

**KARAKTERISASI $PM_{2.5}$ TERHADAP SUHU PADA SISTEM
PEMANAS**

SKRIPSI

oleh:

M. FEGGY OKTA PRISMANTORO

115090800111011



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

**KARAKTERISASI $PM_{2.5}$ TERHADAP SUHU PADA SISTEM
PEMANAS**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
dalam bidang fisika

oleh:

M. FEGGY OKTA PRISMANTORO

115090800111011



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

KARAKTERISASI $PM_{2.5}$ TERHADAP SUHU PADA SISTEM PEMANAS

oleh:

M. FEGGY OKTA PRISMANTORO
115090800111011

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
Pada tanggal ~~7...~~ **JUL 2018**
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika

Pembimbing I

Drs. Arinto Yudi P.W., M.Sc., Ph.D.
NIP. 196407021989031001

Pembimbing II

Ahmad Nadhir, Ph.D.
NIP. 197412031999031002



Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas Sains Universitas Brawijaya

Prof. Dr. rer. nat. Muhammad Nurhuda
NIP. 196409101990021001



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Feggy Okta Prismantoro
NIM : 115090800111011
Jurusan : Fisika
Penulis Skripsi berjudul : KARAKTERISASI $PM_{2.5}$
TERHADAP SUHU PADA SISTEM PEMANAS

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan kesadaran.

Malang, 27 Juli 2018
Yang menyatakan,

(M. Feggy Okta Prismantoro)
NIM. 115090800111011



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan kasih dan sayang-Nya kepada kita, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu, yang kami beri judul **“KARAKTERISASI $PM_{2,5}$ TERHADAP SUHU PADA SISTEM PEMANAS”**

Tujuan dari penyusunan skripsi ini guna memenuhi salah satu syarat untuk bisa menempuh ujian sarjana pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Program Studi Instrumentasi di Universitas Brawijaya (UB).

Didalam pengerjaan skripsi ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu dalam banyak hal. Oleh sebab itu, disini penulis sampaikan rasa terima kasih sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Drs. Arinto Yudi P.W., M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing I yang telah membimbing dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.
2. Bapak Ahmad Nakhir, Ph.D. selaku pembimbing II yang telah membimbing dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.
3. Orang tua tercinta yang telah banyak memberikan doa dan dukungan kepada penulis secara moril maupun materil hingga skripsi ini dapat selesai.
4. Sahabat dan rekan seperjuangan tercinta yang tiada henti memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.
5. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan semuanya.

Malang, 11 Mei 2018

Penulis

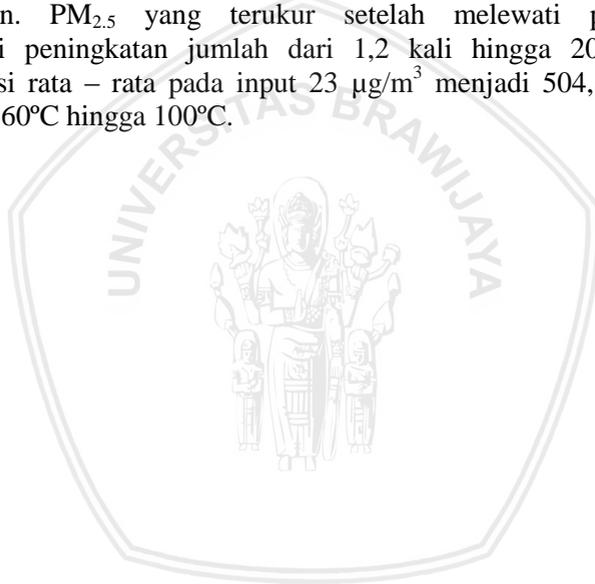
M. Feggy Okta P.



KARAKTERISASI PM_{2.5} TERHADAP SUHU PADA SISTEM PEMANAS

ABSTRAK

Udara disekeliling kita banyak mengandung zat polutan yang berbahaya bagi kesehatan. Salah satunya yaitu particulate matter yang berukuran ≤ 2.5 mikron. Tujuan dari penelitian ini yaitu membuat alat pemanas partikulat dan mengkarakterisasi konsentrasi PM_{2.5} yang ada di udara dengan suhu dan laju udara. Udara disekitar dihisap dengan pompa kemudian dimasukkan ke pemanas partikulat dan diukur dengan CW-HAT200S serta menganalisis hasil pengukuran. PM_{2.5} yang terukur setelah melewati pemanas mengalami peningkatan jumlah dari 1,2 kali hingga 20,7 kali. Konsentrasi rata – rata pada input $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ menjadi $504,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada suhu 60°C hingga 100°C .



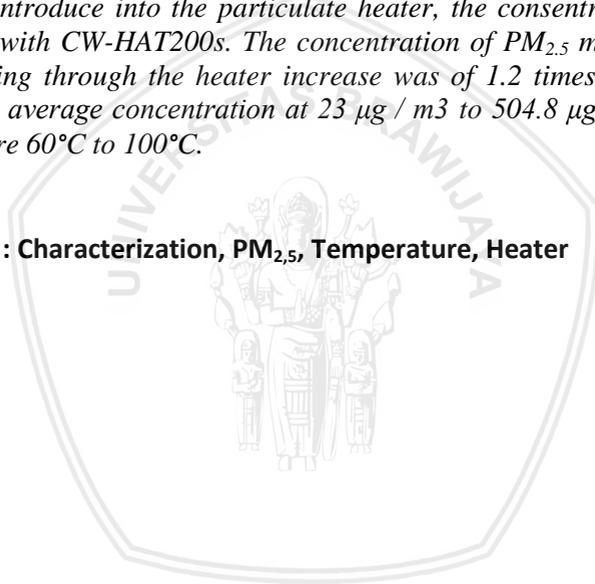


CHARACTERIZATION OF $PM_{2.5}$ AGAINST TEMPERATURE IN THE HEATING SYSTEM

ABSTRACT

The ambient contains many pollutants that are harmful to human health. One of them particulate matter with the diameter less than ≤ 2.5 microns. The purpose of this study is to make a heater and to characterize the concentration of $PM_{2.5}$ as a function of air temperature and air flow. The ambient air was sucked to the pump and then introduce into the particulate heater, the concentration of measured with CW-HAT200s. The concentration of $PM_{2.5}$ measured after passing through the heater increase was of 1.2 times to 20.7 times. The average concentration at $23 \mu\text{g} / \text{m}^3$ to $504.8 \mu\text{g} / \text{m}^3$ at temperature 60°C to 100°C .

Keywords : Characterization, $PM_{2.5}$, Temperature, Heater





DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
1 BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
2 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Particulate Matter	5
2.2 Kondensasi	6
2.3 Arduino Uno	6
2.3.1 Spesifikasi Arduino Uno	7
2.4 Temperature Controller TOS-B4RK4C	9
2.4.1 Prinsip Kerja <i>Temperature Controller</i> TOS-B4RK4C ..	10
2.5 Sensor SHT 11	10
2.5.1 Spesifikasi SHT 11	11
2.5.2 Cara kerja SHT 11	12

2.6	Kanomax A031 Anemomaster	13
2.6.1	Prinsip kerja Kanomax A031 Anemomaster	13
2.7	Handheld laser particle counter CW-HAT200S.....	14
2.7.1	Spesifikasi CW-HAT200S	15
3	BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1	Waktu dan Tempat	17
3.2	Peralatan dan Bahan.....	17
3.2.1	Alat-alat yang digunakan:	17
3.2.2	Bahan	17
3.3	Tahap Penelitian	17
3.3.1	Perancangan Alat Ukur Suhu	19
3.3.2	Perancangan Sistem Pemanas	20
4	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1	Hasil dan Pembahasan Penelitian.....	21
4.1.1	Hasil Perancangan Pemanas Partikulat	21
4.1.2	Pengujian Sistem Pemanas.....	21
4.1.3	Pengukuran laju udara.....	23
4.1.4	Konsentrasi Particulate matter	23
4.1.5	Gain.....	28
4.2	Pembahasan	29
5	BABV PENUTUP.....	33
5.1	Kesimpulan	33
5.2	Saran	33
	DAFTAR PUSTAKA	35
	Lampiran	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk arduino uno	7
Gambar 2.2 Sensor SHT11	11
Gambar 2.3 diagram blok SHT 11	12
Gambar 2.4 Anemomaster.....	13
Gambar 2.5 Prinsip kerja Anemomaster.....	14
Gambar 2.6 CW-HAT200S	14
Gambar 3.1. Diagram tahap penelitian.....	18
Gambar 4.1 Alat pemanas partikulat	21
Gambar 4.2 Grafik proses pemanasan.....	22
Gambar 4.3 Grafik proses pendinginan	22
Gambar 4.4 Grafik konsentrasi input ($PM_{2.5}$) terhadap suhu	25
Gambar 4.5 Grafik output $PM_{2.5}$ terhadap suhu	25
Gambar 4.6 Grafik data perbandingan konsentrasi $PM_{2.5}$ terhadap suhu	27
Gambar 4.7 Grafik output data perbandingan $PM_{2.5}$ terhadap suhu	27
Gambar 4.8 Grafik gain partikulat terhadap suhu	28
Gambar 4.9 Grafik gain data perbandingan terhadap suhu	29
Gambar 4.10 Proses terjadinya ΔC	30
Gambar 4.11 grafik ΔC terhadap suhu.....	31



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Uno R3	7
Tabel 2.2 Spesifikasi CW-HAT200S.....	15
Tabel 4.1 Data konsentrasi PM _{2,5}	24
Tabel 4.2 Data perbandingan PM _{2,5}	26





BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri, rumah tangga, mobil dan truk memancarkan campuran polutan udara yang kompleks, banyak yang berbahaya bagi kesehatan. Dari semua polutan ini, partikel halus (*fine particulate matter*) memiliki efek terbesar pada kesehatan manusia. Kebanyakan partikel halus berasal dari pembakaran bahan bakar, baik dari sumber bergerak seperti kendaraan dan dari sumber stasioner seperti pembangkit listrik, industri, rumah tangga atau pembakaran biomassa.

