

PROTOTIPE BILIK SAMPEL COVID-19 DAN SISTEM MONITORNYA

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh:

Muhammad Luthfi Fadillah

16524085

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

Yogyakarta

2020

LEMBAR PENGESAHAN

PROTOTIPE BILIK SAMPEL COVID-19 DAN SISTEM MONITORNYA

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

Disusun oleh:

**Muhammad Luthfi Fadillah
16524085**

**الجامعة الإسلامية
Yogyakarta, 28-November-2020**

Menyetujui,

Pembimbing 1



**Yusuf Aziz Amrullah S.T M.Sc Ph.D
NIK. 04520101**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

PROTOTIPE BILIK SAMPEL COVID-19 DAN SISTEM MONITORNYA

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Muhammad Luthfi Fadillah
16524085

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 07 Januari 2021

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.sc., Ph.D. , 

Anggota Penguji 1: Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T. , 

Anggota Penguji 2: Firdaus, S.T., M.T., Ph.D. , 

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

Tanggal: 07 Januari 2021

Ketua Program Studi Teknik Elektro



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

NIK. 04520101

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 28 November 2020



Mhd Luthfi Fadillah



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia serta hidayah-Nya dan tidak lupa sholawat dan salam penulis panjatkan pada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umat manusia dari zaman kebodohan ke zaman yang terang benderang. Berkat rahmat-Nya penulis telah mencapai tahap akhir dan dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Prototipe Bilik Sampel Covid-19 dan Sistem Monitornya”.

Kelancaran dalam mempersiapkan dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak, Ibu, Kakak dan dua orang Adik yang selalu mendoakan dan terus memberi dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan laporan Skripsi ini.
2. Bapak Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Program Studi sarjana Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
3. Seluruh dosen dan staf jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia atas ilmu pengetahuan yang telah diberikan kepada penulis.
4. Kepada Tim yang telah membantu pengerjaan bilik sampel Covid-19.

Dalam menyusun laporan tugas akhir ini, penulis menyadari masih jauh dari sempurna dan banyak kekurangan sehingga penulis memohon maaf atas segala kekurangan dan kesalahan baik yang disengaja atau tidak disengaja. Semoga apa yang ada dalam tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk orang lain maupun penulis sendiri, Amin ya rabbal'alamin.

Wassalamualaikum. Wr. Wb

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

COVID	: <i>Corona Virus Disease</i>
SARS	: <i>Severe Acute Respiratory Syndrome</i>
MERS	: <i>Middle East Respiratory Syndrome</i>
RT-PCR	: <i>Reverse-Transcriptase Polymerase Chain Reaction</i>
kPa	: Kilopascal
°C	: <i>Derajat Celcius</i>
WT	: <i>Walk – Through</i>
NPR	: <i>Negative Pressure Room</i>
LED	: <i>Light Emitting Diode</i>
DHT22	: <i>Digital Humidity Temperature Sensor – AM2302</i>
LCD	: <i>Liquid Crystal Display</i>
I2C	: <i>Inter Intergrated Circuit</i>
SCL	: <i>Serial Clock</i>
SCA	: <i>Serial Data</i>
CMH	: <i>Cubic Meter Hour</i>
ACH	: <i>Air Change Hour</i>

ABSTRAK

Covid-19 telah berkembang pesat ke seluruh dunia dan menjadi masalah global. Penyakit ini menyebabkan populasi yang terinfeksi jauh melebihi SARS-CoV dan MERS-CoV walau dengan tingkat kematian yang lebih rendah. Salah satu manajemen klinis penting Covid-19 adalah *mass screening* (skrining masal). Semakin banyak populasi yang diskriming, maka jumlah populasi terinfeksi juga semakin banyak yang diketahui. Ini penting untuk menentukan strategi penanganan Covid-19. Baku standar (*gold standard*) penegakan diagnosis Covid-19 adalah tes *swab* di mana sampel medis diambil dari bagian belakang rongga hidung. Idealnya proses ini dilakukan di laboratorium. Namun untuk mempercepat skrining, proses pengambilan sampel bisa dilakukan di tempat umum. Proses pengambilan sampel *swab* sangat berisiko karena pasien bisa bersin atau batuk. Untuk itu diperlukan ruangan yang mampu mencegah potensi penularan. Pada tugas akhir ini, saya merancang prototipe bilik sampel Covid-19 yang digunakan di ruangan terbuka. Bilik sampel Covid-19 dibuat dengan konsep ruang bertekanan negatif untuk mengurangi risiko infeksi melalui transmisi udara di dalam ruangan. Untuk mempertahankan konsep ruangan bertekanan negatif digunakan kipas *exhaust* dengan kapasitas 180 CMH (*Cubic Meter Hour*). Bilik sampel juga dilengkapi dengan sistem *monitoring* selisih tekanan udara, suhu dan kelembaban. Parameter suhu dan kelembaban udara dimonitor dengan sensor DHT22, sedangkan selisih tekanan udara menggunakan sensor D6F-PH0505AD3. Data sensor tersebut dibaca dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Sensor DHT22 (suhu dan kelembaban udara) diletakkan di dalam bilik sampel sedang sensor D6F-PH0505AD3 (tekanan udara) diletakkan di luar bilik sampel. Arduino Uno akan membaca data kedua sensor secara periodic dan menampilkan pada LCD yang diletakkan di luar bilik sampel. Sistem *monitoring* tersebut akan memberikan peringatan berupa indikator LED apabila nilai selisih tekanan udara, suhu dan kelembaban tidak sesuai (di bawah 2,5Pa). Dari hasil pengukuran diketahui nilai akurasi sensor D6F-PH0505AD3 sebesar 93,06%. Akurasi sensor DHT22 terhadap pembacaan suhu sebesar 98,25%, DHT22 terhadap pembacaan kelembaban udara sebesar 91,02% dibandingkan dengan kalibrator.

Kata kunci : *monitoring*; DHT22; D6F-PH0505AD3; suhu; kelembaban udara; tekanan udara negatif, bilik sampel

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Tinjauan Teori.....	4
2.1.1 Prinsip ruang bertekanan negatif.....	4
2.1.2 <i>Monitoring</i> parameter lingkungan di ruang bertekanan negatif.....	5
BAB 3 METODOLOGI.....	8
3.1 Desain Bilik Sampel	8
3.1.1 Bilik Sampel.....	8
3.1.2 Dudukan tangan	9
3.1.3 <i>Mock-up</i> bilik sampel Covid-19.....	10
3.1.4 Pemilihan <i>Exhaust Fan</i>	11
3.2 Desain Sistem Monitoring	11

3.2.1 Desain Sistem.....	11
3.2.2 Cara Kerja Sistem	13
3.3 Pengujian dan Analisa Sistem.....	14
3.3.1 Prosedur pengukuran dan kalibrasi sensor.....	14
3.3.2 Pengujian Sistem <i>Monitoring</i>	16
a. Pengujian Sistem <i>Monitoring</i> saat Kondisi Pintu Terbuka <i>Exhaust</i> Mati.....	16
b. Pengujian Sistem <i>Monitoring</i> saat Kondisi Pintu Terbuka <i>Exhaust</i> Nyala.....	16
c. Pengujian Sistem <i>Monitoring</i> saat Kondisi Pintu Tertutup <i>Exhaust</i> Mati	16
d. Pengujian Sistem <i>Monitoring</i> saat Kondisi Pintu Tertutup <i>Exhaust</i> Nyala	16
3.3.3 Analisis Sistem <i>Monitoring</i>	16
a. Analisis Data Kalibrasi Sensor DHT22 dan D6F-PH0505AD3	16
b. Perbandingan Nilai Suhu pada 4 Kondisi	17
c. Perbandingan Nilai Kelembaban pada 4 Kondisi	17
d. Perbandingan Nilai Selisih Tekanan Udara pada 4 Kondisi	17
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	18
4.1 Bilik Sampel	18
4.2 <i>Mock-up</i> bilik sampel.....	19
4.3 Kalibrasi Sensor.....	20
4.3.1 Kalibrasi Sensor DHT22	20
4.3.2 Kalibrasi Sensor D6F-PH0505AD3	23
4.4 Menguji Sistem <i>Monitoring</i> Bilik Sampel Covid Secara Keseluruhan	24
4.4.1 Pengujian <i>Monitoring</i> Suhu pada 4 Kondisi	24
4.4.2 Pengujian <i>Monitoring</i> Kelembaban pada 4 Kondisi	25
4.4.3 Pengujian <i>Monitoring</i> Selisih Tekanan Udara pada 4 Kondisi.....	26
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	28
5.1 Kesimpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Ruang Bertekanan Negatif.....	5
Gambar 3.1 Desain Bilik Sampel Tampak Depan, Belakang dan Kanan	8
Gambar 3.2 Desain 3 Dimensi Bilik Sampel	9
Gambar 3.3 Desain Dudukan Tangan	9
Gambar 3.4 Desain Bilik Sampel Covid-19.....	10
Gambar 3.5 Desain Sistem <i>Monitoring</i>	12
Gambar 3.6 Diagram alir program sistem <i>monitoring</i> parameter lingkungan bilik sampel	13
Gambar 3.7 HTC V.02 <i>Environment</i>	14
Gambar 3.8 <i>Magnehelic Pressure Gauges</i>	15
Gambar 4.1 Bilik Sampel Covid-19 yang Sudah Terpasang di Puskesmas Gondomanan	18
Gambar 4.2 <i>Mock-up</i> Bilik Sampel.....	19
Gambar 4.3 Kalibrasi DHT22 Menggunakan HTC V.02 <i>Environment</i>	20
Gambar 4.4 Kalibrasi D6F-PH0505AD3 Menggunakan <i>Magnehelic Pressure Gauges</i>	23
Gambar 4.5 Sistem <i>Monitoring</i> Bilik Sampel Covid-19.....	24
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Suhu Antara 4 Kondisi.....	25
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Kelembaban Pada 4 Kondisi.....	26
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Tekanan Udara Pada 4 Kondisi.....	27

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi <i>exhaust</i> KDK 24CDQN	11
Tabel 3.1 Perbandingan Pembacaan DHT22 dan HTC V.02 <i>Environment</i>	14
Tabel 3.2 Perbandingan Pembacaan D6F-PH0505AD3 dan <i>Magnehelic Pressure Gauges</i>	15
Tabel 4.1 Hasil Perbandingan Suhu DHT22 dan HTC V.02 <i>Environment</i>	21
Tabel 4.2 Hasil Perbandingan Kelembaban DHT22 dan HTC V.02 <i>Environment</i>	22
Tabel 4.3 Hasil Nilai Selisih Tekanan Udara D6F-PH0505AD3 dan <i>Magnehelic Pressure Gauges</i>	23



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Di awal tahun 2020, sebuah wabah *pneumonia* baru datang mengejutkan dunia. Wabah yang sekarang dikenal dengan Covid-19 tersebut telah menyebar secara cepat ke banyak negara termasuk Indonesia. Wabah ini menyebabkan pasien terinfeksi yang jauh lebih banyak melebihi SARS-CoV dan MERS-CoV walau dengan tingkat kematian yang lebih rendah (10.000 kasus; SARS-CoV tingkat kematian 10% dan tingkat kematian MERS-CoV 37%) [1]. Dilaporkan sampai dengan bulan Oktober 2020, jumlah kasus Covid-19 di Indonesia lebih dari tigaratus lima puluh ribu orang. Jumlah ini diprediksi akan meningkat terus beberapa bulan yang akan datang [2]. Di Indonesia sendiri, banyaknya jumlah penduduk tidak sebanding dengan banyaknya pemeriksaan Covid-19 yang dalam arti pemeriksaan masih terbatas. Menurut data *Worldometers*, dilaporkan di bulan Mei 2020 Indonesia baru melakukan pemeriksaan terhadap 552 orang per satu juta penduduk [3].

