

**OMEDIG: Rancang Bangun Oksigen Meter Digital Berbasis IoT untuk  
Fasilitas Kesehatan Masyarakat**



Penyusun:

Muh. Zainullah (17524061)

Mahabito Saka Nusantara (17524085)

**Program Studi Teknik Elektro**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Universitas Islam Indonesia**

**Yogyakarta**

**2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

### OMEDIG: Rancang Bangun Oksigen Meter Digital Berbasis IoT untuk Fasilitas Kesehatan Masyarakat

Penyusun:

Muh. Zainullah (17524061)

Mahabito Saka Nusantara (17524085)

Yogyakarta, 21 Juni 2021

Dosen Pembimbing



Firdaus, S.T., M.T., Ph.D.

105240101

**Program Studi Teknik Elektro**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Universitas Islam Indonesia**

**Yogyakarta**

**2021**

# LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

## OMEDIG: Rancang Bangun Oksigen Meter Digital Berbasis IoT untuk Fasilitas Kesehatan Masyarakat

Disusun oleh:

Muh. Zainullah (17524061)

Mahabito Saka Nusantara (17524085)

Telah dipertahankan di depan dewan penguji  
Pada tanggal: 30 Juni 2021

### Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Firdaus, S.T., M.T., Ph.D.,

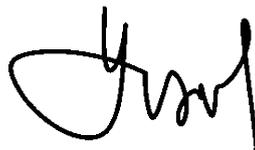
Anggota Penguji 1 : Sisdarmanto Adinandra, S.T., M.Sc., Ph.D.,

Anggota Penguji 2 : Lingga Wardhana, S.T., M.B.A.,

Tugas Akhir ini telah disahkan sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal: 30 Juni 2021

Ketua Program Studi Teknik Elektro



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

NIK: 025240101

## PERNYATAAN

Dengan ini kami menyatakan bahwa:

1. Tugas Akhir ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi lain, dan sepanjang pengetahuan Kami 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 Tugas Akhir 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 Tugas Akhir terkait paten maka akan didiskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut.

Yogyakarta, 21 Juni 2021



Muh. Zainullah (17524061)



Mahabito Saka Nusantara (17524085)

# DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>RINGKASAN TUGAS AKHIR</b> .....	1
<b>BAB 1: Definisi Permasalahan</b> .....	2
<b>BAB 2: Observasi</b> .....	3
<b>BAB 3: Usulan Perancangan Sistem</b> .....	7
<b>3.1 Usulan Rancangan Sistem</b> .....	7
3.1.1 Diagram Blok OMEDIG .....	7
3.1.2 Flowchart Sistem OMEDIG .....	8
3.1.3 Desain Elektronis.....	9
3.1.4 Desain Mekanis .....	9
3.1.5 User Interface.....	12
<b>3.2 Kebutuhan Usulan Sistem Perangkat Keras OMEDIG</b> .....	13
<b>3.3 Metode Uji Coba dan Pengujian Usulan Rancangan Sistem</b> .....	14
<b>BAB 4: Hasil Perencanaan Sistem</b> .....	16
<b>4.1 Kesesuaian Usulan dan Hasil Perancangan Sistem</b> .....	16
<b>4.2 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya</b> .....	16
<b>4.3 Analisis dan Pembahasan Kesesuaian antara Perencanaan dan Realisasi</b> .....	18
<b>BAB 5: Implementasi Sistem dan Analisis</b> .....	20
<b>5.1 Hasil dan Analisis Implementasi</b> .....	20
5.1.1 Kalibrasi dan Regresi Linear Sensor .....	20
5.1.2 Pengambilan Data Hasil Pengujian Alat setelah Kalibrasi.....	24
5.1.3 User Interface OMEDIG.....	30
5.1.4 Implementasi pada Tabung Oksigen 1m <sup>3</sup> .....	32
<b>5.2 Pengalaman Pengguna</b> .....	33
<b>5.3 Dampak Implementasi</b> .....	34
5.3.1 Teknologi/Inovasi .....	34
5.3.2 Sosial.....	35
<b>BAB 6: Kesimpulan dan Saran</b> .....	36
<b>6.1 Kesimpulan</b> .....	36
<b>6.2 Saran</b> .....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	37
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b> .....	38

## RINGKASAN TUGAS AKHIR

Permasalahan yang diangkat pada tugas akhir ini adalah dibutuhkannya suatu teknologi yang dapat mengukur laju aliran oksigen dengan presisi, serta dapat mencatat total volume oksigen yang digunakan guna mengatasi masalah penarifan oksigen pada fasilitas kesehatan. Hal ini dikarenakan fasilitas kesehatan pada umumnya hanya menggunakan durasi pemakaian oksigen dan mengkalikan dengan *flowrate*-nya sebagai dasar penarifan oksigen kepada pasien. Usulan dari alat ini berfungsi agar pasien dan fasilitas kesehatan sama-sama mengetahui total volume oksigen yang telah digunakan.