Partikulat halus dikaitkan dengan spektrum luas penyakit akut dan kronis, seperti kanker paru-paru, penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) dan penyakit kardiovaskular. Di seluruh dunia, diperkirakan menyebabkan sekitar 25% kematian kanker paru, 8% kematian PPOK, dan sekitar 15% penyakit jantung iskemik dan stroke. Polusi materi partikulat adalah masalah kesehatan lingkungan yang mempengaruhi orang di seluruh dunia, tetapi negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah secara tidak proporsional mengalami beban ini. (WHO 2016)

Secara umum zat pencemar atau polutan di udara berupa gas (SO_2 , NO_x , CO , *volatile organic compounds*) ataupun partikulat. Polutan berupa partikulat tersuspensi, disebut juga *particulate matter* (PM) atau debu partikulat yang merupakan salah satu komponen penting yang berpengaruh terhadap kesehatan. Debu partikulat dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis yaitu jenis pertama *coarse* PM berukuran 2,5-10 μm (PM kasar atau $\text{PM}_{2,5-10}$) yang berasal dari abrasi tanah, debu jalan (debu dari ban atau kampas rem), dan agregasi partikel sisa pembakaran. Partikel seukuran ini dapat masuk dan terdeposit di saluran pernapasan utama paru (*trakheobronkial*). Jenis kedua adalah *fine* PM (< 2,5 μm) dan jenis ketiga *ultrafine* (< 0,1 μm) berasal dari pembakaran fosil dan dapat dengan mudah terdeposit dalam unit terkecil saluran napas (*alveoli*) bahkan dapat masuk ke sirkulasi darah sistemik. (Azhar 2016)

Particulate matter (PM) adalah istilah yang digunakan untuk padatan dan / atau partikel cair yang sangat kecil yang ditemukan di atmosfer. Sementara partikel individu tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, sedangkan secara kolektif dapat muncul sebagai jelaga hitam, awan atau debu. Materi partikulat dapat dihasilkan oleh proses alami (misalnya, serbuk sari, bakteri, virus, jamur, ragi, semprotan garam, tanah dari erosi) atau dari kegiatan manusia, termasuk truk diesel, pembangkit listrik, kompor kayu, dan proses industri. Individu partikel bervariasi dalam ukuran, geometri, komposisi kimia dan sifat fisik. Partikel dipancarkan langsung ke atmosfer atau diproduksi di atmosfer dari transformasi fisik dan kimia dari polutan lain yang menguap atau gas. (Alias, Hamzah, and Kenn 2007)

Particulate matter (PM) atau partikel aerosol yang ada di lingkungan berasal dari proses alami seperti erosi yang disebabkan oleh angin, debu jalanan, kebakaran hutan, letusan gunung berapi, dan sumber buatan manusia yang dihasilkan dari pembangkit tenaga listrik dan transportasi, dan banyak proses industri. (Cheng 2018)

Particulate matter (PM) mengandung zat padat mikroskopik atau tetesan cair yang sangat kecil sehingga dapat dihirup dan menyebabkan masalah kesehatan yang serius. Partikel berdiameter kurang dari 10 mikrometer menimbulkan masalah terbesar, karena dapat masuk ke paru-paru, dan beberapa bahkan masuk ke aliran darah.

Partikel halus (PM_{2.5}) adalah penyebab utama berkurangnya jarak pandang (kabut) di beberapa bagian Amerika Serikat, termasuk banyak dari taman nasional dan kawasan hutan belantara kita yang berharga. (EPA 2017)

Higroskopis adalah kemampuan suatu zat untuk menyerap molekul air dari lingkungannya baik melalui absorpsi atau adsorpsi. Suatu zat disebut *higroskopis* jika zat itu mempunyai kemampuan menyerap molekul air yang baik. Banyak aerosol di lingkungan yang higroskopis dan terhirup ke dalam saluran pernapasan. Jumlah yang diendapkan dan distribusi partikel yang terdapat di udara berdiameter berbeda-beda. Partikel higroskopis tumbuh di lingkungan yang lembab dengan kondensasi uap air di permukaan partikel. Tingkat banyaknya partikel udara tergantung pada diameter awal partikel, suhu, dan kelembaban relatif. (Asgharian 2004)

Literatur ini digunakan sebagai acuan dalam pengerjaan skripsi dengan judul karakterisasi konsentrasi $pm_{2.5}$ terhadap suhu dengan sistem pemanas.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana merancang alat pemanas partikulat yang dapat diatur suhunya ?
- b. Bagaimana karakteristik perubahan konsentrasi $PM_{2.5}$ sebagai fungsi suhu ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengaplikasikan alat pemanas partikulat,
- b. Mengkarakterisasi $PM_{2.5}$ yang terdapat di udara sebagai fungsi suhu.

1.4 Batasan Masalah

- 1) Penelitian menggunakan sensor SHT11 sebagai pemantau suhu
- 2) Konsentrasi $PM_{2.5}$ dimasukkan pada pemanas dengan laju udara 5 m/s
- 3) Sistem pemanas dipanaskan dari suhu $60^{\circ}C$ sampai $100^{\circ}C$
- 4) Tidak menggunakan partikulat lain selain partikulat kurang dari 2.5 mikron yang terdapat di udara

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Membuat sistem pemanas yang dapat mengurangi kandungan air pada partikulat,
- b. Mengetahui pengaruh perubahan suhu terhadap perubahan konsentrasi $PM_{2.5}$ pada alat pemanas udara.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Particulate Matter

Particulate matter (PM) adalah istilah umum yang digunakan campuran partikel aerosol (padat dan cair) dalam rentang yang luas pada ukuran dan komposisi kimia. *Particulate matter* dapat berasal dari sumber alami (debu terlarut, polen, debu vulkanik) atau berasal dari sumber akibat aktivitas manusia, terutama dari pembakaran bahan bakar, tenaga panas, insinerator, peralatan rumah tangga, alat pemanas, dan kendaraan bermotor. Di kota, *particulate matter* terutama berasal dari asap kendaraan bermotor, pembakaran bahan bakar atau batubara, serta pembakaran kayu. (European Environment Agency 2011)

PM adalah indikator umum untuk polusi udara yang mempengaruhi lebih banyak orang dari polutan lainnya. Komponen utama PM adalah sulfat, nitrat, amonia, natrium klorida, karbon hitam, debu mineral dan air. PM terdiri dari campuran kompleks partikel padat dan cair dari zat organik dan anorganik yang tersuspensi di udara. Sementara partikel dengan diameter 10 mikron atau kurang, ($\leq PM_{10}$) dapat menembus dan mengendap di dalam paru-paru, partikel yang lebih merusak kesehatan adalah PM dengan diameter 2,5 mikron atau kurang ($\leq PM_{2.5}$). $PM_{2.5}$ dapat menembus penghalang paru-paru dan memasuki sistem darah. Paparan kronis terhadap partikel berkontribusi terhadap risiko mengembangkan penyakit kardiovaskular dan pernapasan, serta kanker paru-paru. (Bougiatioti, Kanakidou, and Mihalopoulos 2016)

PM singkatan dari materi partikulat (juga disebut polusi partikel) istilah untuk campuran partikel padat dan tetesan cair yang ditemukan di udara. Beberapa partikel, seperti debu, kotoran, jelaga, atau asap. Polusi partikel meliputi:

PM_{10} : partikel yang dapat dihirup, dengan diameter yang umumnya 10 mikrometer dan lebih kecil dan

$PM_{2.5}$: partikel inhalabel yang halus, dengan diameter yang umumnya 2.5 mikrometer dan lebih kecil.