Secara umum gejala Covid-19 yaitu keluhan infeksi saluran pernapasan dari ringan hingga berat seperti demam, batuk, sesak napas hingga kesulitan untuk bernapas. Frekuensi nadi, napas dan suhu akan terjadi peningkatan. Tekanan darah bisa normal atau bisa aja menurun. Pada kasus berat biasanya terjadi penurunan kesadaran. Apabila dilakukan pemeriksaan pada torak akan didapat retraksi otot pernapasan, *fremitus* (getaran suara dari saluran napas) meningkat, redup pada bagian konsolidasi, suara napas *bronchovesicular* (halus dan sepoi-sepoi pada bagian percabangan antara paru-paru kanan dan paru-paru) atau ronki kasar [1]. Salah satu cara untuk mengurangi penyebarannya di tingkat masyarakat ialah dengan melakukan deteksi dini. Semakin banyak orang yang deteksi/diperiksa, maka orang yang terinfeksi semakin banyak yang diketahui. Hal tersebut merupakan hal penting untuk menentukan strategi penanganan Covid-19. Pemeriksaan yang dilakukan ialah mengumpulkan spesimen diagnosis dengan melakukan pemeriksaan *swab* pada saluran pernapasan untuk menemukan *strain* virus ini. Hal tersebut idealnya dilakukan di laboratorium.

Pemeriksaan tidak hanya dilakukan pada pasien yang terduga positif Covid-19. Pemeriksaan yang mengakibatkan kontak fisik antara petugas medis dan pasien tentu saja merupakan hal yang berisiko bagi tenaga medis untuk tertular apabila pasien yang sedang diperiksa batuk atau bersin. Dari hal tersebut penulis berpikir untuk meminimalkan risiko tersebut dengan membuat sebuah bilik sampel khusus untuk melakukan pemeriksaan tes *swab*. Selain meminimalkan risiko tersebut, bilik sampel ini juga dirancang agar cepat dan mudah untuk

dipindah-pindah agar bisa dilakukan pemeriksaan di tempat umum. Nantinya setiap pasien yang telah selesai dilakukan pemeriksaan, maka bilik sampel akan distrelisasi dengan melakukan penyemprotan disinfektan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana mendesain dan merealisasikan prototipe bilik sampel Covid-19 beserta sistem monitornya yang meliputi selisih tekanan udara, suhu dan kelembaban.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Parameter lingkungan yang diukur adalah suhu, kelembaban dan selisih tekanan udara.
2. Bilik sampel didesain sebagai ruang bertekanan negatif, di mana posisi pasien di dalam ruangan dan posisi petugas di luar ruangan.
3. Filter udara keluar dibuat oleh pihak ketiga.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mendesain dan merealisasikan prototipe bilik sampel Covid-19.
2. Mendesain dan merealisasikan sistem monitoring kondisi bilik sampel Covid-19.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Meminimalkan risiko infeksi silang (*cross infection*) pada petugas medis maupun pasien saat pengambilan sampel *swab test*.
2. Bilik sampel memungkinkan pengambilan sampel dilakukan di banyak tempat. Pengambilan sampel tidak hanya di rumah sakit saja.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Bilik sampel telah diimplementasikan di beberapa negara, sebagai contoh di Korea Selatan. Di negara tersebut, bilik pengambilan sampel dikenal sebagai *Walk-Through(WT) testing for COVID-19*. Bilik tersebut dibuat dengan tujuan untuk menghindari kontak langsung antara petugas medis dengan pasien dan memastikan pasien yang akan diuji tidak terinfeksi oleh pasien yang diuji sebelumnya. Waktu keseluruhan proses pengujian mulai dari pendaftaran sampai pembayaran dapat diselesaikan dalam 20 menit. *Walk-Through(WT) testing for COVID-19* dibuat dengan menggunakan konsep *Negative Pressure Room* (NPR) yang umumnya digunakan pada ruangan isolasi agar udara di dalam nya tersebut tidak bocor keluar [4]. Selain itu, tujuan dari digunakannya konsep ruangan bertekanan negatif juga untuk mengurangi risiko infeksi melalui transmisi udara di dalam ruangan. Untuk mempertahankan tekanan negatif, jumlah udara yang keluar harus lebih besar dari udara yang masuk [5].

Di Indonesia, Rumah Sakit Akademik (RSA) UGM telah meluncurkan bilik sampel serupa yang diberi nama *GAMA Swab Sampling Chamber*. *GAMA* merupakan bilik sampel Covid-19 untuk melakukan pengambilan uji *swab* orang-orang yang terduga terpapar Covid-19. Hal tersebut dilatarbelakangi suatu problem yaitu kekurangan APD (Alat Pelindung Diri). *GAMA* menggunakan konsep ruangan bertekanan positif di dalamnya. Posisi petugas medis berada di dalam ruangan dan pasien yang diperiksa berada di luar. Ruangan bertekanan positif dipilih agar jika di luar ada *droplet* atau kontaminan dari pasien yang ada di luar maka petugas yang sedang ada di dalam ruangan tetap akan terlindungi sehingga tidak diperlukan lagi memakai APD level tiga [6].

Dari dua bilik sampel yang sudah disebutkan di atas, setiap bilik sampel mempunyai kekurangannya masing-masing. Pada *Walk-Through(WT) testing for COVID-19*, pasien yang berada di dalam bilik diharuskan dalam posisi berdiri. Saat pengambilan sampel, Pasien akan lebih nyaman apabila diposisikan untuk duduk terutama untuk pasien yang sudah tua. Untuk mengubah pasien posisi berdiri menjadi duduk maka akan mengubah dimensi dari bilik sampel tersebut yang mana akan mempengaruhi pemilihan *exhaust* yang akan digunakan. Sedangkan pada *GAMA Swab Sampling Chamber*, bilik dirancang menggunakan konsep ruangan bertekanan positif. Ruangan bertekanan positif memiliki kekurangan yaitu apabila pasien yang sedang diperiksa batuk maka *droplet* atau kontaminan akan langsung menyebar ke sekitarnya. Tentu saja hal tersebut akan berbahaya bagi orang yang sedang berada di sekitar bilik sampel tersebut. Berbeda dengan bilik sampel bertekanan positif, pada bilik sampel bertekanan negatif apabila

pasien batuk maka *droplet* atau kontaminan hanya menyebar di dalam bilik saja dan kemudian udara tersebut akan disalurkan keluar oleh *exhaust*. Udara yang keluar dari *exhaust* akan melalui filter untuk memastikan udara yang keluar dalam keadaan bersih.

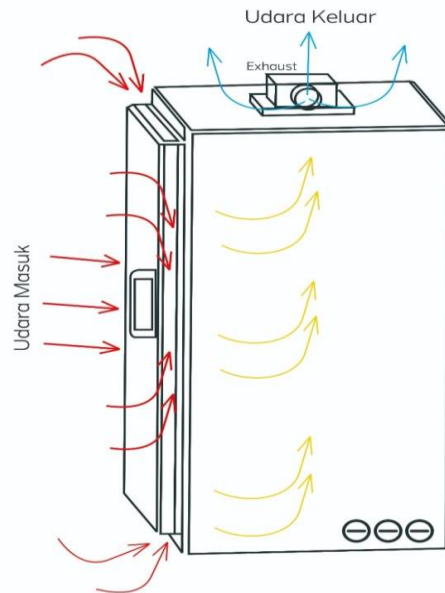
Sistem *monitoring* diperlukan untuk pengaturan suhu, kelembaban dan tekanan udara ruangan positif atau negatif, kebersihan dengan cara filtrasi dan udara ventilasinya, distribusi udara di dalam ruangan agar dapat mencegah berkembang biak dan tumbuhnya *mikroorganisme* di dalam bilik sampel. Sama halnya seperti ruangan-ruangan khusus, seperti ruang isolasi, ruang operasi, dan lain-lain [7].

2.1 Tinjauan Teori

2.1.1 Prinsip ruang bertekanan negatif

Pada ruangan bertekanan negatif, tekanan udara di dalam ruangan lebih rendah dibandingkan dengan tekanan udara di luar ruangan. Hal tersebut mengakibatkan tidak akan adanya udara yang akan keluar dari ruangan sehingga udara yang di luar ruangan tidak akan terkontaminasi oleh udara yang dari dalam ruangan. Ruangan bertekanan negatif khususnya digunakan untuk penyakit-penyakit yang dapat menular melalui udara sehingga kuman penyakit tidak akan mengkontaminasi udara luar [5].

Tekanan negatif dihasilkan dan dipertahankan dengan sistem ventilasi yang menghilangkan udara lebih banyak daripada membuat udara yang masuk ke dalam ruangan. Udara hanya diizinkan masuk ke ruangan melalui celah di sekitar pintu. Ruangan diharuskan kedap udara dan tidak membiarkan udara masuk melalui celah lain kecuali celah tersebut. Kebocoran udara dapat mengganggu bahkan dapat menghilangkan tekanan negatif ruangan [8]. Untuk mempertahankan tekanan udara negatif, pastikan untuk menjaga selisih tekanan udara terus menerus minimal tidak kurang dari (2,5 Pa [0,01 inchi pengukur udara]) dengan tekanan udara di luar ruangan dan memiliki nilai ACH > 12 [9]. ACH (*Air Change Hour*) merupakan pergantian udara di ruangan tersebut per jamnya. Gambar 2.1 merupakan ilustrasi ruangan bertekanan negatif.



Gambar 2.1 Ilustrasi Ruang Bertekanan Negatif

2.1.2 Monitoring parameter lingkungan di ruang bertekanan negatif

A. Mekanisme pengukuran tekanan udara

CDC (*Centers for Disease*) menerbitkan pedoman mengenai pengendalian infeksi yang mencakup rekomendasi mengenai ruang isolasi tekanan negatif pada tahun 2003 [9]. Kemudian, rumah sakit memilih metode untuk pengecekan ruang bertekanan negatif. Metode yang umum digunakan dalam pemantauan tekanan udara ialah uji asap/tisu dan pemantauan elektronik berkala (terus menerus).

Tes asap/tisu menggunakan asap atau kertas tisu dalam menilai tekanan ruangan. Asap atau tisu akan ditempatkan di dekat bagian bawah pintu dan jika asap atau tisu ditarik ke bawah pintu maka ruangan tersebut bertekanan negatif. Keuntungan tes tersebut ialah hemat biaya dan mudah untuk dilakukan namun memiliki kekurangan yaitu bukan untuk terus menerus dan tidak mengukur besaran tekanan. Pemantauan elektronik terus menerus menggunakan perangkat elektronik yang diletakkan di dalam dan di luar ruangan untuk memantau terus menerus selisih tekanan udara di dalam dan di luar ruangan. Keuntungan dari tes ini ialah pengujiannya dapat dilakukan terus menerus dan alarm akan memberi tahu petugas apabila ada perubahan selisih tekanan yang tidak diinginkan. Kekurangan dari tes ini ialah perangkat yang di dalam ruangan dapat terkontaminasi, biaya pembelian dan pemasangan perangkat mahal dan petugas harus dilatih agar paham dalam menggunakan dan mengkalibrasi perangkat [8].