Pada perancangan sistem, terdapat beberapa perubahan dari usulan yang telah dibuat sebelumnya. Hal ini dilakukan karena tidak sesuainya spesifikasi dari alat tersebut yang dapat mengurangi kinerja dari alat itu sendiri. Perubahan yang dilakukan adalah mengganti regulator *single head* menjadi regulator yang sudah beredar pada umumnya serta penambahan komponen kipas sebagai pendingin pada bagian sistem kontrol alat oksigen meter digital tersebut.

Pada tahapan implementasi, hal yang pertama dilakukan yaitu pengujian sensor SFM4100 dan pengujian komunikasi serial dari mikrokontroler Arduino *WiFi*. Selanjutnya dilakukan pengujian alat secara keseluruhan dan pengujian alat pada *user interface* Thinger.io untuk mengetahui seberapa baik dalam merekam data. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, OMEDIG memiliki *error* sebesar  $\pm 1,82\%$  dalam membaca *flowrate* oksigen. Artinya OMEDIG memiliki tingkat akurasi sangat baik yaitu  $\pm 98,18\%$ , dengan kemampuan ukur *flowrate* oksigen hingga 10 LPM. Pengiriman data secara *realtime* pada Thinger.io setiap 1 detik sekali dan data akan tersimpan pada *database* setiap 1 menit sekali. Data dari *database* dapat diunduh dalam bentuk file excel sehingga akan memudahkan pihak fasilitas kesehatan dalam proses penetapan tarif oksigen yang digunakan oleh pasien.

Dampak dari implementasi alat ini dapat memberikan alternatif solusi bagi pihak fasilitas kesehatan agar lebih adil dan transparan dalam penetapan tarif oksigen. Selain itu juga dapat memudahkan kerja tenaga medis dalam hal mengatur *flowrate* oksigen (menggunakan *keypad*) dan juga memungkinkan dokter untuk memantau (dari jarak jauh) besar *flowrate* oksigen yang diberikan tenaga medis telah sesuai dengan yang diperintahkan. Yang terpenting antara pihak fasilitas kesehatan dan pasien dapat mengetahui besar *flowrate* dan total volume oksigen yang digunakan melalui penampil LCD pada alat. Sehingga pasien dapat memperkirakan biaya yang harus dikeluarkan untuk penggunaan oksigen. Dan juga fasilitas kesehatan tidak lagi melakukan penetapan tarif oksigen berdasarkan durasi pemakaian, melainkan berdasarkan total volume oksigen yang telah digunakan oleh pasien.

## BAB 1: Definisi Permasalahan

Regulator oksigen medis merupakan suatu alat yang digunakan untuk menyalurkan oksigen dari tabung menuju masker pada pasien [1]. Alat ini juga digunakan untuk mengatur besar *flowrate* oksigen yang akan disalurkan [2]. Regulator oksigen yang terdapat di fasilitas kesehatan saat ini masih manual, sehingga untuk mengetahui *flowrate* oksigen harus mengamati *flowmeter* raksa berbentuk tabung pada regulator. Selain itu, untuk mengatur *flowrate* oksigen yang disalurkan ke pasien juga dilakukan secara manual dengan memutar katup pada regulator [2]. Sehingga dibutuhkan tenaga medis yang paham dalam mengatur buka tutup katup regulator dan memastikan *flowrate* oksigen yang diberikan pada pasien telah sesuai dengan yang dibutuhkan.

Kondisi regulator oksigen medis yang masih manual menyebabkan jumlah penggunaan oksigen tidak dapat terukur. Sehingga perhitungan tarif oksigen pada fasilitas kesehatan dilakukan dengan mengalikan *flowrate* oksigen yang diberikan dengan durasi pemakaiannya. Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu dokter rumah sakit, diperoleh informasi bahwa perhitungan tarif penggunaan oksigen menggunakan sistem tarif per jam, per 24 jam atau per tabung. Dengan kondisi regulator oksigen saat ini, menimbulkan beberapa masalah yaitu pengaturan *flowrate* oksigen tidak tepat dan tarif penggunaan oksigen tidak sesuai dengan total volume oksigen yang digunakan. Selain itu, hal baru yang menambah permasalahan saat ini yaitu mewabahnya pandemi covid-19. Yang menyebabkan tenaga medis tidak dapat terus menerus melakukan pemantauan *flowrate* oksigen dari kamar pasien. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1184/MenKes/Per/X/2004 tentang Pengamanan Alat Kesehatan dan Perbekalan Kesehatan Rumah Tangga perlu disesuaikan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terkini [3]. Salah satu peralatan medis yang perlu dikembangkan yaitu regulator oksigen medis.

Berdasarkan pemaparan diatas, dibutuhkan suatu teknologi terkini yang dapat membantu mengatasi masalah penarifan dan pemantauan *flowrate* oksigen pada fasilitas kesehatan. Oleh karena itu diusulkan solusi berupa oksigen meter digital berbasis IoT yang dapat mencatat total volume oksigen yang digunakan, serta dapat digunakan untuk pengamatan dari jarak jauh.

Sebagai langkah awal dalam proses *prototyping* sistem oksigen meter digital berbasis IoT, dilakukan perancangan alat menggunakan catu daya tunggal listrik 220V dan untuk pengerjaan alat dilakukan di laboratorium jurusan Teknik Elektro.