Partikel memiliki berbagai ukuran dan bentuk, dan dapat terdiri dari ratusan bahan kimia yang berbeda. Beberapa dipancarkan langsung dari sumber, seperti lokasi konstruksi, jalan tak beraspal,

repository.ub.ac.id

ladang, cerobong asap atau kebakaran. Sebagian besar partikel terbentuk di atmosfer sebagai akibat dari reaksi kompleks bahan kimia seperti sulfur dioksida dan nitrogen oksida, yang merupakan polutan yang dipancarkan dari pembangkit listrik, industri dan mobil. (EPA 2016)

PM di atmosfer adalah campuran kompleks, padat, dan / atau heterogen tetesan cair ditemukan di udara. Ukuran dan komposisi kimianya dapat berubah dalam waktu dan ruang, tergantung pada sumber emisi dan atmosfer dan kondisi meteorologi. Ukuran partikel yang lebih besar yang menjadi perhatian adalah 10 μm atau lebih kecil (PM_{10}) sedangkan yang paling berbahaya bagi kesehatan dan iklim adalah partikel berdiameter 2,5 μm atau lebih kecil ($\text{PM}_{2.5}$). $\text{PM}_{2.5}$ menimbulkan risiko besar untuk kesehatan, tergantung pada ukurannya, PM menembus ke dalam sistem pernapasan, paru-paru dan aliran darah. PM terkecil menembus lebih dalam di dalam tubuh dan diangkut oleh darah mencapai otak, menyebabkan banyak efek pada pernapasan, kardiovaskular, kekebalan tubuh, saraf sistem dan akhirnya kematian. (Asgharian 2004)

PM yang diameternya lebih kecil dari 2,5 μm dapat masuk melalui saluran napas dan mengendap ke jaringan paru-paru. Selain itu, $\text{PM}_{2.5}$ membawa banyak senyawa berbahaya termasuk polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), hasil dari pembakaran bahan organik yang tidak sempurna. (Pham 2017)

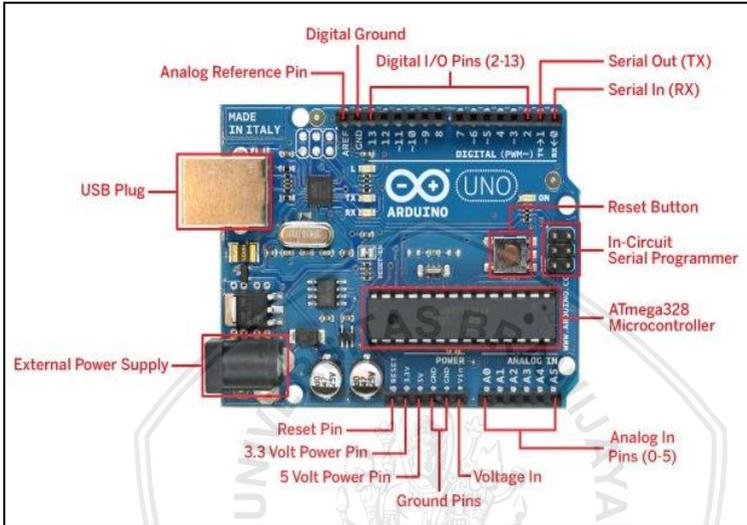
2.2 Kondensasi

Kondensasi merupakan perubahan keadaan fisik uap dari fase gas menjadi fase cair, terjadi ketika uap didinginkan akan berubah menjadi cair, kondensasi uap dimulai dengan pembentukan kelompok atom atau molekul yang lembab dalam volume udara antara fase gas dan permukaan cairan atau padatan. (Yohanes 2014)

2.3 Arduino Uno

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah

tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.



Gambar 2.1 Bentuk arduino uno

2.3.1 Spesifikasi Arduino Uno

Berikut adalah spesifikasi dan penjelasan arduino uno:

Tabel 2.1 Spesifikasi Uno R3

Microcontroller	<u>ATmega328P</u>
Operating Voltage	5V
Input Voltage	7-12V
Input Voltage	6-20V
Digital I/O Pins	14
PWM Digital I/O	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O	20 mA

DC Current in 3,3v	50 mA
Flash Memory	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

Arduino UNO dapat disuplai melalui koneksi USB atau dengan sebuah power suplai eksternal. Suplai eksternal (non-USB) dapat diperoleh dari sebuah adaptor AC ke DC atau battery. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan sebuah center-positive plug yang panjangnya 2,1 mm ke power jack dari board. Kabel lead dari sebuah battery dapat dimasukkan dalam header/kepala pin Ground (Gnd) dan pin Vin dari konektor *power*. Board Arduino UNO dapat beroperasi pada sebuah suplai eksternal 6 sampai 20 Volt. Jika menggunakan suplai yang lebih dari besar 12 Volt, voltage regulator bisa kelebihan panas dan membahayakan board Arduino UNO. Range yang direkomendasikan adalah 7 sampai 12 Volt.

Pin-pin dayanya adalah sebagai berikut:

- VIN: Tegangan input ke Arduino board ketika board sedang menggunakan sumber suplai eksternal (seperti 5 Volt dari koneksi USB atau sumber tenaga lainnya yang diatur). Kita dapat menyuplai tegangan melalui pin ini, atau jika penyuplaian tegangan melalui power jack, aksesnya melalui pin ini.
- Pin 5V: Pin output ini merupakan tegangan 5 Volt yang diatur dari regulator pada board. Board dapat disuplai dengan salah satu suplai dari DC power jack (7-12V), USB connector (5V), atau pin VIN dari board (7-12). Penyuplaian tegangan melalui pin 5V atau 3,3V membypass regulator, dan dapat membahayakan board dan tidak dianjurkan.
- Tegangan 3,3 volt: Sebuah suplai 3,3 Volt dihasilkan oleh regulator pada board. Arus maksimum yang dapat dilalui adalah 50 mA.
- GND: Pin ground.

repository.ub.ac.id

ATmega328 mempunyai kapasitas penyimpanan 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk bootloader). ATmega 328 juga mempunyai 2 KB SRAM dan 1 KB EEPROM. Setiap 14 pin digital pada Arduino Uno dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 Volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor pull-up (terputus secara default) 20-50 kOhm. Selain itu, beberapa pin mempunyai fungsi-fungsi spesial:

- **Serial: 0 (RX) dan 1 (TX).** Digunakan untuk menerima (RX) dan memancarkan (TX) serial data TTL (Transistor-Transistor Logic).
- **External Interrupts: 2 dan 3.** Pin-pin ini dapat dikonfigurasi untuk dipicu sebuah interrupt (gangguan) pada sebuah nilai rendah, suatu kenaikan atau penurunan yang besar, atau suatu perubahan nilai.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11.** Memberikan 8-bit PWM output dengan fungsi *analogWrite()*.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** Pin-pin ini mensupport komunikasi SPI menggunakan *SPI library*.
- **LED: 13.** Ada sebuah LED yang terpasang, terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai HIGH LED menyala, ketika pin bernilai LOW LED mati.

Arduino UNO mempunyai 6 input analog, pin analog ini diberi label A0 sampai A5, setiap pin terdiri dari 10 bit.

2.4 Temperature Controller TOS-B4RK4C

Temperature Controller adalah sebuah alat pengatur suhu yang dapat diatur sesuai dengan *setting* yang diinginkan. Alat ini mempunyai control keluaran dengan system relay dengan arus 2A dan dilengkapi sensor pengukur suhu termokopel. TOS-B4RK4C dapat bekerja dengan input 100 hingga 240VAC dan mampu mengatur suhu mulai 0-400°C. Konsumsi daya yang digunakan 2.2VA. Berikut adalah bentuk *Temperature Controller* TOS-B4RK4C.



Gambar 2.2 Bentuk *Temperature Controller* TOS-B4RK4C.

2.4.1 Prinsip Kerja *Temperature Controller* TOS-B4RK4C

Termokopel akan mengukur suhu sistem pemanas sesuai dengan tinggi suhu yang diinginkan. Setelah suhu didalam pemanas mencapai suhu tinggi yang dimaksud, maka kontak relay NC yang menghubungkan sumber listrik power supply pemanas akan terbuka dan memutuskan sumber listrik. Sehingga pemanas akan dalam kondisi off hingga suhu menjadi turun. Setelah mencapai suhu turun tertentu, maka kontak NO akan terhubung kembali dan mencapai tinggi suhu yang diinginkan. Begitu seterusnya hingga suhu didalam pemanas akan tetap stabil.

2.5 Sensor SHT 11

DT-SENSE SHT11 Module adalah modul sensor suhu dan sensor berbasis kelembaban relatif SHT11 dari Sensirion. Modul ini dapat digunakan sebagai alat penginderaan suhu dan / atau kelembaban dalam aplikasi mengontrol suhu dan / atau kelembaban aplikasi pemantauan suhu dan ruangan dan / atau kelembaban relatif ruangan.



Gambar 2.3 Sensor SHT11

2.5.1 Spesifikasi SHT 11

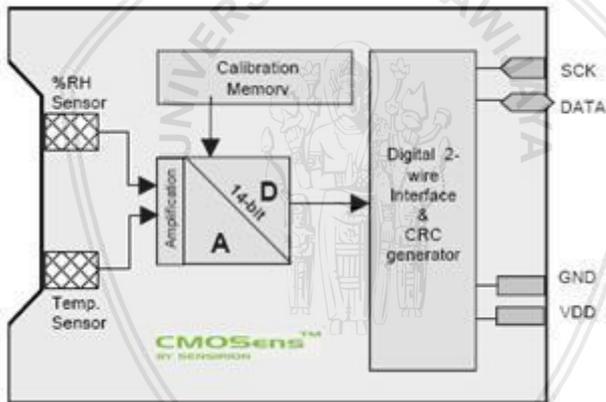
Sensor SHT 11 mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Berdasarkan suhu dan sensor kelembaban relatif Sensirion SHT11.
- Mengukur suhu $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-40\text{ }^{\circ}\text{F}$) hingga $+123,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($+254,9\text{ }^{\circ}\text{F}$) dan kelembaban relatif 0% RH hingga 100% RH.
- Memiliki akurasi pengukuran suhu hingga $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada suhu $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan akurasi pengukuran kelembaban relatif (RH) hingga $\pm 3,5\%$.
- Jalur atarmuka telah dilengkapi dengan rangkaian pencegah kondisi sensor lock-up.
- Membutuhkan catu daya DC 5V dengan konsumsi daya rendah $30\mu\text{W}$.
- Modul ini memiliki faktor bentuk 8 pin DIP 0,6 sehingga memudahkan pemasangan.
- Dimensi: 2,1 cm (w) x 2,2 cm (l) x 1,3 cm (t).