Pengukuran selisih tekanan udara secara *realtime* dapat menggunakan sensor elektronik. Salah satu sensor yang bisa digunakan adalah D6F-PH0505AD3. Sensor ini cukup praktis karena

sensor ini dapat mengukur selisih tekanan/aliran udara positif maupun negatif dari -50 Pa sampai 50 Pa. Sistem kerja sensor ini dengan mendeteksi adanya perubahan aliran udara kemudian akan merubah nya menjadi tegangan listrik. Sensor D6F-PH0505AD3 akan memberikan *output* digital tingkat tinggi yang akurat dan sebanding dengan tekanan/aliran yang diberikan. Sensor ini memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi (pembacaan $\pm 3\%$) [10].

B. Mekanisme pengukuran suhu dan kelembaban ruangan

Pada bilik sampel Covid-19, *monitoring* suhu dan kelembaban diperlukan untuk mengetahui kondisi di dalam ruangan. Hal ini bermanfaat untuk mengetahui apakah kondisi di dalam ruang cukup nyaman untuk subjek yang sedang diambil sampelnya. Secara umum, suhu yang direkomendasikan pada ruangan bertekanan negatif adalah sekitar 21°C sampai 24°C [11]. Namun kondisi ini dicapai di rumah sakit dengan menggunakan *air conditioner*. Pada bilik sampel, penambahan *air conditioner* akan menambah kompleksitas dan biaya. Lebih lanjut, virus SAR-Cov-2 penyebab mampu bertahan lebih lama di suhu yang dingin.

Selain suhu, kelembaban juga merupakan parameter penting. Pada kelembaban yang tinggi *droplet* pembawa SAR-Cov-2 lebih mudah jatuh, sehingga jarak transmisi melalui udara menjadi lebih pendek. Namun, kelembaban yang terlalu tinggi bisa menimbulkan ketidaknyaman pada subjek yang diambil sampelnya.

Untuk mengukur suhu dan kelembaban secara *realtime* bisa menggunakan sensor elektronik. Salah satu sensor yang bisa digunakan adalah DHT22. Sensor ini sangat praktis karena mampu mengukur suhu dari -40°C sampai 80°C serta kelembaban relatif 0 sampai 100% dengan tingkat akurasi $\leq \pm 0,5^\circ\text{C}$ untuk suhu dan $\pm 2\% \text{RH}$ (Max $\pm 1\% \text{RH}$). *Output* data digital memudahkan pembacaan maupun pengiriman data jauh. Sensor DHT22 mampu mentransmisikan sinyal hasil pengukuran melewati kabel yang panjang hingga 20 meter, sehingga cocok untuk ditempatkan di mana saja [12].

C. Sistem alarm

Pada tugas akhir ini, digunakan mikrokontroler Arduino Uno untuk membaca suhu dan kelembaban dari sensor DHT22 serta selisih tekanan udara dari sensor D6F-PH0505AD3. Mikrokontroler juga bertugas untuk menampilkan data-data lingkungan tersebut ke LCD untuk dibaca pengguna. Lebih lanjut agar pengguna tahu tekanan negatif bekerja, dibuat sistem alarm berupa sinyal LED. Pada sistem alarm ini, LED akan menyala apabila tekanan di bawah *threshold* (ambang batas) yang ditentukan dan akan mati apabila tekanan sudah di atas nilai *threshold*.

D. Nilai acuan standar suhu, kelembaban udara dan selisih tekanan udara pada ruangan bertekanan negatif

- Nilai standar suhu : 21 °C sampai 24 °C [11].
- Nilai standar kelembaban udara : 30% sampai 60% [9].
- Nilai standar selisih tekanan udara : Minimal tidak kurang dari (2,5 Pa [0,01 inchi pengukur udara]) dan memiliki nilai ACH > 12 [9].



BAB 3

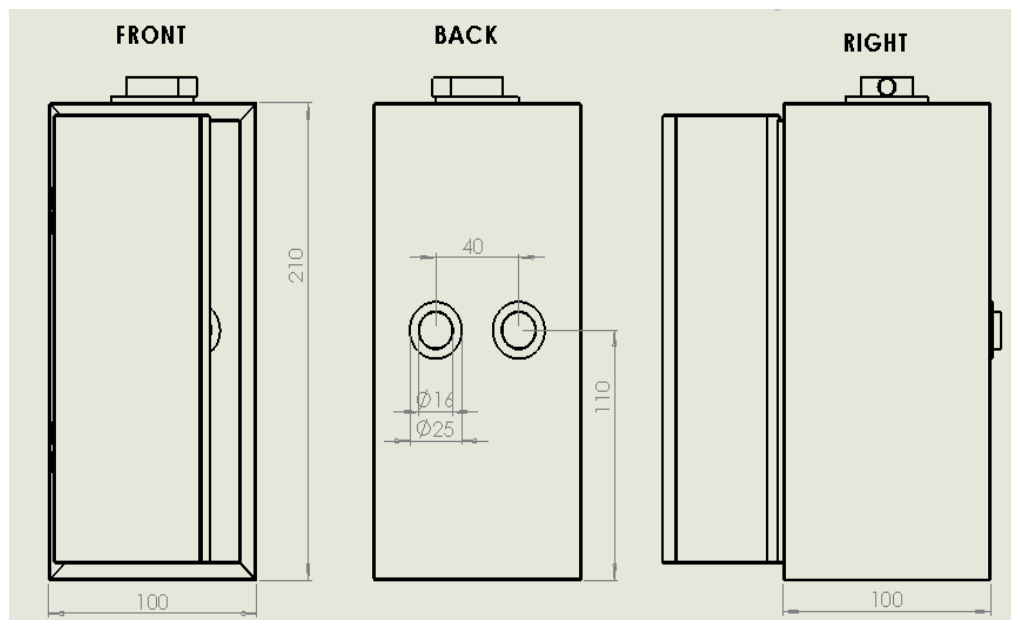
METODOLOGI

Perancangan prototipe bilik sampel Covid-19 dan sistem monitornya dilakukan dalam 3 tahapan yaitu; i) Desain bilik sampel dan pemilihan *exhaust fan*, ii) Desain sistem monitoring dan iii) Pengujian dan analisa sistem:

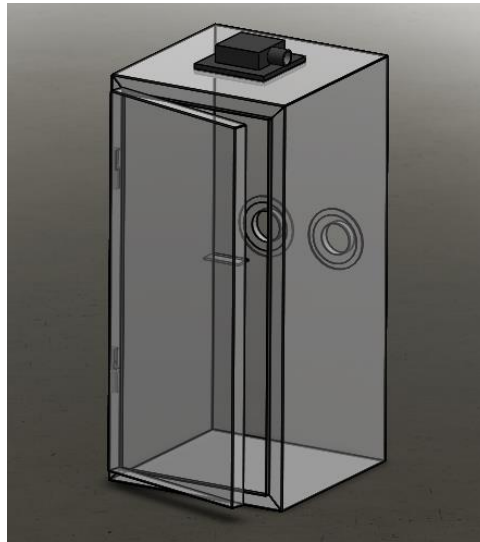
3.1 Desain Bilik Sampel

3.1.1 Bilik Sampel

Tahap ini merupakan tahap perancangan awal dari bilik sampel Covid-19. Ukuran bilik dirancang berdasarkan data antropometri orang Indonesia (tinggi badan, tinggi bahu dan tinggi siku). Bilik sampel Covid-19 berdimensi 1 m × 1 m × 2,1 m dibuat menggunakan rangka aluminium, menggunakan lapisan bawah dari tripleks dan dindingnya menggunakan bahan kaca tebal 5 mm. Kaca dan tripleks dipilih karena mudah untuk dibersihkan dengan disinfektan. Bilik sampel ini juga dilengkapi dengan 4 buah roda agar bilik lebih mudah untuk dipindah-pindah. Pada bagian belakang bilik sampel juga disediakan dua buah lubang dengan diameter sebesar 25 cm untuk dudukan tangan diletakkan. Gambar 3.1 merupakan desain bilik sampel tampak dari depan, belakang dan dari sisi kanan. Gambar 3.2 merupakan desain 3D dari bilik sampel.



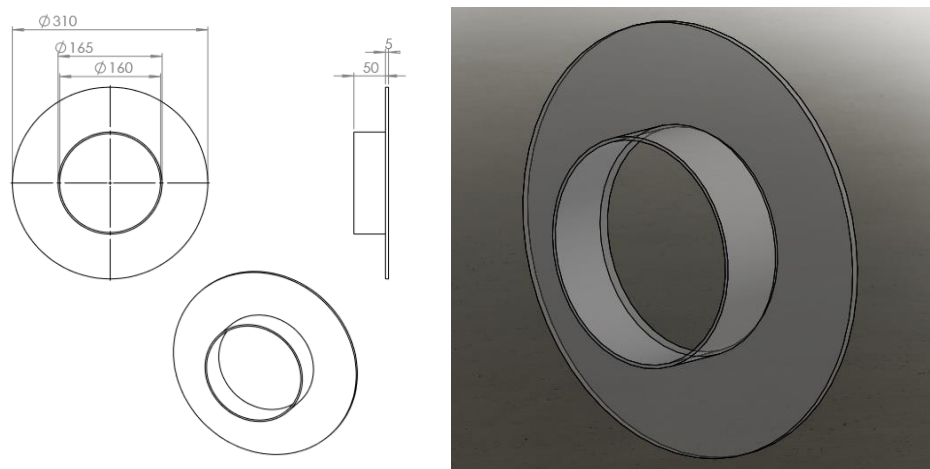
Gambar 3.1 Desain Bilik Sampel Tampak Depan, Belakang dan Kanan