Adapun tujuan dari usulan sistem adalah memberikan alternatif solusi untuk sistem penarifan dan pemantauan *flowrate* oksigen pada fasilitas kesehatan dengan menggunakan oksigen meter digital berbasis IoT. Selain itu, juga untuk memudahkan kerja tenaga medis. Dapat bermanfaat juga sebagai bentuk ketahanan NKRI dalam pengembangan teknologi tepat guna untuk fasilitas kesehatan di Indonesia.

## BAB 2: Observasi

Tahap observasi kami lakukan dengan tujuan untuk memastikan rancangan sistem yang diusulkan sesuai dengan batasan realistis yang ditentukan dan telah mencakup kebutuhan awal *prototyping* yang disesuaikan dengan harapan pengguna. Tahapan observasi diawali dengan mengumpulkan informasi-informasi dasar mengenai kebutuhan sistem yang akan digunakan oleh pengguna, dalam hal ini yaitu para pasien fasilitas kesehatan yang membutuhkan oksigen. Proses observasi memiliki dua hal utama sebagai luaran yaitu kumpulan informasi yang memungkinkan dan spesifikasi sistem yang telah disesuaikan dengan kebutuhan pengguna.

Proses observasi dimulai dengan mengumpulkan berbagai macam informasi berkaitan dengan solusi yang akan dirancang untuk mengatasi permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya. Beberapa alternatif solusi yang telah dibuat saat ini untuk mengatasi masalah pentarifan oksigen ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kumpulan solusi yang identik dengan proyek oksigen meter digital

Penulis	Usulan Solusi	Hasil/Evaluasi
M. Khosyi'in, dkk. (2017) [4]	Alat penghitung volume dan timer penggunaan oksigen (sensor AWM5104) menggunakan sistem Arduino Nano.	Alat yang dirancang memiliki kemampuan ukur <i>flowrate</i> oksigen 0 – 10 LPM dengan tingkat akurasi sebesar 92% – 100%.
Anita P., dkk. (2020) [5]	Analisis perubahan tekanan oksigen transport untuk penentuan tarif dilengkapi deteksi <i>low pressure</i> berbasis IoT (sensor SFM4100) menggunakan sistem NodeMCU ESP32.	Alat yang dirancang memiliki kemampuan ukur <i>flowrate</i> oksigen 0 – 15 LPM. Kalibrasi alat menggunakan <i>Gas Flow Analyzer</i> . Memiliki nilai <i>error</i> pembacaan sebesar $\pm 3,333\%$ . Menggunakan <i>user interface</i> Thingspeak.
Miasih, dkk. (2020) [6]	Pengembangan monitoring volume oksigen sebagai dasar penentu tarif dengan waktu real time berbasis IoT (sensor SFM4100) menggunakan sistem NodeMCU ESP32.	Alat yang dirancang memiliki kemampuan ukur <i>flowrate</i> oksigen 0 – 15 LPM, dengan nilai <i>error</i> pembacaan 7,87%. Menggunakan WEB sebagai <i>user interface</i> .

Dwi S.N., dkk. (2020) [7]	Pengembangan monitoring volume oksigen dilengkapi dengan deteksi kerusakan regulator untuk safety pasien berbasis IoT (sensor SFM4100) menggunakan sistem NodeMCU ESP32.	Alat yang dirancang memiliki kemampuan ukur <i>flowrate</i> oksigen 0 – 15 LPM, dengan nilai <i>error</i> pembacaan 5,4%. Menggunakan <i>user interface</i> Thinger.io.
------------------------------	--	---

Berdasarkan hasil observasi tersebut, dapat diketahui bahwa secara umum sensor yang digunakan untuk membaca *flowrate* oksigen yaitu menggunakan sensor *Airflow* SFM4100. Untuk mikrokontroler yang umum digunakan dalam perancangan sistem yaitu NodeMCU ESP32. Berdasarkan kebutuhan utama sistem, dengan mengangkat isu pentarifan oksigen, beberapa referensi diatas telah memenuhi kebutuhan tersebut. Berdasarkan penelusuran dari beberapa *marketplace*, beberapa komponen utama tersebut tergolong cukup murah.

Proses survei diawali dengan menghubungi salah satu pasien fasilitas kesehatan masyarakat yang pernah menggunakan oksigen bantu saat sedang sakit dan dirawat inap. Kemudian kami menyiapkan beberapa daftar pertanyaan yang dapat bermanfaat untuk membantu menentukan spesifikasi sistem dan kebutuhan pengguna. Adapun beberapa pertanyaan yang diajukan dan respon dari pasien fasilitas kesehatan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Hasil wawancara antara pengembang dan pengguna