2.5.2 Cara kerja SHT 11

SHT11 adalah sebuah *single chip* sensor suhu dan kelembaban relatif dengan multi modul sensor yang outputnya telah dikalibrasi secara digital. Dibagian dalamnya terdapat kapasitas polimer sebagai elemen untuk sensor kelembaban relatif dan sebuah pita regangan yang digunakan sebagai sensor temperatur. Output kedua sensor digabungkan dan dihubungkan pada ADC 14 bit dan sebuah interface serial pada satu chip yang sama. Sensor ini menghasilkan sinyal keluaran yang baik dengan waktu respon yang cepat. SHT11 ini dikalibrasi pada ruangan dengan kelembaban yang teliti menggunakan hygrometer sebagai referensinya. Koefisien kalibrasinya telah diprogramkan kedalam OTP memory. Koefisien tersebut akan digunakan untuk mengaklibrasi keluaran dari sensor selama proses pengukuran.

Berikut adalah gambar diagram kerja sensor SHT 11.



Gambar 2.4 diagram blok SHT 11

2.6 Kanomax A031 Anemomaster

Kanomax A031 Anemomaster adalah alat pengukur kecepatan dan aliran udara serta suhu yang mempunyai beberapa fitur yaitu:

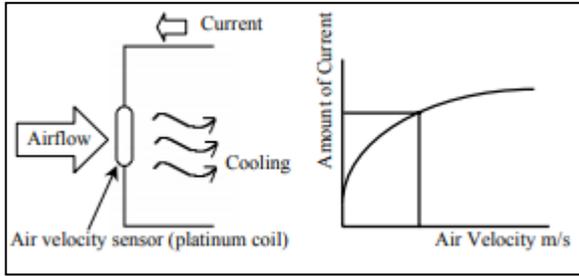
1. Secara simultan menampilkan suhu dan aliran udara atau kecepatan udara.
2. Fungsi data HOLD serta merekam dan memanggil data MAX / MIN / AVG.
3. Mampu menyimpan hingga 800 pengukuran.
4. Perangkat lunak pengolah data memungkinkan pengukuran secara *real-time* dan mengunduh data ke PC.



Gambar 2.5 Anemomaster

2.6.1 Prinsip kerja Kanomax A031 Anemomaster

Ketika sensor kecepatan udara terkena aliran udara, maka suhu sensor akan berubah karena panas dari aliran udara. Dengan demikian, nilai resistansi sensor akan berubah. Perubahan dalam nilai resistansi akan sangat bervariasi sebagai kecepatan udara meningkat. Karena itu, jika hubungan antara kecepatan udara dan nilai resistansi diketahui, kecepatan udara dapat diperoleh dengan mengukur nilai resistansi.



Gambar 2.6 Prinsip kerja Anemomaster

Pada gambar 2.6 grafik menunjukkan hubungan antara kecepatan udara dan jumlah arus. Saat kecepatan udara semakin tinggi, suhu sensor akan berubah dan mempengaruhi jumlah arus yang dapat melewati sensor. Semakin suhunya tinggi maka arus yang melewati sensor akan semakin besar.

2.7 Handheld laser particle counter CW-HAT200S

CW-HAT200S merupakan alat pendeteksi partikel yang berukuran $\leq 2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$) dan partikel $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) yang berbentuk *portable*.



Gambar 2.7 CW-HAT200S

2.7.1 Spesifikasi CW-HAT200S

Handheld air tester CW-HAT200S dapat membaca konsentrasi partikel $PM_{2.5}$ dan PM_{10} secara *real time* serta menampilkannya secara numerik. Alat ini menggunakan prinsip penghamburan cahaya dengan laser dioda yang mempunyai akurasi tinggi dalam pengukuran. Perawatan alat yang sangat mudah dan menggunakan pengoperasian yang sederhana. Baterai yang digunakan lebih efisien dan lebih awet karena menggunakan baterai lithium. Berikut adalah spesifikasi handheld air tester CW-HAT200S:

Tabel 2.2 Spesifikasi CW-HAT200S

Rentang pengukuran	$PM_{2.5}$, PM_{10}
Sumber cahaya	Laser diode
Laju aliran	500ml
Waktu sampling	60s
Pengukuran	Konsentrasi perliter
Indikasi error	<i>Count limit</i> , kehilangan daya laser, baterai tidak mencukupi
Daya	Baterai Li-ion polymer yang dapat diisi ulang (7,4V / 1020mAH) atau adaptor AC (input AC: 100~240V, output DC: 9V / 1,5 A)
Waktu maksimal beroperasi	3 jam
Dimensi	93 (W) x 180 (H) x 48 (D) mm
Berat	<600 g (termasuk baterai)
Kondisi lingkungan	Digunakan 5~45 ⁰ C, <90%RH, penyimpanan -20~50 ⁰ C, <90%RH.

2.7.1.1 Cara Pemakaian:

Tekan dan tahan tombol power selama 3 detik untuk boot, lepaskan port sampling dari penutup debu, pasang sensor suhu dan kelembaban (insert selaras dengan gap), tekan tombol run / stop untuk memulai pengujian, setiap proses pengujian membutuhkan waktu 60 detik. Untuk memastikan bahwa sampel adalah

representatif, udara sampel didekatkan sedekat mungkin dengan alat, dan setelah selesai pengujian otomatis menampilkan hasil,

Jika ingin melakukan test ulang, maka tekan jalankan / tombol stop , jika ingin berhenti mengukur, tekan tombol run / stop untuk menghentikan. Setelah pengujian, data akan di rekam pada alat. Jika alat sudah selesai digunakan, untuk mematikannya tekan power off, kemudian pasang kembali penutup debu.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei - Juli 2018 dan berlokasi di Laboratorium Air Quality jurusan fisika fakultas MIPA Universitas Brawijaya.

3.2 Peralatan dan Bahan

3.2.1 Alat-alat yang digunakan:

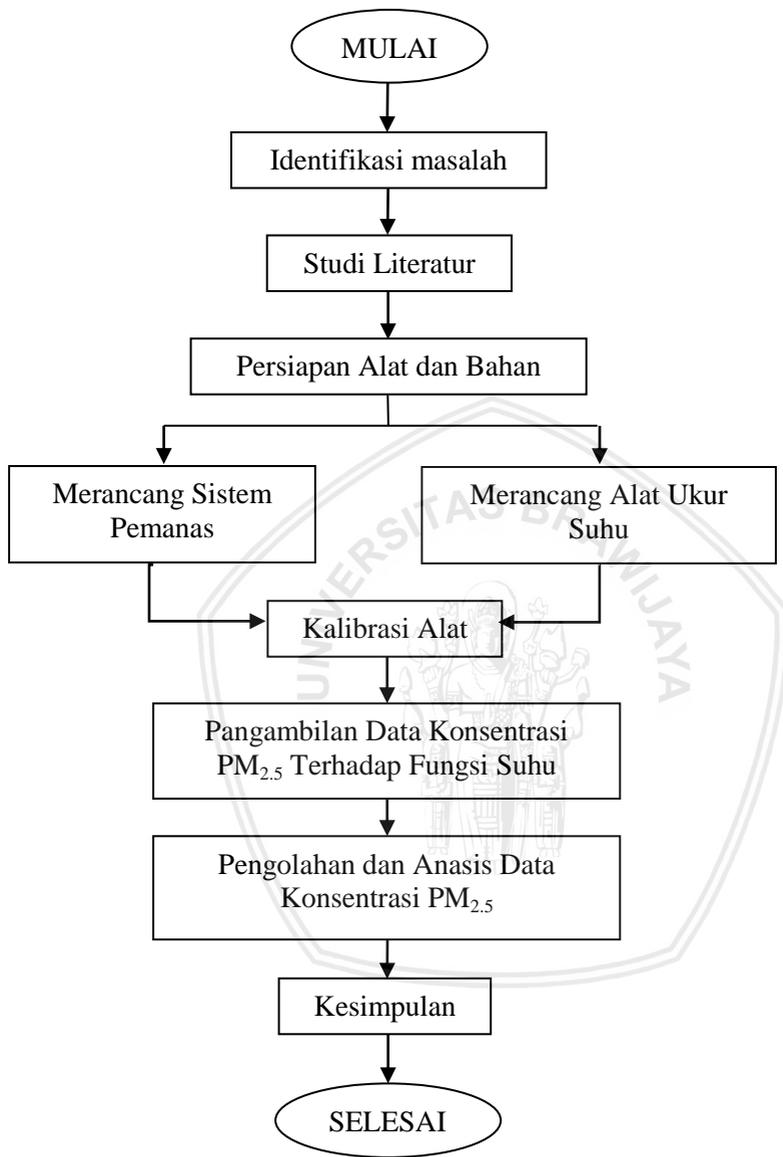
- Handheld Air Tester CW-HAT200S
- Chamber pengering udara
- Sensor SHT11
- Arduino UNO R3
- Pompa udara
- Kanomax Anemomaster model A031
- Termometer Digital (terpasang Termokopel)
- Selang anti panas serta alat pendukung
- Penggaris, solasi, lem lilin, obeng, gunting, dan tang.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah *Particulate Matter* ($PM_{2.5}$) pada udara di Laboratorium Air Quality jurusan fisika fakultas MIPA.