Gambar 3.2 Desain 3 Dimensi Bilik Sampel

3.1.2 Dudukan tangan

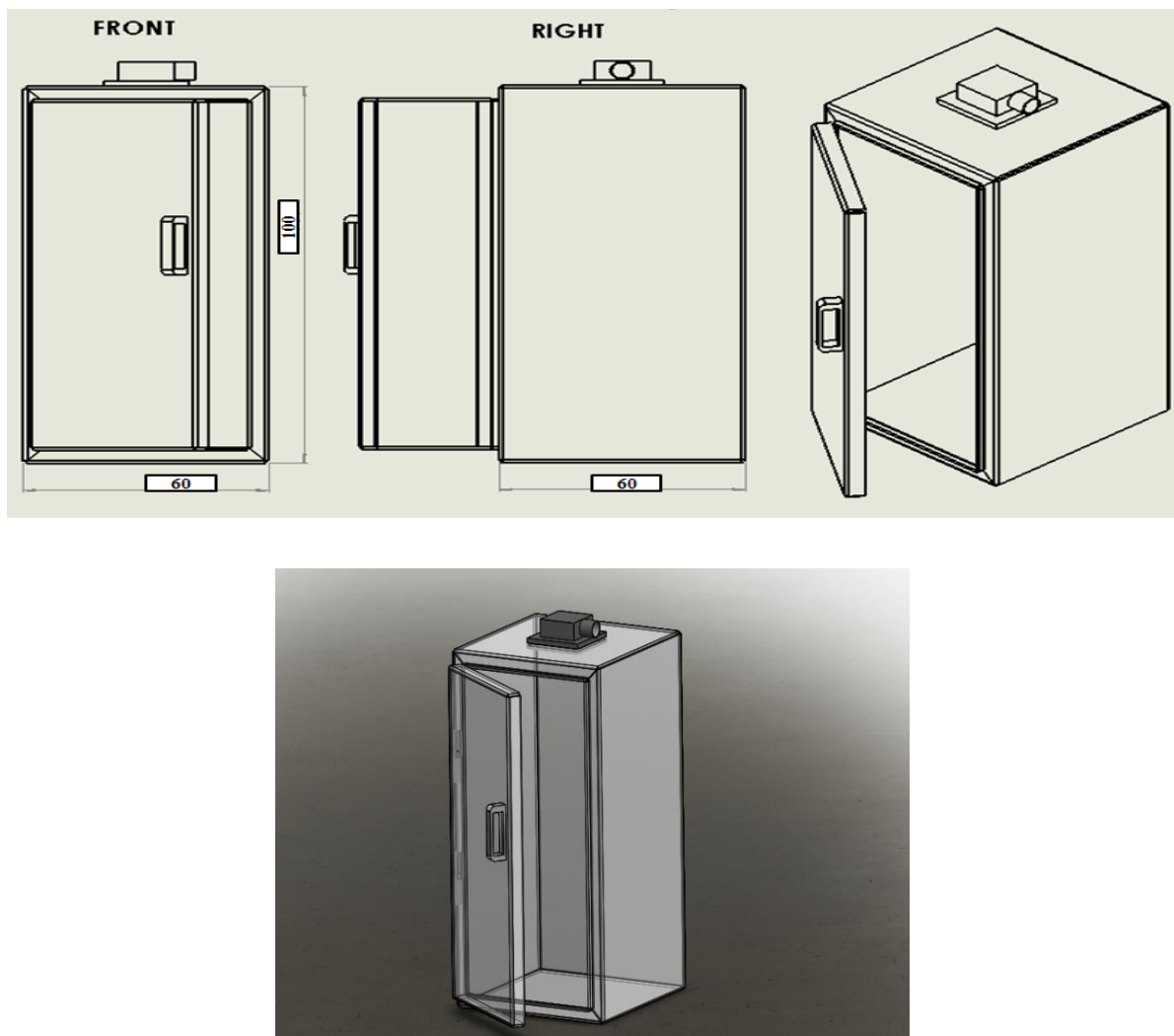
Dudukan tangan bilik sampel Covid-19 terbuat dari bahan akrilik tebal 5 mm berbentuk lingkaran yang berjumlah dua buah. Masing-masing dudukan tangan terdiri dari lingkaran berdiameter 31 cm dan di tengahnya terdapat sebuah lubang berdiameter 16 cm, nantinya pada dudukan tersebut dipasang 2 buah sarung tangan. Dudukan tangan dibuat dengan jarak 110 cm dari lantai dan jarak antar lubangnya sebesar 40 cm, yang mana dibuat se nyaman mungkin untuk mempermudah petugas medis dalam pengambilan sampel pasien yang ada di dalam bilik sampel Covid-19. Nantinya, dudukan tangan akan direkatkan pada bilik sampel menggunakan lem pada 2 buah lubang yang sudah disediakan pada bilik sampel Covid-19. Desain dudukan tangan dibuat menggunakan aplikasi *Solidwork*. Gambar 3.3 merupakan desain dan gambaran 3D dari dudukan tangan bilik sampel.



Gambar 3.3 Desain Dudukan Tangan

3.1.3 *Mock-up* bilik sampel Covid-19

Mock-up bilik sampel Covid-19 berdimensi 60 cm × 60 cm × 100 cm yang terbuat dari bahan kaca tebal 5 mm dengan dasarnya terbuat dari tripleks dan dilengkapi dengan 4 buah roda. Pada bagian atas *mock-up* dipasang sebuah *exhaust fan* berdaya hisap 180 CMH untuk mengatur sirkulasi udara. *Mock-up* dibuat tanpa adanya lubang untuk dudukan tangan karena *mock-up* dibuat khusus untuk menguji sistem *monitoring* untuk bilik sampel Covid-19. Sama halnya dengan bilik sampel, *mock-up* juga dibuat dengan konsep ruangan bertekanan negatif. Desain 3D *mock-up* dibuat dengan menggunakan aplikasi *Solidwork*. Gambar 3.4 merupakan desain dan gambaran 3D dari *mock-up* bilik sampel.



Gambar 3.4 Desain Bilik Sampel Covid-19

3.1.4 Pemilihan *Exhaust Fan*

Exhaust Fan yang digunakan pada bilik sampel bertipe KDK 24CDQN. Spesifikasi dari *exhaust* KDK 24CDQN ini dapat dilihat pada Tabel 3.1. *Exhaust* tipe ini dipilih karena memiliki daya hisap udara yang besar namun memiliki *noise* yang tidak besar sehingga tidak menyebabkan kebisingan di tempat sekitar. *Exhaust* tipe ini juga memiliki harga yang relatif terjangkau.

Tabel 3.1 Spesifikasi *exhaust* KDK 24CDQN

Weight(Kg)	3
HZ	50
Watt	16
RPM	810
Air Volume(CMH)	210
Noise (dB)	34

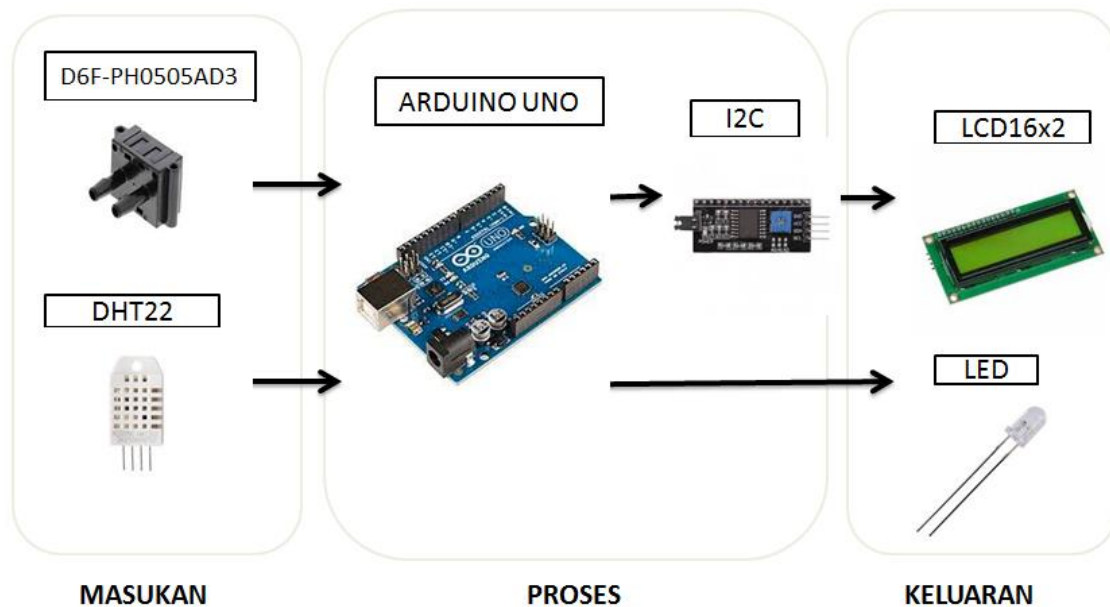
Dengan daya hisap sebesar 180 CMH (*Cubic Meter Hour*) maka didapatkan nilai ACH (*Air Change Hour*) sebesar 85,7 dengan rumus :

$$ACH = \frac{CMH}{Volume Ruangan} \quad 3.1$$

3.2 Desain Sistem Monitoring

3.2.1 Desain Sistem

Pembuatan sistem *monitoring* membutuhkan perancangan dan juga desain sistem yang baik agar memudahkan dalam pembuatan prototipe. Komponen apa saja yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem *monitoring* bilik sampel Covid-19 dalam dilihat pada Gambar 3.5.

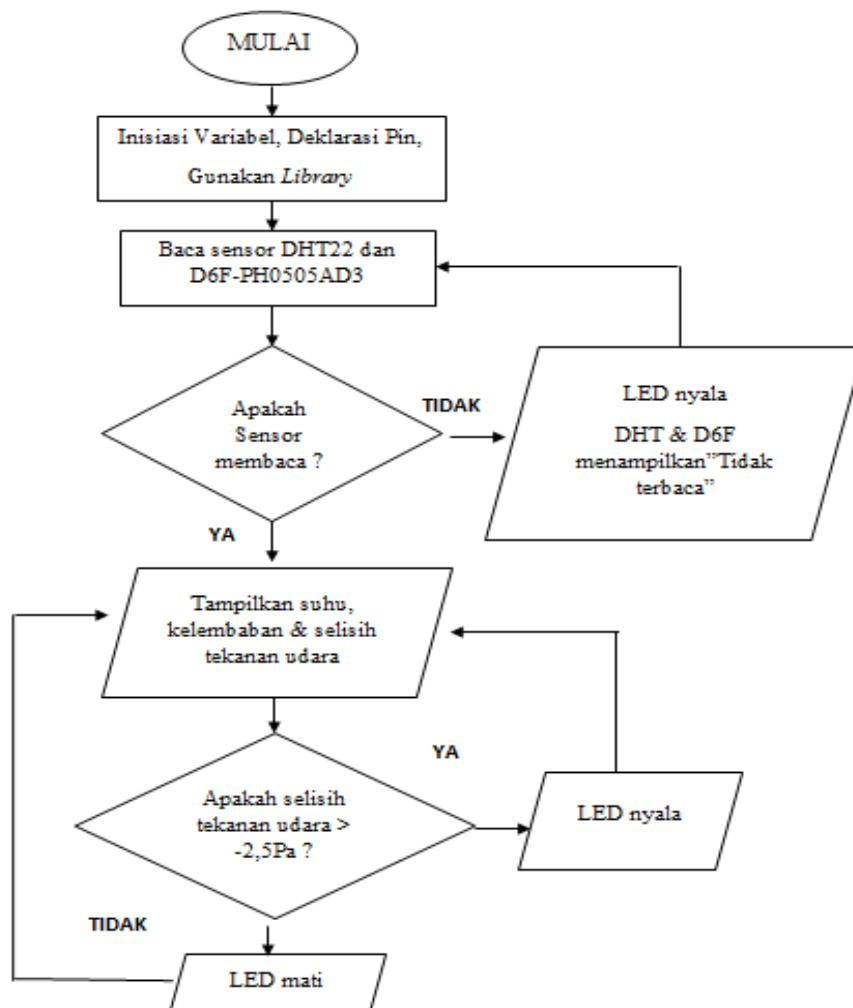


Gambar 3.5 Desain Sistem *Monitoring*

Sistem *monitoring* bilik sampel Covid-19 dibagi menjadi 2 bagian. Bagian pertama yang terdiri dari DHT22 diletakkan di dalam ruangan dan bagian kedua yang terdiri dari D6F-PH0505AD3, Arduino Uno, LED, I2C dan LCD16×2 diletakkan pada luar ruangan. DHT22 dan D6F-PH0505AD3 terhubung ke Arduino Uno dengan menggunakan jumper. Sensor D6F-PH0505AD3 dilengkapi dengan dua buah selang yang diarahkan keluar dan ke dalam bilik sampel. Hal tersebut untuk melakukan pengukuran selisih antara tekanan udara di dalam bilik sampel dan di luar bilik sampel sesuai dengan cara kerja sensor tersebut yaitu *differential pressure*.