Pertanyaan	Jawaban/tanggapan
Pernahkah anda menggunakan bed oksigen di rumah sakit atau puskesmas?	Ya, saya pernah menggunakan bed oksigen di rumah sakit
Berapa lama durasi anda menggunakan bed oksigen saat itu?	Kurang lebih 4 jam
Faktor apa saja yang mengharuskan anda menggunakan bed oksigen?	Gangguan pernapasan
Berapa biaya yang anda keluarkan untuk menggunakan bed oksigen pada saat itu?	Biaya Rp. 81.600 untuk penggunaan oksigen dengan durasi 4 jam
Apakah anda tau tentang pentarifan yang diberikan rumah sakit mengenai penggunaan bed oksigen?	Ya, pentarifan penggunaan oksigen berdasarkan durasi pemakaian yaitu Rp20.400/jam

Apakah dari pihak rumah sakit memberikan informasi yang cukup jelas mengenai detail penggunaan oksigen saat itu?	Dari pihak rumah sakit hanya memberi informasi total durasi pemakaian oksigen dan tidak memberikan informasi berapa jumlah volume oksigen yang digunakan saat itu
Berapa jumlah volume oksigen yang digunakan saat itu?	Tidak tahu berapa jumlah volume oksigen yang digunakan
Apakah anda mengetahui cara mengoperasikan alat tersebut?	Untuk mengoperasikan bed oksigen belum tahu caranya

Dari proses pencarian informasi mengenai alat sejenis yang sudah ada dipasaran, diperoleh satu alat yang memiliki fungsi serupa dengan proyek yang akan dikerjakan yaitu *flowmeter* oksigen digital MF5706. Berdasarkan hasil pencarian dari beberapa laman *marketplace* seperti tokopedia dan shopee, harga MF5706 kisaran 3,5 juta – 3,7 juta tergantung toko yang menjual.



Gambar 2.1. *Flowmeter* oksigen digital MF5706

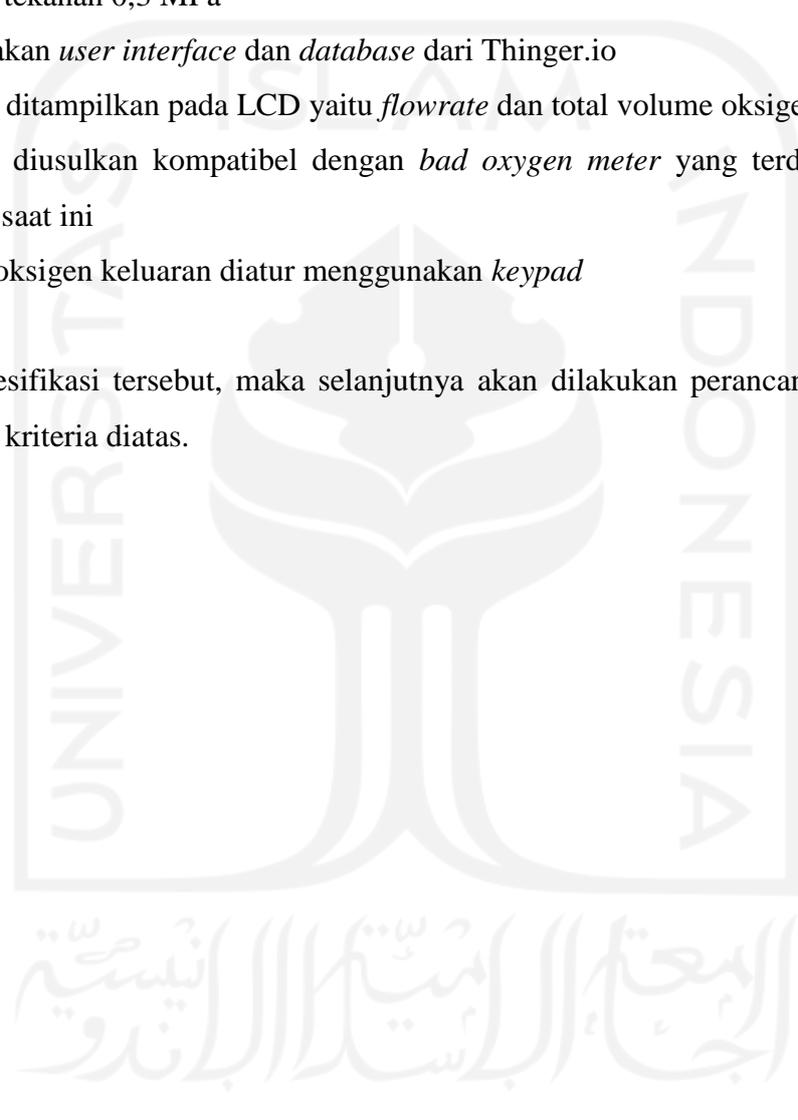
*Flowmeter* oksigen digital MF5706 yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 memiliki kemampuan mengukur *flowrate* oksigen hingga 25 LPM dengan maksimal tekanan 0,8 MPa. Menggunakan catu daya dari baterai AA 4 buah. Data hasil pengukuran ditampilkan pada LCD, serta memiliki suhu kerja berkisar  $-10 \pm 55^{\circ}\text{C}$ . Kekurangan dari MF5706 adalah alat ini hanya berfungsi sebagai alat ukur untuk *flowrate* oksigen. Jika diterapkan pada regulator oksigen, untuk pengaturan *flowrate* oksigen masih dilakukan secara manual dengan memutar katup regulator.

