidikan menengah di SMPN 85 Jakarta dan SMAN 34 Jakarta. Pada tahun 2015, penulis memulai pendidikan di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama kuliah penulis aktif dalam Himpunan Teknik Elektro, ITS Badminton Club, serta berbagai kegiatan diluar maupun didalam kampus. Penulis sebelumnya merupakan asisten Laboratorium elektronika dasar.