Prinsip kerja dari sistem ini ialah memantau keadaan di dalam bilik sampel Covid-19 dengan mengirimkan data suhu, kelembaban, dan selisih tekanan udara untuk ditampilkan pada LCD di luar bilik sampel. Setiap detik sensor DHT22 (suhu dan kelembaban udara) dan D6F-PH0505AD3 (selisih tekanan udara) akan mengirimkan data ke Arduino Uno. Apabila terjadi *error* dalam pembacaan nilai suhu, kelembaban dan tekanan udara, maka LED yang ada di luar bilik sampel akan menyala. Apabila LED menyala, maka sistem *monitoring* maupun bilik sampel harus segera dilakukan pemeriksaan. LED juga akan menyala apabila nilai tekanan udara berada lebih kecil dari 2,5 Pa.

3.2.2 Cara Kerja Sistem



Gambar 3.6 Diagram alir program sistem *monitoring* parameter lingkungan bilik sampel

Cara kerja sistem *monitoring* secara singkat dijelaskan dalam diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.6. Tahap pertama dimulai dengan melakukan inisialisasi variabel, deklarasi pin dan *library* arduino yang akan digunakan. Pada inisialisasi variabel terdiri dari program untuk mengaktifkan fungsi LCD, DHT22, DF6-PH0505AD3 dan baudrate komunikasi serial. *Input* dari sistem *monitoring* didapatkan dari sensor DHT dan sensor D6F-PH0505AD3 yang digunakan. *Output* dari nilai yang terbaca sensor akan ditampilkan pada LCD16×2 (baris pertama nilai sensor DHT dan baris kedua nilai sensor D6F-PH0505AD3) dalam setiap detik (1000). Pada saat pembacaan nilai sensor DHT dan D6F-PH0505AD3, apabila nilai sensor DHT dan D6F-PH0505AD3 tidak terbaca, maka pada LCD baris pertama dan baris kedua akan menampilkan ("Tidak terbaca") dan LED akan nyala. Apabila nilai sensor DHT dan D6F-PH0505AD3 sudah terbaca, maka nilai suhu (T), kelembaban (H) dan selisih tekanan udara (Pa) akan ditampilkan pada LCD dan LED akan mati. Untuk pembacaan nilai sensor D6F-

PH0505AD3, apabila nilai selisih tekanan udara (P) berada lebih besar dari -2,5 Pa maka LED akan menyala. Apabila nilai sensor sudah kurang atau sama dengan -2,5 Pa maka LED akan mati.

3.3 Pengujian dan Analisa Sistem

3.3.1 Prosedur pengukuran dan kalibrasi sensor

a. Kalibrasi sensor DHT22

- Pertama, sensor DHT22 yang sudah terhubung ke Arduino Uno dan HTC V.02 *Environment* sebagai kalibrator diletakkan di satu tempat *outdoor*.
- Kemudian, masing-masing sensor dan kalibrator diambil data mulai dari jam 05.50 sampai 17.30 wib.
- Perubahan suhu dan kelembaban dari pagi sampai sore dimanfaatkan dalam kalibrasi sensor DHT22 menggunakan kalibrator HTC V.02 *Environment*. Gambar 3.7 merupakan gambar HTC V.2 *Environment*.
- Perbandingan pembacaan sensor DHT22 dan HTC V.02 *Environment* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.2 Perbandingan Pembacaan DHT22 dan HTC V.02 *Environment*

Perbandingan Pembacaan	DHT22	HTC V.02 <i>Environment</i>
Jangkauan pembacaan suhu	-40°C sampai +80°C	-50°C sampai +70°C
Jangkauan pembacaan kelembaban	0% sampai 100% RH	10% sampai 99% RH
Akurasi pembacaan suhu	$\leq \pm 0,5^\circ\text{C}$	$\pm 1^\circ\text{C}$
Akurasi pembacaan kelembaban	$\pm 2\%$ RH (Max $\pm 5\%$ RH)	$\pm 5\%$ RH
Resolusi pembacaan suhu	0,1°C	0,1°C
Resolusi pembacaan kelembaban	0,1% RH	1% RH



Gambar 3.7 HTC V.02 *Environment*

b. Kalibrasi sensor D6F-PH0505AD3

- Pertama, siapkan sensor D6F-PH0505AD3 dan *magnehelic pressure gauges* sebagai kalibrator. Masing-masing bagian lubang (+) sensor dan kalibrator dipasang selang dengan panjang kurang lebih 1 m.
- Kemudian, selang sensor dan kalibrator dimasukkan pada *box* kalibrasi ukuran 30 cm × 30 cm × 50 cm yang dibuat dengan tutup atas tripleks. *Box* kalibrasi terdapat lubang berukuran panjang 20 cm dan lebar 30 cm.
- Untuk mendapatkan nilai selisih tekanan udara nantinya lubang akan dibuka perlahan dalam 7 titik yaitu 28 Pa, 24 Pa, 20 Pa, 16 Pa, 12 Pa, 8 Pa, dan 4 Pa.
- Pada masing-masing titik dilakukan pengambilan data selama 3 menit (180 data) dengan kondisi *exhaust* menyala (daya hisap *exhaust* 90 CMH).
- Perubahan nilai selisih tekanan udara yang disebabkan oleh ukuran lubang dimanfaatkan dalam kalibrasi sensor D6F-PH0505AD3 terhadap *magnehelic pressure gauges*. Gambar 3.8 merupakan gambar *magnehelic pressure gauges*.
- Perbandingan pembacaan sensor D6F-PH55AD3 dan *magnehelic pressure gauges* dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.3 Perbandingan Pembacaan D6F-PH0505AD3 dan *Magnehelic Pressure Gauges*

Perbandingan Pembacaan	D6F-PH0505AD3	Magnehelic Pressure Gauges
Jangkauan pembacaan	-50 Pa sampai 50 Pa	-30 Pa sampai 30 Pa
Akurasi pembacaan	±3%RD	±2%FS
Sensitivitas pembacaan	±0,2 Pa	±1Pa



Gambar 3.8 *Magnehelic Pressure Gauges*

3.3.2 Pengujian Sistem *Monitoring*

a. Pengujian Sistem *Monitoring* saat Kondisi Pintu Terbuka *Exhaust* Mati

Pada *Mock-up* bilik sampel Covid-19, pengujian pertama dilakukan dengan membiarkan pintu *mock-up* bilik sampel Covid-19 tetap terbuka dan tidak menyalakan *exhaust fan*. Pada kondisi tersebut akan dilakukan pengambilan data suhu, kelembaban dan selisih tekanan udara selama 10 menit.

b. Pengujian Sistem *Monitoring* saat Kondisi Pintu Terbuka *Exhaust* Nyala

Pengujian kedua dilakukan dengan tetap membiarkan pintu *mock-up* bilik sampel Covid-19 terbuka namun *exhaust fan* dinyalakan. Pada kondisi tersebut akan dilakukan pengambilan data suhu, kelembaban dan selisih tekanan udara selama 10 menit.

c. Pengujian Sistem *Monitoring* saat Kondisi Pintu Tertutup *Exhaust* Mati

Pengujian ketiga dilakukan dengan menutup pintu *mock-up* bilik sampel Covid-19 dan *exhaust fan* tidak dinyalakan. Pada kondisi tersebut akan dilakukan pengambilan data suhu, kelembaban dan selisih tekanan udara selama 10 menit.

d. Pengujian Sistem *Monitoring* saat Kondisi Pintu Tertutup *Exhaust* Nyala

Pengujian keempat dilakukan dengan tetap membiarkan pintu *mock-up* bilik sampel Covid-19 tertutup namun *exhaust fan* dinyalakan. Pada kondisi tersebut akan dilakukan pengambilan data suhu, kelembaban dan selisih tekanan udara selama 10 menit.

3.3.3 Analisis Sistem *Monitoring*

a. Analisis Data Kalibrasi Sensor DHT22 dan D6F-PH0505AD3

Analisis data kalibrasi masing masing sensor DHT22 dan D6F-PH0505AD3 dilakukan untuk mengetahui seberapa besar akurasi pengukuran sensor terhadap kalibratornya. Dari hal tersebut, diharapkan dengan melakukan kalibrasi dapat meningkatkan akurasi dari pengukuran sensor terhadap kalibratornya.

b. Perbandingan Nilai Suhu pada 4 Kondisi

Perbandingan ini dilakukan dengan membandingkan nilai suhu pada saat pintu *mock-up* bilik sampel Covid-19 terbuka *exhaust fan* mati (kondisi 1), pintu *mock-up* bilik sampel Covid-19 terbuka *exhaust fan* nyala (kondisi 2), pintu *mock-up* bilik sampel Covid-19 tertutup *exhaust fan* mati (kondisi 3) dan pintu *mock-up* bilik sampel Covid-19 tertutup *exhaust fan* nyala (kondisi 4).

c. Perbandingan Nilai Kelembaban pada 4 Kondisi

Perbandingan ini dilakukan dengan membandingkan nilai kelembaban pada saat pintu *mock-up* bilik sampel Covid-19 terbuka *exhaust fan* mati (kondisi 1), pintu *mock-up* bilik sampel Covid-19 terbuka *exhaust fan* nyala (kondisi 2), pintu *mock-up* bilik sampel Covid-19 tertutup *exhaust fan* mati (kondisi 3) dan pintu *mock-up* bilik sampel Covid-19 tertutup *exhaust fan* nyala (kondisi 4).

d. Perbandingan Nilai Selisih Tekanan Udara pada 4 Kondisi

Perbandingan ini dilakukan dengan membandingkan nilai selisih tekanan udara pada saat pintu *mock-up* bilik sampel Covid-19 terbuka *exhaust fan* mati (kondisi 1), pintu *mock-up* bilik sampel Covid-19 terbuka *exhaust fan* nyala (kondisi 2), pintu *mock-up* bilik sampel Covid-19 tertutup *exhaust fan* mati (kondisi 3) dan pintu *mock-up* bilik sampel Covid-19 tertutup *exhaust fan* nyala (kondisi 4).

e. Persentase Error

$$\text{Persentase error} = \frac{\text{pengukuran alat} - \text{pengukuran sensor}}{\text{pengukuran alat}} \times 100\% \quad 3.2$$

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Bilik Sampel

Bilik sampel yang sudah jadi ditunjukkan pada Gambar 4.1. Bilik sampel ini dibuat dari material kaca dan lantai bilik terbuat dari tripleks. Bilik sampel berdimensi 100 cm × 100 cm × 210 cm. Bilik sampel ini sudah dikirimkan dan digunakan di Puskesmas Gondomanan. Karena sensor tekanan yang sesuai belum diperoleh saat bilik sampel dikirimkan, maka sistem *monitoring* belum dipasang pada bilik tersebut. Untuk selanjutnya pengujian sistem *monitoring* menggunakan *mock-up* bilik sampel yang dibuat dengan ukuran yang lebih kecil.