3.3 Tahap Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi masalah kemudian studi literatur dan mempersiapkan alat dan bahan. Setelah semua siap, kemudian merancang sistem pemanas dan alat ukur seperti sensor SHT 11 dan arduino juga sensor thermocouple. jika sudah terpasang yang dilakukan kemudian adalah melakukan pengukuran particulate matter ($PM_{2.5}$) dengan menggunakan Handheld Air Tester CW-HAT200S. Data yang didapat dari pengukuran dicatat dan dilakukan analisa. Diagram tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.1. Diagram tahap penelitian

3.3.1 Perancangan Alat Ukur Suhu

Alat yang digunakan untuk mengukur suhu dibuat dengan menggunakan sensor SHT11 yang dihubungkan dengan arduino uno sebagai pengolah data. Hasil olah data yang didapatkan kemudian ditampilkan pada LCD display 16x2 untuk kemudian dicatat nilai suhunya. Untuk dapat mengolah data, arduino terlebih dahulu di program dengan *source code* sebagai berikut.

```
#include <LiquidCrystal.h> //memanggil library LCD 16x2
#include <SHT1x.h> //memanggil library sensor SHT11
#define dataPin 10 //data sensor
#define clockPin 9 //clock sensor

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); //pin yang digunakan lcd
SHT1x sht11(dataPin, clockPin); //data sensor

void setup() {

    pinMode(6,OUTPUT);
    lcd.begin(16,2); //lcd yg di pakai 16x2
    lcd.setCursor(0,0); //mengeset tulisan yg akan d mnculkan
    baris 0 kolom 0
    lcd.print("Sensor SHT11 On"); //tuliskan sementara Sensor
    SHT11 On

}

void loop() {

    digitalWrite(6,HIGH); //set pin6 arduino 5v sebagai supply
+sensor
    float temp_celcius; //mendefinisikan variable suhu
    float kelembaban; //mendefinisikan variable Rh

    temp_celcius = sht11.readTemperatureC(); //baca temperatur
    terdeteksi
```

kelembaban = sht11.readHumidity(); //baca kelembaban yg terdeteksi

```
lcd.clear(); //bersihkan tampilan lcd
lcd.setCursor(0,0); //set kolom 0, baris 0
lcd.print("Suhu: "); //tuliskan SUHU pada set cursor di atas
lcd.setCursor(6,0); //set kolom 6, baris0
lcd.print(temp_celcius, DEC); //print hasil pembacaan
dengan desimal
lcd.println(" Celcius"); //tuliskan Celcius dibelakang hasil

lcd.setCursor(0, 1); //set kolom 0, baris 1
lcd.print("Rh: "); //tuliskan Rh pada set cursor diatas
lcd.setCursor(3, 1); //set kolom 3 baris 1
lcd.print(kelembaban); //tuliskan hasil pembacaan kelembaban
sensor
lcd.println("%"); //tuliskan % dibelakang nilai
delay(1000);

}
```

3.3.2 Perancangan Sistem Pemanas

Sistem pemanas dibuat dengan bahan besi yang berukuran p x l x t : 0,35 m x 0,14 m x 1,135 m. Bahan besi dipilih karena tahan terhadap temperatur ataupun Rh yang tinggi. Pada sisi kanan dan kiri dipasang *valve* dengan fungsi *input* dan *output* udara.

Bahan yang digunakan sebagai pembungkus sistem pemanas adalah kotak akrilik yang sebelumnya telah dilapisi kertas dan busa anti-panas ditiap sisinya. Fungsi dari kertas anti-panas dan busa tersebut adalah sebagai isolator. Kemudian ditengah-tengah kotak dipasang elemen pemanas yang berfungsi sebagai sumber pemanas. Panas yang dihasilkan sistem diatur oleh *temperature controller* dan dipasangkan termokopel untuk memantau perubahan suhunya. Selanjutnya sumber tegangan 220V dihubungkan ke saklar, dan untuk menyalakan sistem pemanas perlu ditekan tombol on/off yang ada pada sistem pemanas.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Pembahasan Penelitian

4.1.1 Hasil Perancangan Pemanas Partikulat

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, telah dibuat suatu alat yang dapat mengeringkan partikulat yang memiliki pengontrol suhu dan dapat di adjust hingga 200°C . Alat ini dibuat dengan bentuk sebuah kotak persegi panjang dengan plat besi dan akrilik sebagai *casing* luar kotak sekaligus sebagai isolator agar alat yang digunakan aman ketika dipegang. Pada bagian tengah alat dipasang elemen pemanas berbentuk piringan. Sedangkan dikedua sisi kotak diberi lubang dengan masing – masing sisinya dua lubang yang dipasang valve sebagai input dan output partikulat yang diteliti. Berikut adalah gambar pengering partikulat:

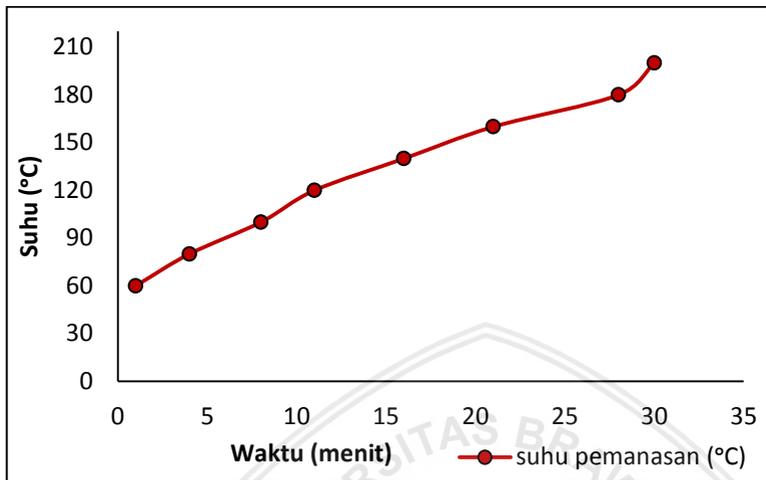


Gambar 4.1 Alat pemanas partikulat

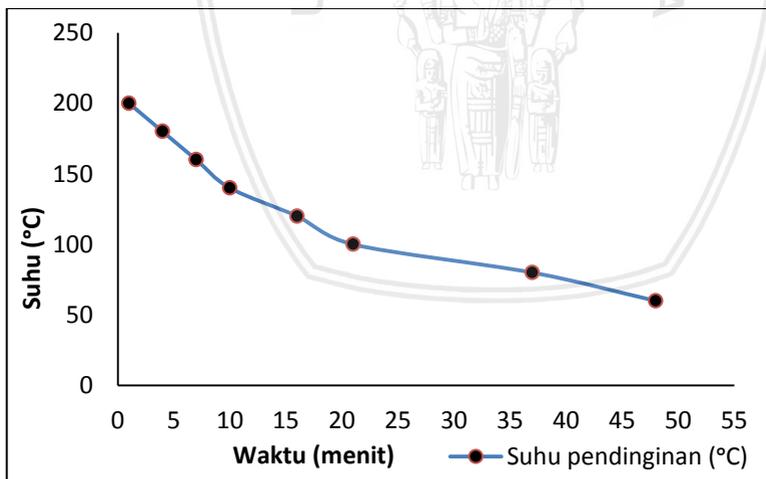
4.1.2 Pengujian Sistem Pemanas

Pengujian sitem pemanas dilakukan dengan mengatur set point dari temperature control pada angka 200°C . Untuk mengetahui nilai perubahan suhu pada system pemanas, maka dimasukkan sensor termokopel yang sudah terintegrasi dengan multimeter pembaca suhu. Ketika system pemanas dinyalakan, perubahan suhu dicatat pada 60°C hingga 200°C . Sedangkan pada saat proses pendinginan

system pemanas, suhu yang dicatat mulai 200°C hingga 60°C. Berikut adalah hasil pengujian system pemanas terhadap waktu.



Gambar 4.2 Grafik proses pemanasan



Gambar 4.3 Grafik proses pendinginan

Pada grafik gambar 4.2 diatas menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk proses pemanasan dari suhu 0°C sampai dengan suhu 200°C dibutuhkan waktu sekitar 30 menit. Sedangkan pada proses pendinginan dari suhu sebaliknya membutuhkan waktu 48 menit seperti terlihat pada gambar 4.3 diatas. Karena waktu proses pemanasan yang lebih cepat dibandingkan dengan pendinginan, maka pengukuran konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ terhadap suhu dilakukan pada saat proses pendinginan. Hal ini dimaksudkan agar proses pencatatan konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ terhadap suhu nantinya akan lebih mudah.