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari hasil wawancara dengan pengguna dan beberapa hasil penelusuran literatur/teknologi yang telah dikembangkan, maka kami menentukan daftar spesifikasi sistem yang akan dikembangkan sebagai solusi permasalahan yang diangkat, yaitu

rancang bangun oksigen meter digital untuk fasilitas kesehatan masyarakat. Daftar lengkap spesifikasi sistem sebagai berikut:

- Sistem yang dibangun sebagai *prototyping* untuk sistem pentarifan oksigen menggunakan catu daya tunggal listrik 220V
- Dimensi alat kecil dengan ukuran 12×8×5cm sehingga tidak membutuhkan ruang yang luas
- *Central Processing Unit* dilengkapi dengan resolusi *Analog Digital Converter (ADC)* 10 bit
- Memiliki kemampuan ukur *flow* oksigen 0 – 15 LPM
- Maksimal tekanan 0,3 MPa
- Menggunakan *user interface* dan *database* dari Thingier.io
- Data yang ditampilkan pada LCD yaitu *flowrate* dan total volume oksigen yang digunakan
- Alat yang diusulkan kompatibel dengan *bad oxygen meter* yang terdapat pada fasilitas kesehatan saat ini
- *Flowrate* oksigen keluaran diatur menggunakan *keypad*

Berdasarkan spesifikasi tersebut, maka selanjutnya akan dilakukan perancangan usulan sistem yang memenuhi kriteria diatas.

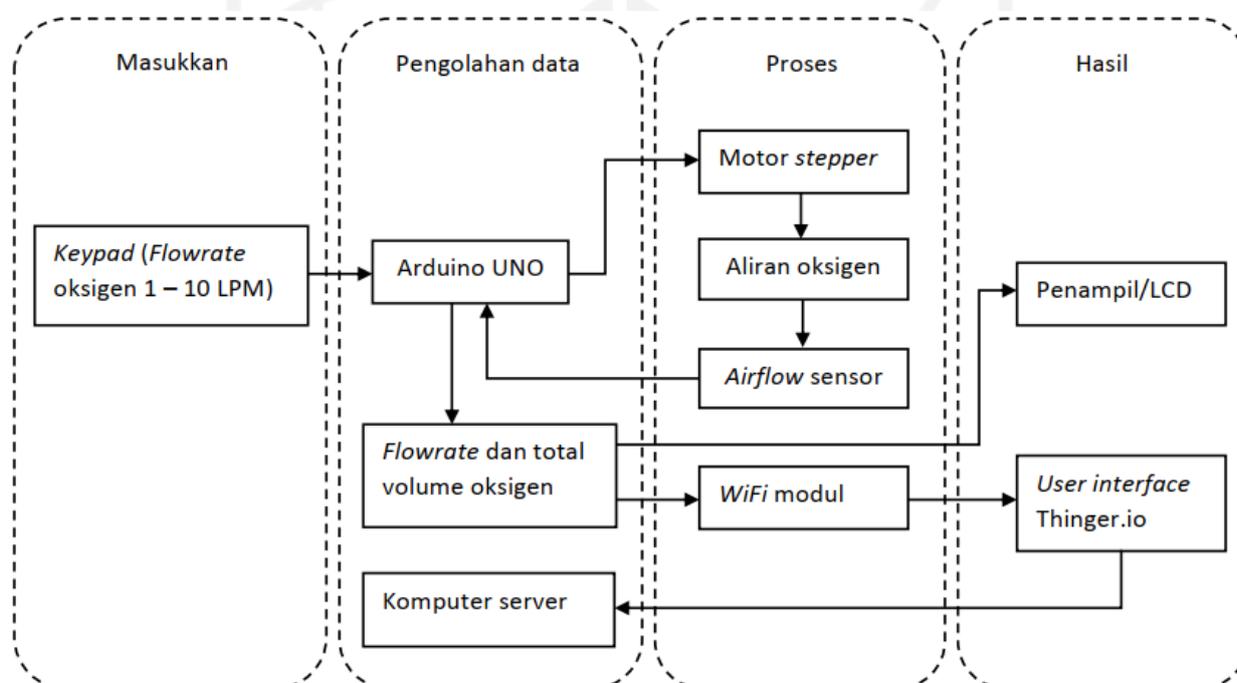


## BAB 3: Usulan Perancangan Sistem

### 3.1 Usulan Rancangan Sistem

Alat yang dirancang diberi nama OMEDIG, yang terdiri dari diagram alur kerja sistem/*flowchart*, desain elektronis dan desain mekanis. Dengan mengedepankan sistem pengukuran *realtime* berbasis *IoT* dan tentunya dengan biaya produksi cukup murah. OMEDIG dirancang agar pengguna/pasien fasilitas kesehatan dapat mengetahui *flowrate* dan total volume oksigen yang digunakan. Dengan menggunakan tabung oksigen  $1m^3$  untuk melakukan pengujian dan kalibrasi alat yang dirancang, maka tidak membutuhkan akses ke rumah sakit. Satu perangkat *prototype* cukup digunakan untuk satu orang pasien yang membutuhkan terapi oksigen.