Gambar 4.1 Bilik Sampel Covid-19 yang Sudah Terpasang di Puskesmas Gondomanan

4.2 *Mock-up* bilik sampel

Mock-up bilik sampel yang dibuat untuk menguji sistem ditunjukkan pada Gambar 4.2. *Mock up* ini dibuat dari material kaca dan lantai bilik terbuat dari bahan tripleks. *Mock-up* berdimensi 60 cm × 60 cm × 100 cm. Pada *mock-up* bilik sampel ini, nantinya akan dilakukan pengujian sistem monitoring suhu, kelembaban udara dan selisih tekanan udara.



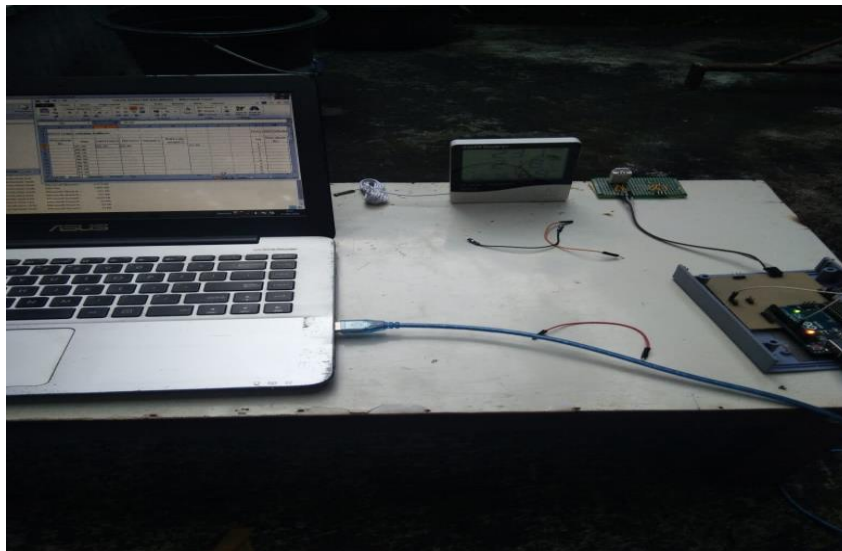
Gambar 4.2 *Mock-up* Bilik Sampel

اجتياز استدارت

4.3 Kalibrasi Sensor

4.3.1 Kalibrasi Sensor DHT22

DHT22 merupakan sensor yang dapat mengukur suhu dan kelembaban udara. Sebelum digunakan pada penelitian ini, sensor DHT22 dikalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi DHT22 dilakukan dengan melakukan perbandingan dengan HTC V.02 *Environment* sebagai kalibrator. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keakurasian dari sensor DHT22. Sensor DHT22 dan HTC V.02 *environment* dilakukan pengambilan data mulai dari pukul 05.50 sampai 17.30 wib pada sebuah tempat *outdoor* dengan memanfaatkan perubahan suhu dan kelembaban udara dari pagi hari sampai sore hari seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Kalibrasi DHT22 Menggunakan HTC V.02 Environment

Dari Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 di bawah, persentase *error* dapat dihitung dengan Persamaan 3.1. Kemudian, persentase *error* dirata-rata untuk mendapatkan persentase rata-rata *error*. Dari persentase rata-rata *error*, maka dapat diketahui keakurasian sensor terhadap kalibrator. Keakurasian dapat dihitung dengan rumus $100\% - \text{persentase rata-rata error}$. Keakurasian dari sensor DHT22 terhadap suhu adalah $100\% - 1,72\% = 98,28\%$ (Tabel 4.1) dan keakurasian dari sensor DHT22 terhadap kelembaban adalah $100\% - 8,98\% = 91,02\%$ (Tabel 4.2).

Tabel 4.1 Hasil Perbandingan Suhu DHT22 dan HTC V.02 *Environment*

No	Jam(wib)	DHT22(C)	HTC(C)	%Error
1	05.50	22,1	22,4	1,34
2	06.00	21,6	21,8	0,92
3	06.10	21,5	21,8	1,38
4	06.20	22,1	23,1	4,33
5	06.30	23,8	25,2	5,56
6	06.40	23,3	23,8	2,1
7	06.50	24,8	25,4	2,36
8	07.00	24,6	25,2	2,38
9	07.10	25,8	26,2	1,53
10	07.20	26,6	27,4	2,92
11	07.30	25,4	25,5	0,39
12	07.40	26	26,6	2,26
13	07.50	27,8	28,6	2,8
14	08.00	28,1	28,6	1,75
15	08.30	29,5	29,5	0
16	08.40	30,2	30,8	1,95
17	08.50	30,3	30,7	1,3
18	09.00	30,5	30,9	1,29
19	09.10	30,9	32	3,44
20	09.20	31,1	32,5	4,31
21	09.30	31,6	32	1,25
22	09.40	31,2	31,8	1,89
23	09.50	31,6	32	1,25
24	10.00	32	32	0
25	10.10	31,9	32,2	0,93
26	10.20	32,2	32,5	0,92
27	10.30	32	32,2	0,62
28	10.40	32,3	32,2	0,31
29	10.50	32,3	32,5	0,62
30	11.00	32,1	32,2	0,31
31	12.35	32,4	32,8	1,22
32	12.45	32,6	33,1	1,51
33	12.55	32,5	33,1	1,81
34	13.05	32,4	32,8	1,22
35	16.40	29,7	30,2	1,66
36	16.50	29,5	30	1,67
37	17.00	29,2	29,8	2,01
38	17.10	29	29,5	1,69
39	17.20	28,6	29,1	1,72
40	17.30	28,3	28,8	1,74
RATA-RATA				1,72

Tabel 4.2 Hasil Perbandingan Kelembaban DHT22 dan HTC V.02 *Environment*

No	Jam(wib)	DHT22(%)	HTC(%)	%Error
1	05.50	78	67	16,42
2	06.00	80,2	69	16,23
3	06.10	82,8	75	10,4
4	06.20	71,2	72	1,11
5	06.30	53,4	58	7,93
6	06.40	57,9	57	1,58
7	06.50	46,6	50	6,8
8	07.00	47,9	49	2,24
9	07.10	47,3	46	2,83
10	07.20	42	43	2,33
11	07.30	54,4	50	8,8
12	07.40	51,8	55	5,82
13	07.50	40,6	43	5,58
14	08.00	38,8	41	5,37
15	08.30	36,9	37	0,27
16	08.40	34	36	5,56
17	08.50	32,5	34	4,41
18	09.00	33,5	34	1,47
19	09.10	33,6	34	1,18
20	09.20	35	31	12,9
21	09.30	35,4	31	14,19
22	09.40	34,9	30	16,33
23	09.50	34,3	32	7,19
24	10.00	35,8	32	11,88
25	10.10	34,8	31	12,26
26	10.20	37,9	32	18,44
27	10.30	38	32	18,75
28	10.40	37,2	33	12,73
29	10.50	36,7	32	14,69
30	11.00	37,1	32	15,94
31	12.35	39,3	35	12,29
32	12.45	39,6	36	10
33	12.55	39,7	36	10,28
34	13.05	40,8	35	16,57
35	16.40	58,4	54	8,15
36	16.50	60	56	7,14
37	17.00	62,2	57	9,12
38	17.10	62,3	58	7,41
39	17.20	64,3	59	8,98
40	17.30	64,5	60	7,5
RATA-RATA				8,98

4.3.2 Kalibrasi Sensor D6F-PH0505AD3

D6F-PH0505AD3 merupakan sensor yang dapat mengukur selisih tekanan udara. Sebelum digunakan pada penelitian ini, sensor D6F-PH0505AD3 dikalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi D6F-PH0505AD3 dilakukan dengan melakukan perbandingan dengan *magnehelic pressure gauges* sebagai kalibrator. Kalibrasi D6F-PH0505AD3 terhadap kalibrator dilakukan pada sebuah *box* kalibrasi berdimensi 30 cm × 30 cm × 50 cm yang terbuat dari kaca dan bertutupkan atas tripleks yang sudah terpasang exhaust berdaya hisap 90 CMH (*Cubic Meter Hour*) seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.4. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keakurasian dari sensor D6F-PH0505AD3.



Gambar 4.4 Kalibrasi D6F-PH0505AD3 Menggunakan *Magnehelic Pressure Gauges*

Tabel 4.3 Hasil Nilai Selisih Tekanan Udara D6F-PH0505AD3 dan *Magnehelic Pressure Gauges*

Percobaan Ke-	Selisih Tekanan Udara (Pa)	Rata-rata %Error	Standar Deviasi
1	-4	16,511	0,37
2	-8	7,185	0,344
3	-12	4,905	0,388
4	-16	6,22	0,559
5	-20	4,596	0,697
6	-24	7,928	0,512
7	-28	1,229	0,277
RATA-RATA		6,94	0,4495

Dari Tabel 4.3 masing masing percobaan dilakukan selama 3 menit atau 180 detik. Nilai dari persentase *error* dapat dihitung dengan Persamaan 3.1. Kemudian, persentase *error* dirata-rata untuk mendapatkan persentase rata-rata *error*. Dari persentase rata-rata *error*, maka dapat diketahui keakurasian sensor terhadap kalibrator. Keakurasian dapat dihitung dengan rumus $100\% - \text{persentase rata-rata } error$. Keakurasian dari sensor D6F-PH0505AD3 terhadap selisih tekanan udara adalah $100\% - 6,94\% = 93,06\%$. Dari Tabel 4.3 juga dapat dilihat standar deviasi pembacaan sensor yang memiliki rata rata 0,4495.

4.4 Menguji Sistem Monitoring Bilik Sampel Covid Secara Keseluruhan

Sistem monitoring selisih tekanan udara, suhu dan kelembaban udara bilik sampel Covid-19 dapat dilihat pada Gambar 4.5 yang terdiri dari dari sensor DHT22, sensor D6F-PH0505AD3, Arduino Uno, LCD16×2, I2C dan LED.