4.1.3 Pengukuran laju udara

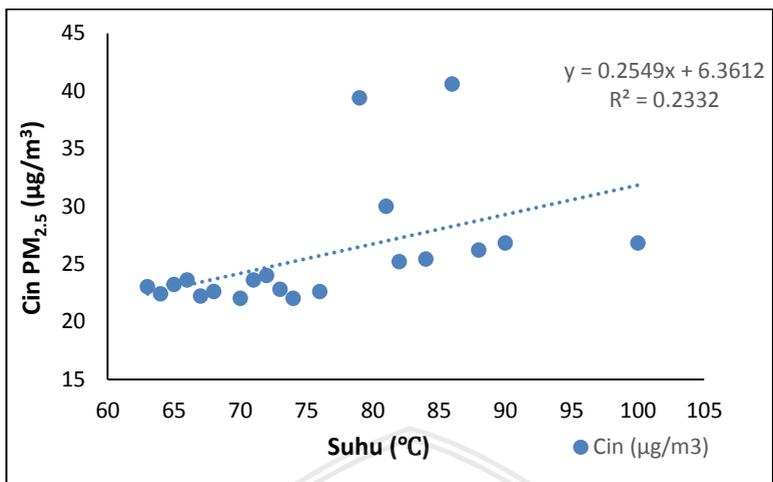
Pada penelitian ini digunakan sebuah pompa hisap yang dapat diatur kecepatannya. Pengatur kecepatan pompa dibuat menggunakan komponen elektronik yang dirakit menjadi suatu rangkaian pengatur sinyal arus AC yang masuk pada pompa. Sebelum digunakan, pompa hisap dikalibrasi dengan alat anemomaster untuk mendapatkan laju udara yang diinginkan. Pengkalibrasian dimaksudkan agar kecepatan hisap pompa dapat distabilkan, sehingga dapat meminimalisir kesalahan dalam pengukuran konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$. Kecepatan pompa yang berbeda dapat membuat laju udara yang berbeda, hal ini dapat mengakibatkan perbedaan konsentrasi partikulat yang terukur. Pada penelitian ini digunakan laju udara sebesar 5 m/s.

4.1.4 Konsentrasi Particulate matter

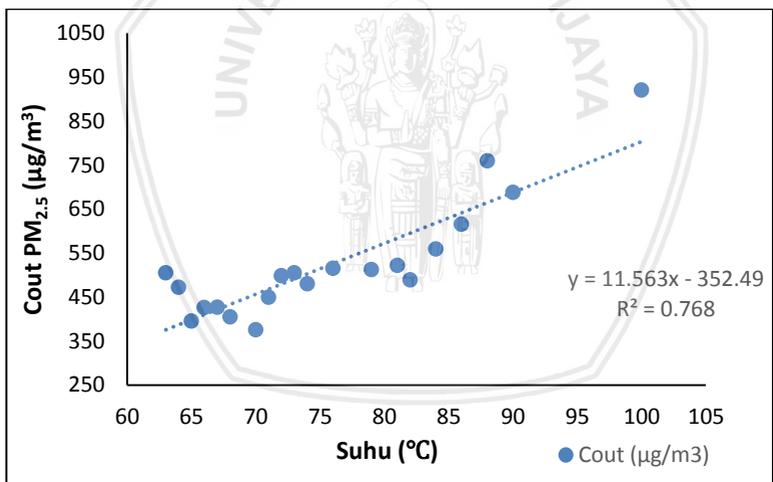
Untuk mengetahui perubahan konsentrasi partikulat, maka dilakukan pengukuran konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ pada udara dari sebelum dan sesudah melewati sistem pemanas. Waktu pengambilan data dilakukan bersamaan dengan menurunnya suhu pada pemanas. Suhu yang di catat diambil dari hasil pembacaan sensor SHT11 di bagian *input valve* dan *output valve* pemanas. Dari pengukuran konsentrasi terhadap suhu didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data konsentrasi PM_{2.5}

T(°C)	Cin (µg/m³)	Cout (µg/m³)	ΔC (µg/m³)
100	26.8	920.6	893.8
90	26.8	687.4	660.6
88	26.2	759.2	733
86	40.6	615.4	574.8
84	25.4	559	533.6
82	25.2	488.6	463.4
80	38.4	782.2	743.8
79	39.4	512.4	473
76	22.6	515.2	492.6
74	22	479.6	457.6
73	22.8	505	482.2
72	24	498.4	474.4
71	23.6	449.2	425.6
70	22	375.6	353.6
68	22.6	404.8	382.2
67	22.2	426.4	404.2
66	23.6	425.6	402.2
65	23.2	394.8	371.6
64	22.4	471.8	449.4
63	23	504.8	481.8



Gambar 4.4 Grafik konsentrasi input (PM_{2.5}) terhadap suhu



Gambar 4.5 Grafik output PM_{2.5} terhadap suhu

Pada grafik 4.4, terlihat data konsentrasi input yang diambil mempunyai rata-rata konsentrasi 25 mikrogram / meter kubik (µg/m³). Terjadi perubahan konsentrasi input pada suhu 79°C, 81°C,

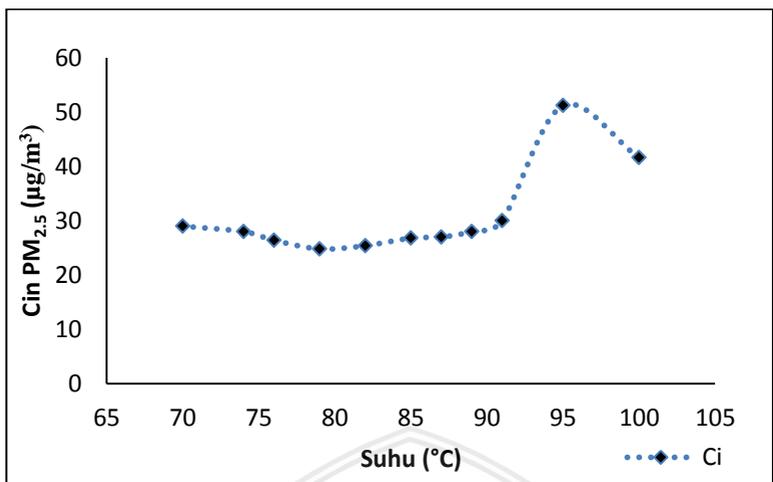
dan 86°C. Perubahan konsentrasi input ini berturut-turut yaitu 39.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dan 40,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Perubahan ini dimungkinkan karena adanya sedikit polutan yang ikut terhisap oleh pompa hisap. Dari kedua grafik diatas terlihat pada grafik 4.5 bagaimana suhu yang digunakan mempengaruhi perubahan konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$. Pada konsentrasi input terukur hanya sekitar 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada suhu 63°C. Sedangkan pada output, konsentrasi yang terukur mencapai rata-rata 504,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada suhu 63°C. Banyaknya konsentrasi yang terukur pada alat dari suhu 60°C sampai 100°C termasuk stabil, terjadi peningkatan konsentrasi yang signifikan pada suhu 84°C sampai 100°C mencapai 559 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hingga 920.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Semakin bertambah tingginya suhu, banyak konsentrasi yang terukur terlihat semakin meningkat seperti pada suhu 86°C yang mengalami peningkatan dari rata-rata 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ menjadi 615.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Peningkatan konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ maksimal terjadi pada suhu 100°C yaitu sebesar 920,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.1.4.1 Perbandingan data Particulate Matter

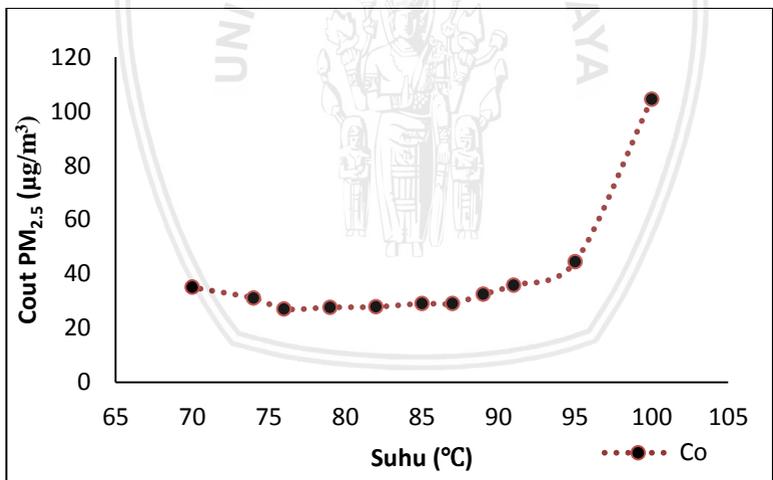
Percobaan dilain waktu dilakukan sebagai pembandingan data konsentrasi. Berikut adalah data konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ terhadap suhu yang dilakukan di hari yang berbeda.

Tabel 4.2 Data perbandingan $\text{PM}_{2.5}$

T(°C)	Cin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cout ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
100	41.6	104.4
95	51.2	44.4
91	30	35.8
89	28	32.4
87	27	29
85	26.8	29
82	25.4	27.8
79	24.8	27.6
76	26.4	27
74	28	31
70	29	35



Gambar 4.6 Grafik data perbandingan konsentrasi PM_{2.5} terhadap suhu



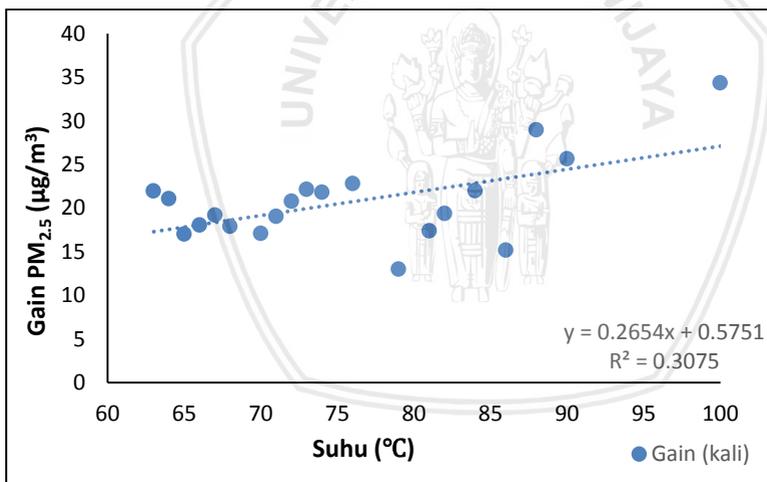
Gambar 4.7 Grafik output data perbandingan PM_{2.5} terhadap suhu