#### 3.1.1 Diagram Blok OMEDIG



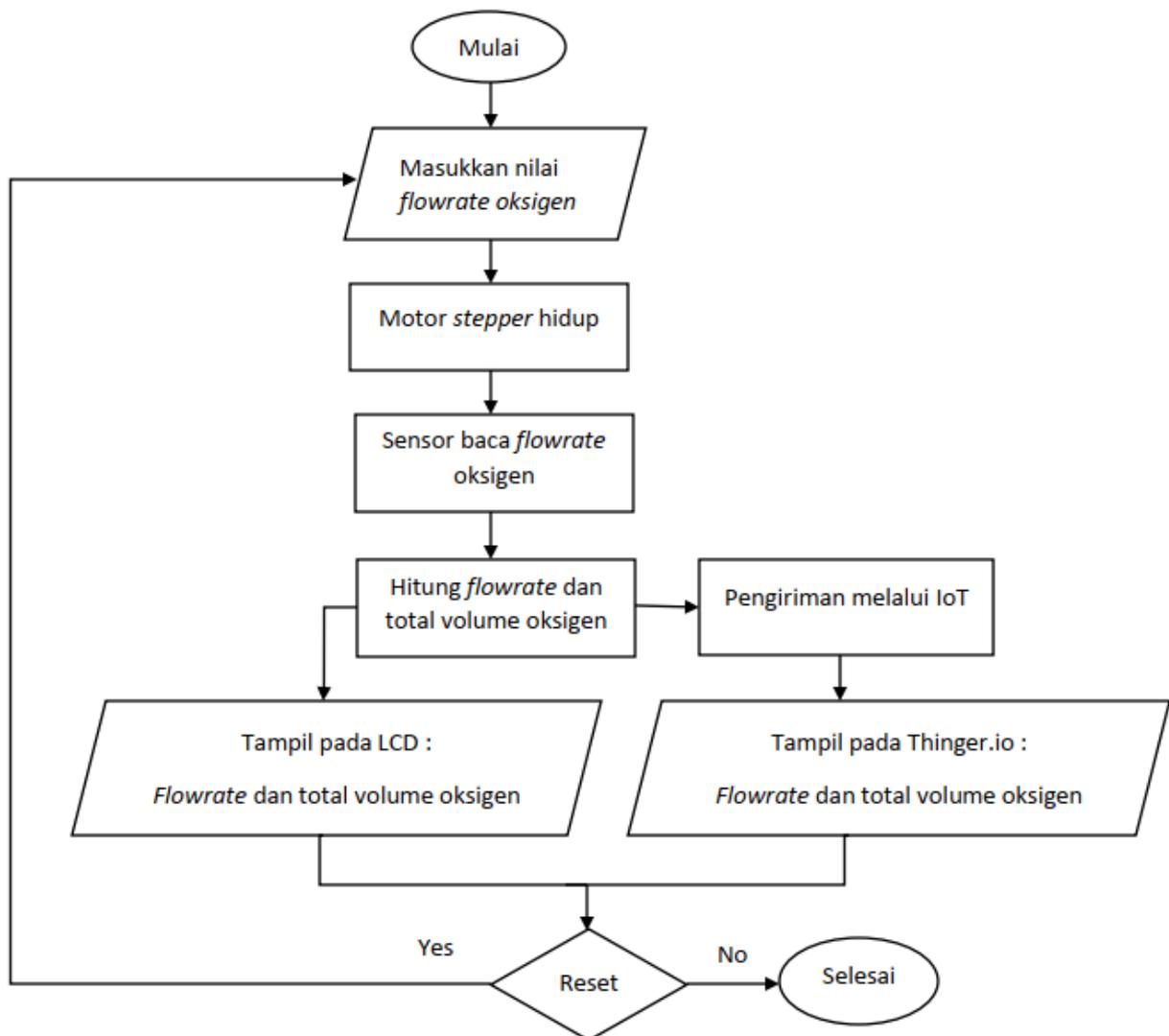
Gambar 3.1. Diagram blok sistem

Pada Gambar 3.1 menunjukkan cara kerja OMEDIG, ketika sistem dihidupkan maka akan memulai proses inisialisasi. Kemudian memberi nilai masukkan menggunakan *keypad* untuk besar *flowrate* oksigen (1 – 10 LPM). Maka motor *stepper* pada regulator akan hidup untuk mengalirkan oksigen sesuai dengan nilai masukkan dan sensor akan membaca *flowrate* oksigen. Hasil pembacaan sensor selanjutnya diolah pada arduino untuk menghasilkan dua satuan nilai, yaitu *flowrate* oksigen dan total volume oksigen yang digunakan setiap detik. Kemudian kedua nilai tersebut akan ditampilkan pada LCD dan diteruskan ke Thinger.io sebagai *user interface* dan

*database* melalui *WiFi* modul. Data dari *database* Thinger.io diunduh menggunakan perangkat komputer server dan diolah untuk proses penetapan tarif oksigen yang digunakan oleh pasien.