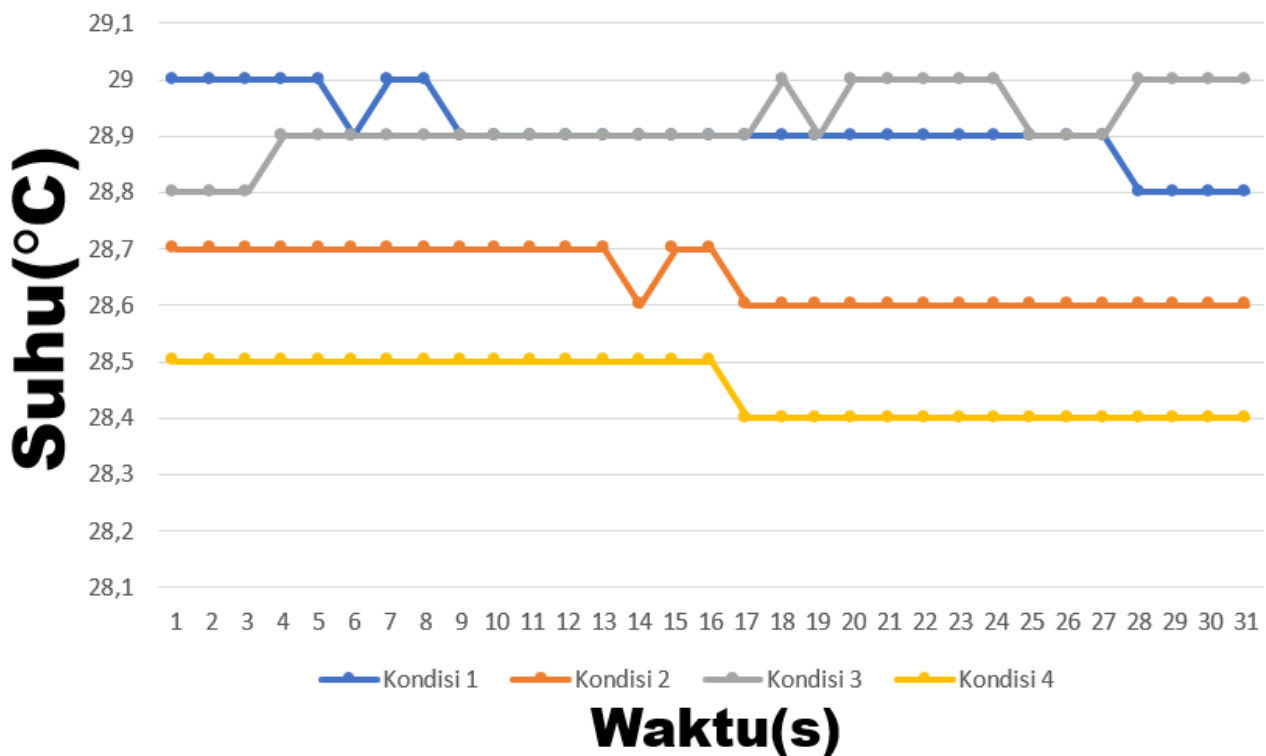


Gambar 4.5 Sistem Monitoring Bilik Sampel Covid-19

4.4.1 Pengujian *Monitoring Suhu* pada 4 Kondisi

Pengujian suhu dilakukan pada *mock-up* bilik sampel Covid-19 berdimensi 60 cm × 60 cm × 100 cm selama 10 menit dengan rentang waktu 20 detik (terdapat 31 data). Pengujian dilakukan bertujuan untuk membandingkan nilai suhu di dalam *mock-up* bilik sampel Covid-19 pada masing-masing kondisi. Kondisi 1 merupakan kondisi saat pintu terbuka *exhaust* mati, kondisi 2 merupakan kondisi saat pintu terbuka *exhaust* nyala, kondisi 3 merupakan kondisi saat pintu tertutup *exhaust* mati dan kondisi 4 merupakan kondisi saat pintu tertutup *exhaust* nyala.

Setelah melakukan pengujian pada masing-masing kondisi, didapatkan hasil pembacaan suhu pada Gambar 4.6.



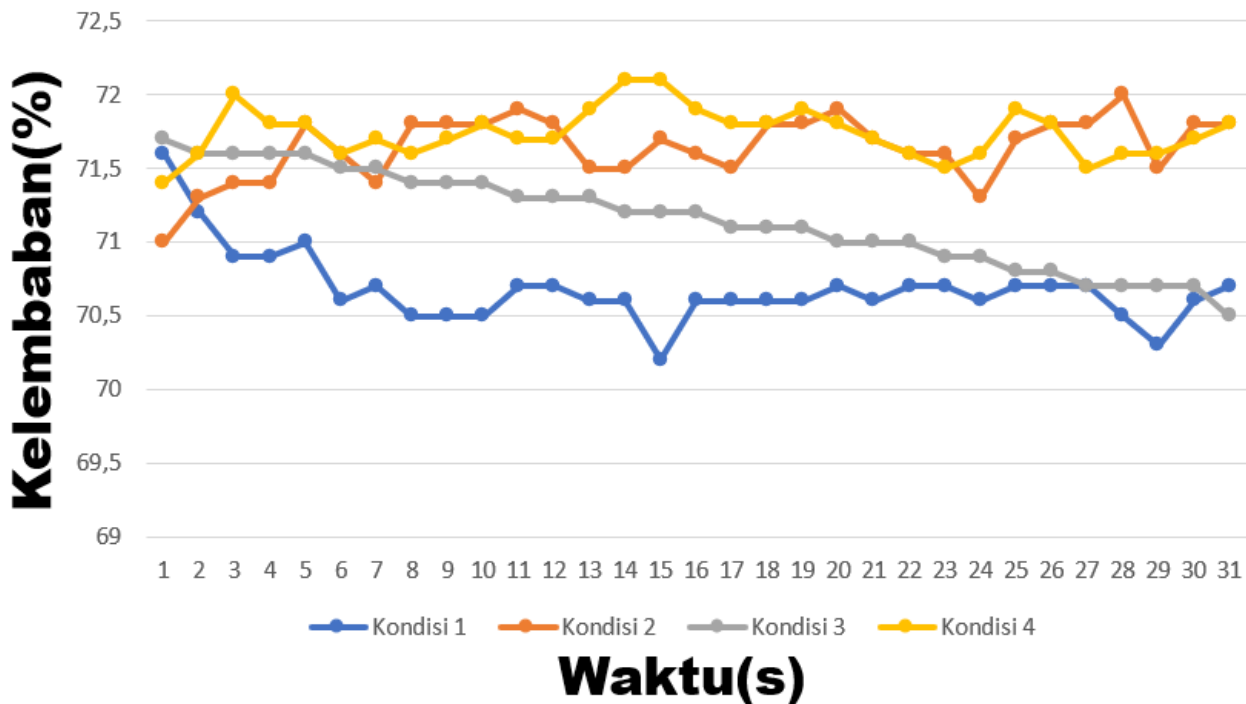
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Suhu Antara 4 Kondisi

Dari hasil pengujian *monitoring* suhu pada Gambar 4.6, dapat dilihat pada kondisi 1 (pintu terbuka *exhaust* mati) dan kondisi 3 (pintu tertutup *exhaust* mati) suhu berada di titik yang paling tinggi yaitu 30°C. Suhu terendah pada kondisi 4 (pintu tertutup *exhaust* nyala) yaitu 28,4°C. Suhu terendah kedua ialah pada kondisi 2 (pintu terbuka *exhaust* nyala). Dari data tersebut, dapat dilihat *exhaust* memiliki pengaruh penting dalam menurunkan suhu di dalam *mock-up* bilik sampel Covid-19. Bahan pembuatan *mock-up* bilik sampel Covid-19 diduga juga mempengaruhi nilai suhu di dalam ruangan.

4.4.2 Pengujian *Monitoring* Kelembaban pada 4 Kondisi

Pengujian kelembaban dilakukan pada *mock-up* bilik sampel Covid-19 berdimensi 60 cm × 60 cm × 100 cm selama 10 menit dengan rentang waktu 20 detik (terdapat 31 data). Pengujian dilakukan bertujuan untuk membandingkan nilai kelembaban di dalam *mock-up* bilik sampel Covid-19 pada masing-masing kondisi. Kondisi 1 merupakan kondisi saat pintu terbuka *exhaust* mati, kondisi 2 merupakan kondisi saat pintu terbuka *exhaust* nyala, kondisi 3 merupakan kondisi saat pintu tertutup *exhaust* mati dan kondisi 4 merupakan kondisi saat pintu tertutup

exhaust nyala. Setelah melakukan pengujian pada masing-masing kondisi, didapatkan hasil pembacaan kelembaban pada Gambar 4.7.



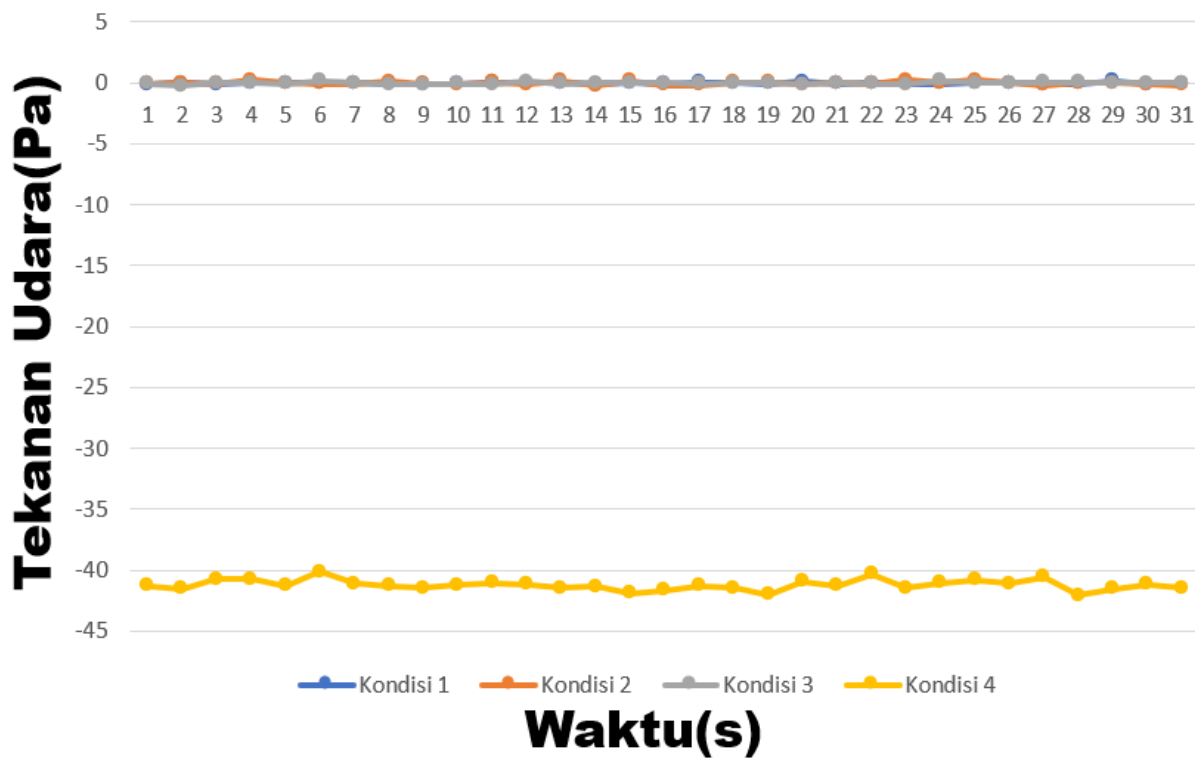
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Kelembaban Pada 4 Kondisi

Dari hasil pengujian *monitoring* kelembaban udara pada Gambar 4.7, dapat dilihat bahwa kelembaban udara yang rendah terdapat pada kondisi 1 (pintu terbuka *exhaust* mati) di antara 70% sampai 70,5%. Pada kondisi 3 (pintu tertutup *exhaust* mati) terlihat kelembaban cenderung terus menurun. Kondisi 4 (pintu tertutup *exhaust* nyala) merupakan kondisi yang memiliki kelembaban tertinggi yaitu di atas 72%. Kondisi 2 (pintu terbuka *exhaust* nyala) juga memiliki kondisi kelembaban yang tinggi di bawah kondisi ke 4 yaitu 72%. Dari hal tersebut, dapat dilihat bahwa *exhaust* mempengaruhi besarnya nilai kelembaban udara di dalam *mock-up* bilik sampel Covid-19. Hal tersebut dikarenakan suhu berbanding terbalik dengan kelembaban. Semakin tinggi suhu maka kelembaban udaranya semakin mengecil karena terjadi pengembunan.