Dari grafik gambar 4.7, konsentrasi PM_{2.5} yang di dapat pada bagian output (Cout) juga mengalami peningkatan konsentrasi dari

input yang mempunyai konsentrasi rata – rata $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ meningkat menjadi rata – rata $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ setelah melewati pemanas partikulat. Nilai yang terukur pada data perbandingan lebih kecil dibandingkan dengan data pertama dikarenakan pengukuran dilakukan pada saat pagi hari dan belum banyak aktifitas disekitar pengukuran. Konsentrasi juga meningkat seiring bertambah panasnya suhu di dalam alat pengering partikulat. Peningkatan minimum output konsentrasi terjadi pada suhu 91°C sebesar $35.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Peningkatan konsentrasi maksimum terjadi pada suhu 100°C sebesar $104.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.1.5 Gain

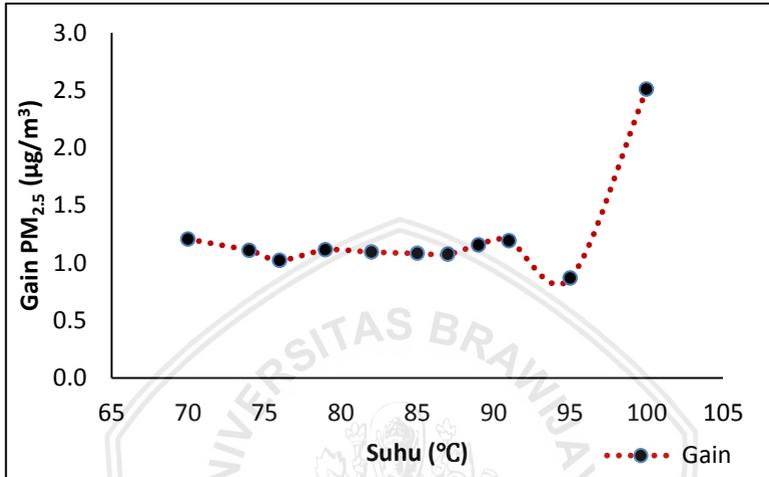
Gain adalah penguatan yang didapatkan dari perbandingan jumlah konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ pada output dengan konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ pada input. Untuk lebih mengetahui apakah pengaruh suhu dan laju udara pada alat pengering udara terhadap konsentrasi partikulat maka diberikan grafik penguatan (gain) dibawah ini.



Gambar 4.8 Grafik gain partikulat terhadap suhu

Penguatan $\text{PM}_{2.5}$ terhadap suhu dapat dilihat dari grafik gambar 4.8 diatas. Penguatan yang didapatkan dari penelitian pertama yaitu rata-rata peningkatan konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ hingga 20,7 kali. Gain tertinggi terjadi pada suhu 100°C dengan penguatan 34.35

kali. Pada penelitian kedua gain yang didapatkan rata-rata 1,2 kali. Penguatan ini dapat dilihat pada gambar 4.9. Penguatan terjadi pada suhu 70°C dengan besar 1.21 kali. Sedangkan gain tertinggi terjadi pada suhu 100°C dengan besar penguatan 2.51 kali. Berikut adalah grafik data perbandingan gain.



Gambar 4.9 Grafik gain data perbandingan terhadap suhu

Perhitungan gain konsentrasi PM_{2.5} didapatkan dari $\frac{C_{out}}{C_{in}}$.

Dari perhitungan gain dengan rumus diatas, maka dapat diketahui bagaimana berapakali perubahan konsentrasi setelah dan sebelum melewati sistem pemanas.

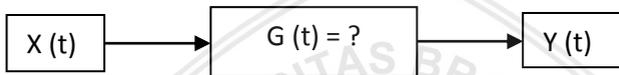
4.2 Pembahasan

Pemanas partikulat dibuat dengan elemen pemanas yang memiliki sumber arus AC dan mampu mencapai suhu sampai dengan 200°C sehingga mampu membuat cairan yang terkandung pada partikulat dapat menguap atau meningkatkan suhu udara input hingga melebihi titik didih *droplet*. *Droplet* adalah partikel-partikel kecil yang diubah menjadi gas atau kabut halus oleh aerator yang memiliki suhu melebihi titik didihnya. Meningkatnya jumlah

repository.ub.ac.id

konsentrasi pada suhu yang diberikan diakibatkan karena terpecahnya partikel menjadi lebih kecil ketika menjadi gas. (Anderson, 2009) mengatakan PM di atmosfer adalah campuran kompleks, padat, dan / atau heterogen tetesan cairan yang ditemukan di udara. Ukuran dan komposisi kimianya dapat berubah dalam waktu dan ruang, tergantung pada sumber emisi dan atmosfer dan kondisi meteorologi.

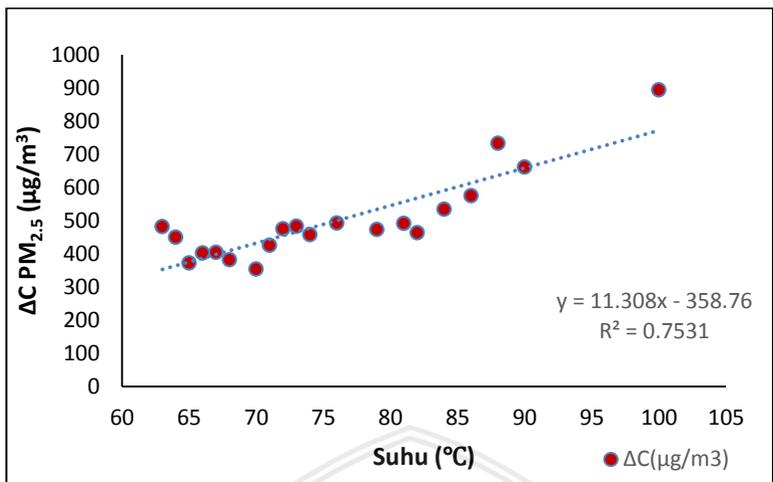
Sumber panas yang terdapat pada sistem pemanas dihasilkan dari induksi thermal yang berasal dari elemen pemanas. Sistem pemanas dilengkapi dengan menggunakan sensor SHT11 untuk mengukur suhunya. Pengukuran suhu dilakukan untuk melihat fungsi kenaikan suhu terhadap konsentrasi $PM_{2.5}$ dan melihat penurunan kelembaban dari input ke output.



Gambar 4.10 Proses terjadinya ΔC

Selain dari kadar cairan yang telah menguap, meningkatnya jumlah partikel yang terukur dikarenakan partikel yang sangat kecil saling berterbangan dan bertabrakan di dalam pengering yang diakibatkan hisapan pompa yang kuat sehingga membentuk partikel – partikel baru.

Untuk melihat pengaruh perubahan konsentrasi $PM_{2.5}$ terhadap suhu diberikan grafik hasil penelitian sebagai berikut:



Gambar 4.11 grafik ΔC terhadap suhu

Pengaruh suhu terhadap perubahan konsentrasi $PM_{2.5}$ dapat dilihat pada gambar 4.11 diatas dengan semakin tingginya suhu yang terukur, jumlah konsentrasi $PM_{2.5}$ yang terukur semakin banyak. Konsentrasi $PM_{2.5}$ mengalami perubahan signifikan pada suhu $84^{\circ}C$ hingga $100^{\circ}C$ yang mempunyai nilai konsentrasi terukur $533.6 \mu g/m^3$ hingga $893.8 \mu g/m^3$. Hal ini terjadi karena terbentuknya kabut sehingga memperpanjang waktu pencemaran yang menyebabkan meningkatnya konsentrasi particulate matter ($PM_{2.5}$).

Gain adalah perbandingan konsentrasi output terhadap konsentrasi input. Gain yang didapat dari pengukuran sebanding dengan konsentrasi yang didapatkan. Semakin tinggi suhu maka jumlah particulate matter ($PM_{2.5}$) semakin banyak dan gainnya semakin besar. Setelah penelitian ini dilakukan, dapat diketahui bahwa hasil pengukuran konsentrasi $PM_{2.5}$ pada output ternyata mengalami sebuah penguatan yang besarnya bervariasi seperti yang ditampilkan pada gambar grafik 4.8.

Terdapat faktor lain yang menyebabkan meningkatnya nilai *particulate matter* terhadap kenaikan suhu diantaranya, *random error* yaitu eror yang disebabkan oleh faktor-faktor yang secara acak mempengaruhi proses pengukuran. Hal yang menjadi penyebab

adanya *random error* pada penelitian ini adalah suhu dan kelembaban udara diruangan tempat dilakukannya pengukuran. Faktor selanjutnya adalah *spurious error*. Faktor ini dikarenakan kesalahan manusia atau alat ukur yang digunakan. Dalam penelitian ini yang menjadi *spurious error* adalah alat ukur Handheld Air Tester CW-HAT200S. Alat ini sering mengalami *overload* atau kelebihan pembacaan konsentrasi saat digunakan untuk mengukur sehingga menyebabkan pengulangan dalam pengukuran. Errornya alat saat pengukuran dikarenakan udara yang telah menguap karena berada pada titik didihnya kembali menjadi tetesan air yang diakibatkan uap air tidak lagi menerima kalor dan suhu air menjadi lebih rendah pada saat memasuki chamber output. Chamber output yang didesain dengan sebuah mika dan tidak memiliki pemanas didalamnya memungkinkan suhu udara disekitar chamber output lebih rendah dibandingkan dengan suhu udara pada pemanas partikulat. Udara yang mengembun dan menjadi tetesan air ini dapat mengganggu pengukuran partikel dan dapat berakibat rusaknya alat pengukuran karena tidak sesuai dengan spesifikasi dan syarat melakukan pengukuran dengan alat tersebut.