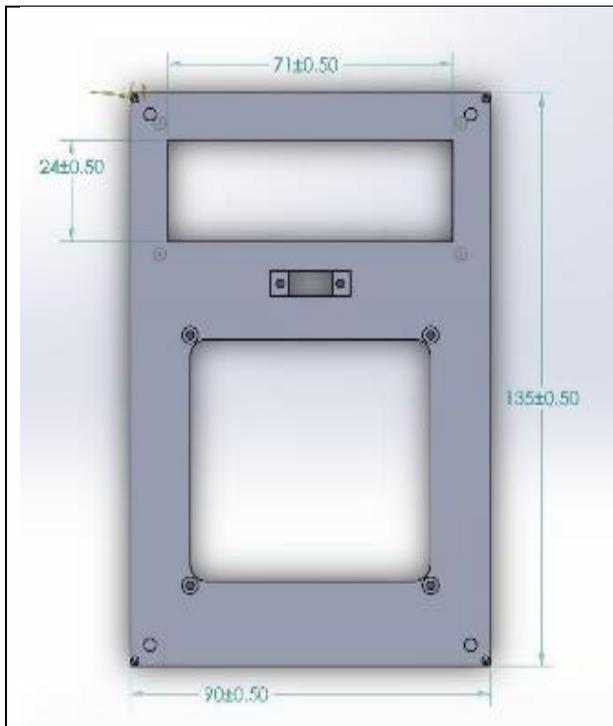
### 3.1.2 Flowchart Sistem OMEDIG

Berikut merupakan *flowchart* bagian mikrokontroler arduino khusus untuk membaca sensor serta mengubah menjadi nilai yang diinginkan.