4.4.3 Pengujian *Monitoring* Selisih Tekanan Udara pada 4 Kondisi

Pengujian tekanan udara dilakukan pada *mock-up* bilik sampel Covid-19 berdimensi 60 cm × 60 cm × 100 cm selama 10 menit dengan rentang waktu 20 detik (terdapat 31 data). Pengujian dilakukan bertujuan untuk membandingkan nilai selisih tekanan udara di dalam *mock-up* bilik sampel Covid-19 dengan di luar *mock-up* bilik pada masing-masing kondisi. Kondisi 1 merupakan kondisi saat pintu terbuka *exhaust* mati, kondisi 2 merupakan kondisi saat pintu

terbuka *exhaust* nyala, kondisi 3 merupakan kondisi saat pintu tertutup *exhaust* mati dan kondisi 4 merupakan kondisi saat pintu tertutup *exhaust* nyala. Setelah melakukan pengujian pada masing-masing kondisi didapatkan hasil pembacaan selisih tekanan udara pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Tekanan Udara Pada 4 Kondisi

Dari hasil pengujian *monitoring* nilai selisih tekanan udara pada Gambar 4.8, dapat dilihat pada selisih tekanan udara tertinggi berada pada kondisi 4 (pintu tertutup *exhaust* nyala) yaitu di antara -40 Pa sampai -45 Pa. Pada kondisi 1 (pintu terbuka *exhaust* mati), kondisi 2 (pintu terbuka *exhaust* nyala) dan pada kondisi 3 (pintu tertutup *exhaust* mati) selisih tekanan udara berada di sekitaran 0 Pa. Dari 4 kondisi tersebut, hanya pada saat pintu tertutup dan *exhaust* nyala yang nilai selisih tekanan udara sesuai dengan standar ruangan bertekanan negatif yaitu selisih lebih dari -2,5 Pa. Dari hal tersebut dapat dilihat bahwa udara keluar dan udara yang masuk mempengaruhi dalam pembuatan ruangan bertekanan negatif.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pembuatan, dan pengujian terhadap sistem *monitoring* bilik sampel Covid-19 didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Prototipe bilik sampel Covid-19 telah dibuat dan digunakan di Puskesmas Gondomanan untuk pengambilan sampel *swab*.
2. Sistem monitoring selisih tekanan udara, suhu dan kelembaban udara yang diuji menggunakan mock-up bilik sampel mempunyai nilai akurasi yang tinggi yaitu secara berturut-turut 93,06%, 98,28% dan 91,02%.

5.2 Saran

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilaksanakan bahwa perlu adanya perbaikan pada beberapa bagian untuk mendapatkan hasil yang lebih baik yaitu sebagai berikut:

1. Mengganti bahan pembuatan bilik sampel Covid-19 dengan bahan yang lebih ringan dari kaca agar semakin mudah dipindah-pindah.
2. Menambahkan metode pengiriman data dari Arduino Uno ke *database* baik via internet, sms, maupun *bluetooth*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. W. Morfi, "Kajian Terkini Corona Virus Disease 2019(Covid-19)", *Jurnal Ilmu Kesehatan Indonesia(JIKESI)*, vol. 1, no. 1, hlm. 1–8, 2020.
- [2] Johns Hopkins University, "Coronavirus For COVID-19 Global Cases by the Center At Systems Science and Engineering (CSSE)," Johns Hopkins University," 2020.
- [3] Worldometers, "COVID-19 Coronavirus Pandemic", 2020. [Online].Available:<https://www.worldometers.info/coronavirus/>.
- [4] S. Choi, C. Han, J. Lee, S-II Kim, I. B. Kim, "Innovative Screening Tests For COVID-19 in South Korea," *Clinical and Experimental Emergency Medicine*, vol. 7, no. 2, hlm. 73–77, 2020.
- [5] Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, *Pedoman Teknis Prasarana Sistem Tata Udara Pada Bangunan Rumah Sakit*, April 2012.
- [6] Agung Nugroho, *RSA UGM Luncurkan Bilik Gama Swab*, Universitas Gajah Mada, April. 27. 2020. Diakses Oktober. 20. 2020.[Online].Available:<https://ugm.ac.id/id/berita/19352-rsa-ugm-luncurkan-bilik-gama-swab>.
- [7] Himpunan Perawat Pencegah dan Pengendali Infeksi Indonesia (HIPPI PUSAT) ,*Penatalaksanaan Ruang Isolasi Airbone Transmission*, 2019. [Online]. https://www.academia.edu/33543305/PENATALAKSANAAN_RUANG_ISOLASI_AIRBORNE_TRANSMISSION.
- [8] Camfil Carr, *Tekanan Ruang Negatif untuk Mencegah Kontaminasi Silang*, Wayback Machine, Maret. 10. 2016. Diakses Oktober. 20. 2020. Available:https://translate.googleusercontent.com/translate_c?client=srp&depth=1&hl=id&prev=search&pto=aue&rurl=translate.google.com&sl=en&sp=nmt4&tl=id&u=https://web.archive.org/web/20160310214345/http://www.filterair.info/articles/article.cfm/ArticleID/BC9AA829-30F8-4406-8FEE4A1E17574D6B/Page/1&usg=ALkJrhi7eND2BM-tkZL4N-39nuCoShMRvA
- [9] CDC (Center for Disease Control an Prevention), *Pengendalian Infeksi Lingkungan di Fasilitas Pelayanan Kesehatan*, 2003". Diakses Oktober. 20. 2020. [Online].Available: https://translate.googleusercontent.com/translate_c?client=srp&depth=1&hl=id&prev=search&pto=aue&rurl=translate.google.com&sl=en&sp=nmt4&tl=id&u=https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/environmental/background/air.html&usg=ALkJrhhwLb1UaSk

- [10] Omron, "*D6F-PH MEMS Differential pressure Sensor Datasheet*", Omron, 2013.
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/881133/OMRON/D6F-PH0505AD3.html>
- [11] S. dr. Cahyarini Dwiatmo, "Adaptasi Tata Ruang & Tata Udara Ruang Isolasi RSUP Persahabatan di Masa Pandemi Covid-19", *PERSI*, 2020.
- [12] A. H. Saptadi, "Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22", *Jurnal Infotel*, vol. 6 No.2, November 2014.



LAMPIRAN

Lampiran 1 – Perbandingan Suhu Pada 4 Kondisi

Waktu(s)	Kondisi 1(C)	Kondisi 2(C)	Kondisi 3(C)	Kondisi 4(C)
1	29	28,7	28,8	28,5
2	29	28,7	28,8	28,5
3	29	28,7	28,8	28,5
4	29	28,7	28,9	28,5
5	29	28,7	28,9	28,5
6	28,9	28,7	28,9	28,5
7	29	28,7	28,9	28,5
8	29	28,7	28,9	28,5
9	28,9	28,7	28,9	28,5
10	28,9	28,7	28,9	28,5
11	28,9	28,7	28,9	28,5
12	28,9	28,7	28,9	28,5
13	28,9	28,7	28,9	28,5
14	28,9	28,6	28,9	28,5
15	28,9	28,7	28,9	28,5
16	28,9	28,7	28,9	28,5
17	28,9	28,6	28,9	28,4
18	28,9	28,6	29	28,4
19	28,9	28,6	28,9	28,4
20	28,9	28,6	29	28,4
21	28,9	28,6	29	28,4
22	28,9	28,6	29	28,4
23	28,9	28,6	29	28,4
24	28,9	28,6	29	28,4
25	28,9	28,6	28,9	28,4
26	28,9	28,6	28,9	28,4
27	28,9	28,6	28,9	28,4
28	28,8	28,6	29	28,4
29	28,8	28,6	29	28,4
30	28,8	28,6	29	28,4
31	28,8	28,6	29	28,4

Lampiran 2 – Perbandingan Kelembaban Udara Pada 4 Kondisi

Waktu(s)	Kondisi 1(%)	Kondisi 2(%)	Kondisi 3(%)	Kondisi 4(%)
1	71,6	71	71,7	71,4
2	71,2	71,3	71,6	71,6
3	70,9	71,4	71,6	72
4	70,9	71,4	71,6	71,8
5	71	71,8	71,6	71,8
6	70,6	71,6	71,5	71,6
7	70,7	71,4	71,5	71,7
8	70,5	71,8	71,4	71,6
9	70,5	71,8	71,4	71,7
10	70,5	71,8	71,4	71,8
11	70,7	71,9	71,3	71,7
12	70,7	71,8	71,3	71,7
13	70,6	71,5	71,3	71,9
14	70,6	71,5	71,2	72,1
15	70,2	71,7	71,2	72,1
16	70,6	71,6	71,2	71,9
17	70,6	71,5	71,1	71,8
18	70,6	71,8	71,1	71,8
19	70,6	71,8	71,1	71,9
20	70,7	71,9	71	71,8
21	70,6	71,7	71	71,7
22	70,7	71,6	71	71,6
23	70,7	71,6	70,9	71,5
24	70,6	71,3	70,9	71,6
25	70,7	71,7	70,8	71,9
26	70,7	71,8	70,8	71,8
27	70,7	71,8	70,7	71,5
28	70,5	72	70,7	71,6
29	70,3	71,5	70,7	71,6
30	70,6	71,8	70,7	71,7
31	70,7	71,8	70,5	71,8

Lampiran 3 – Perbandingan Selisih Tekanan Udara Pada 4 Kondisi

Waktu(s)	Kondisi 1(Pa)	Kondisi 2(Pa)	Kondisi 3(Pa)	Kondisi 4(Pa)
1	-0,12	-0,09	-0,09	-41,29
2	0	0	-0,23	-41,5
3	-0,11	-0,09	-0,03	-40,73
4	-0,03	0,2	0	-40,73
5	0	-0,03	-0,08	-41,29
6	-0,03	-0,09	0,14	-40,11
7	0	-0,06	0	-41,07
8	-0,05	0,12	-0,11	-41,29
9	-0,11	-0,06	-0,12	-41,43
10	-0,09	-0,12	-0,05	-41,22
11	0,03	0,06	-0,12	-41
12	0	-0,12	0,09	-41,15
13	0	0,17	-0,05	-41,43
14	-0,14	-0,26	-0,03	-41,36
15	0	0,14	0	-41,85
16	-0,09	-0,2	0	-41,64
17	0,03	-0,17	-0,05	-41,29
18	0	0,06	0	-41,43
19	-0,06	0,06	0	-41,99
20	0,12	-0,14	-0,11	-40,93
21	-0,09	-0,03	-0,03	-41,29
22	0	-0,08	-0,09	-40,31
23	-0,09	0,23	-0,14	-41,43
24	-0,08	-0,03	0,17	-41
25	-0,03	0,2	0	-40,8
26	0	0	-0,03	-41,07
27	-0,14	-0,17	0,03	-40,52
28	-0,06	-0,03	0,06	-42,06
29	0,14	-0,03	-0,03	-41,5
30	-0,11	-0,14	-0,03	-41,15
31	0	-0,2	0	-41,43

Lampiran 2 – Dokumentasi Bilik Sampel Covid-19