Untuk meminimalisir faktor error dalam pengukuran yang disebabkan oleh suhu dan kelembaban udara, maka perlu dilakukan observasi pada udara *ambient*. Hal ini dilakukan dengan cara udara *ambient* dimasukkan ke dalam chamber dengan tujuan agar udara *ambient* tidak bercampur dengan udara disekitar, sehingga dihasilkan pengukuran yang ideal.

BABV PENUTUP

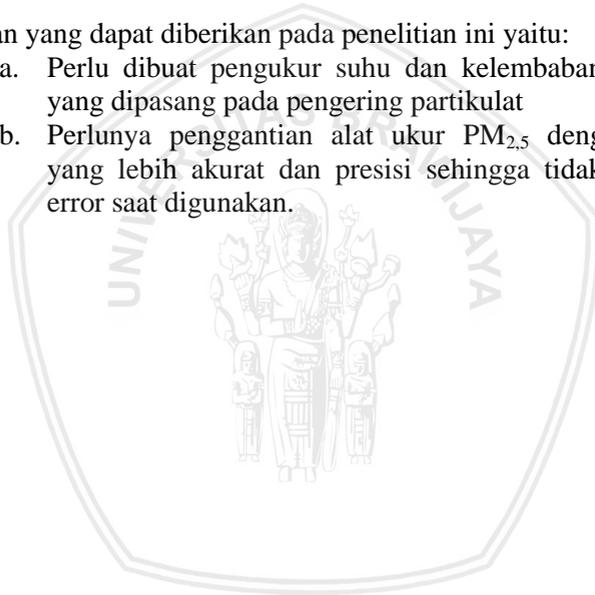
5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa partikel $PM_{2.5}$ di udara yang dipanaskan dengan menggunakan pemanas tidak berubah pada suhu dibawah $90^{\circ}C$, sedangkan pada suhu diatas $90^{\circ}C$ diperoleh perubahan $PM_{2.5}$ karena adanya penguapan.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini yaitu:

- a. Perlu dibuat pengukur suhu dan kelembaban digital yang dipasang pada pengering partikulat
- b. Perlunya penggantian alat ukur $PM_{2.5}$ dengan alat yang lebih akurat dan presisi sehingga tidak terjadi error saat digunakan.





DAFTAR PUSTAKA

- Alias, M., Hamzah, Z., and Kenn, L. S. 2007. "PM10 and Total Suspended Particulates (TSP) Measurements in Various Power Stations." *The Malaysian Journal of Analytical Sciences* 11(1): 255–61. http://www.ukm.my/mjas/v11_n1/38_172A4.pdf.
- Asgharian, B. 2004. "A Model of Deposition of Hygroscopic Particles in the Human Lung." *Aerosol Science and Technology* 38(9): 938–47.
- Azhar., Khadijah., Dharmayanti, I., and Mufida, I. 2016. "Kadar Debu Partikulat (PM2,5) Dalam Rumah Dan Kejadian ISPA Pada Balita Di Kelurahan Kayuringin Jaya, Kota Bekasi Tahun 2014." *Media Penelitian dan Pengembangan Kesehatan* 26(1): 45–52. <http://ejournal.litbang.kemkes.go.id/index.php/MPK/article/view/4903>.
- Bougiatioti, A., Kanakidou, M., and Mihalopoulos, N. 2016. 73 *Comprehensive Analytical Chemistry Air Quality in European Cities*. Elsevier Ltd. <http://dx.doi.org/10.1016/bs.coac.2016.03.018>.
- Cheng, M. 2018. "Selective Collection of Airborne Particulate Matter." *Aerosol and Air Quality Research*: 1–5.
- EPA. 2016. "Particulate Matter (PM) Basics Pollution US EPA." *Usepa*. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>.
- EPA. 2017. "Health and Environmental Effects of Particulate Matter (PM) Particulate Matter (PM) Pollution US EPA." <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>.
- EEA. 2011. " *Air Quality in Europe* ." European Union. <https://www.ee.europa.eu/themes/air/air-quality/resources/glossary/particulate-matter>.

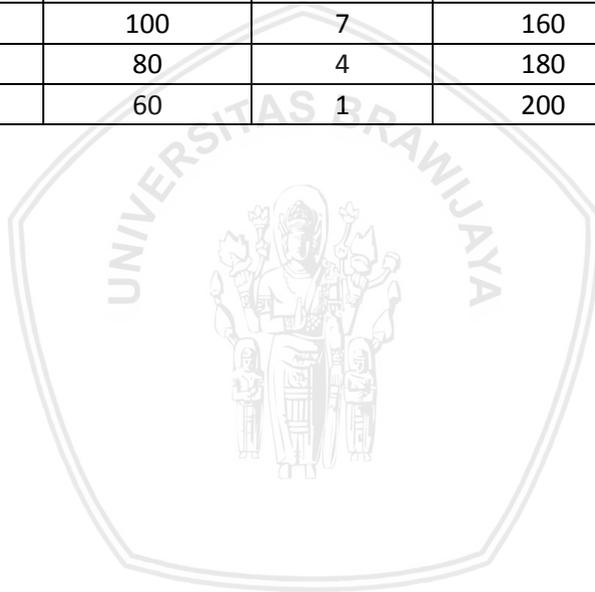
- Kenaka. 2017. "Emission Source of PAHs in PM2.5 Particle in Ambient Air of Sakai City, Osaka." *Environmental pollution and sustainable energy* 5(2): 4397.
- WHO. 2016. "WHO | Ambient Air Pollution." *Who*.
http://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/en/.
- Eko, Y., Soeparman, S., and Siswanto, E. 2014. " Heat Flux Kondensasi pada Media Arang Tempurung Kelapa (Cocos Nurifera)." *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.5, No.1



Lampiran 1

Tabel pengukuran suhu pada input dan output

waktu pemanasan (menit)	suhu pemanasan (°C)	waktu pendinginan (menit)	Suhu pendinginan (°C)
30	200	48	60
28	180	37	80
21	160	21	100
16	140	16	120
11	120	10	140
8	100	7	160
4	80	4	180
1	60	1	200

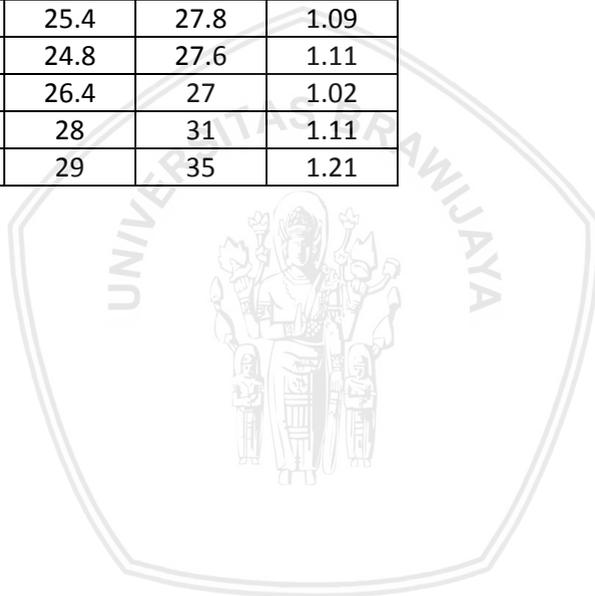




Lampiran 2

Tabel hasil pengukuran data perbandingan konsentrasi $PM_{2.5}$

T (°C)	Ci ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Co ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Gain (kali)
100	41.6	104.4	2.51
95	51.2	44.4	0.87
91	30	35.8	1.19
89	28	32.4	1.16
87	27	29	1.07
85	26.8	29	1.08
82	25.4	27.8	1.09
79	24.8	27.6	1.11
76	26.4	27	1.02
74	28	31	1.11
70	29	35	1.21





Lampiran 3Tabel data pertama konsentrasi PM_{2.5}

T(°C)	Cin (µg/m³)	Cout (µg/m³)	ΔC(µg/m³)	Gain (kali)
100	26.8	920.6	893.8	34.35
90	26.8	687.4	660.6	25.65
88	26.2	759.2	733	28.98
86	40.6	615.4	574.8	15.2
84	25.4	559	533.6	22.0
82	25.2	488.6	463.4	19.4
81	30	521.4	491.4	17.4
79	39.4	512.4	473	13.0
76	22.6	515.2	492.6	22.8
74	22	479.6	457.6	21.8
73	22.8	505	482.2	22.1
72	24	498.4	474.4	20.8
71	23.6	449.2	425.6	19.0
70	22	375.6	353.6	17.1
68	22.6	404.8	382.2	17.9
67	22.2	426.4	404.2	19.2
66	23.6	425.6	402.2	18.0
65	23.2	394.8	371.6	17.0
64	22.4	471.8	449.4	21.1
63	23	504.8	481.8	21.9