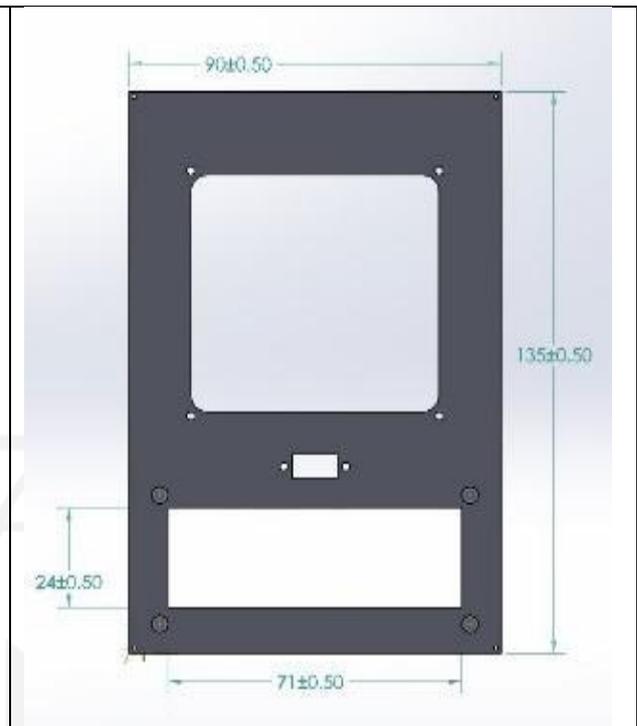


Gambar 3.2. Flowchart alat

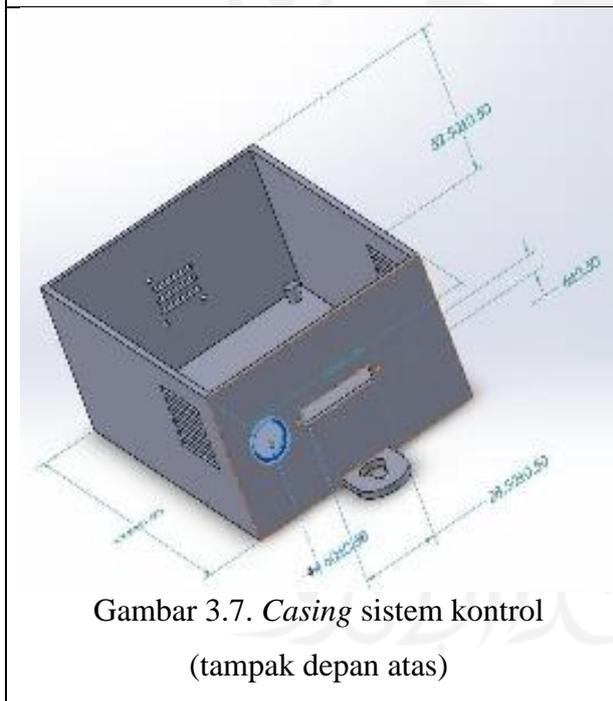




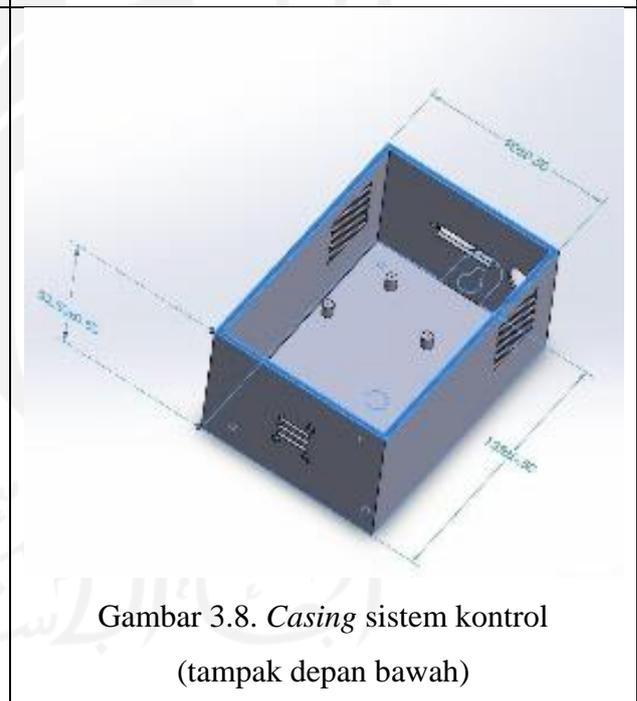
Gambar 3.5. Tutup *casing* sistem kontrol  
(tampak atas)



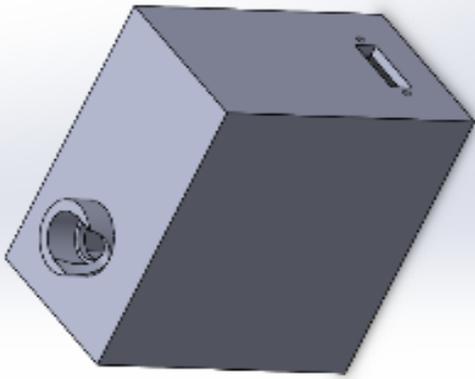
Gambar 3.6. Tutup *casing* sistem kontrol  
(tampak bawah)



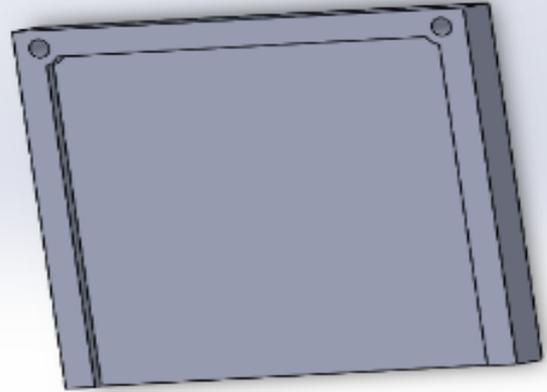
Gambar 3.7. *Casing* sistem kontrol  
(tampak depan atas)



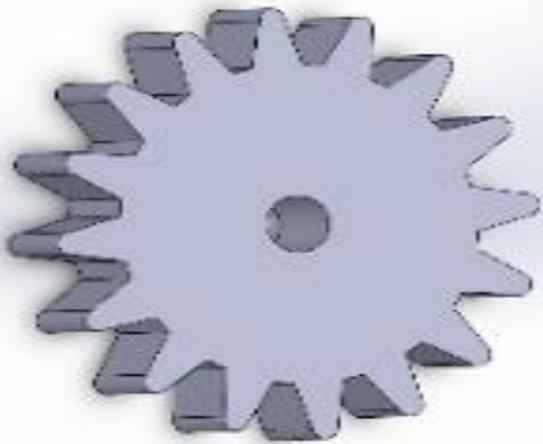
Gambar 3.8. *Casing* sistem kontrol  
(tampak depan bawah)



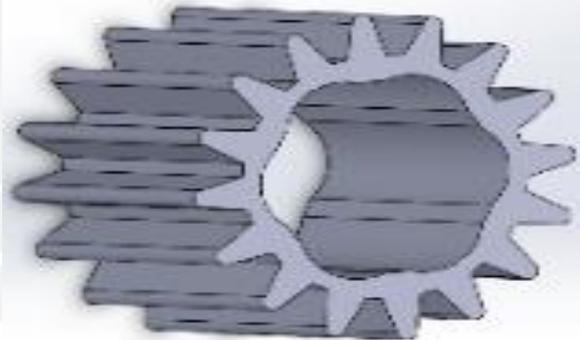
Gambar 3.9. *Casing* motor *stepper*/penggerak *valve* regulator  
(tampak depan bawah)



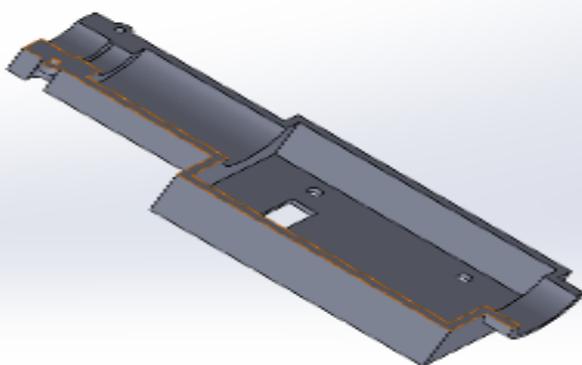
Gambar 3.10. Tutup *casing* motor *stepper*/penggerak *valve* regulator  
(tampak bawah)



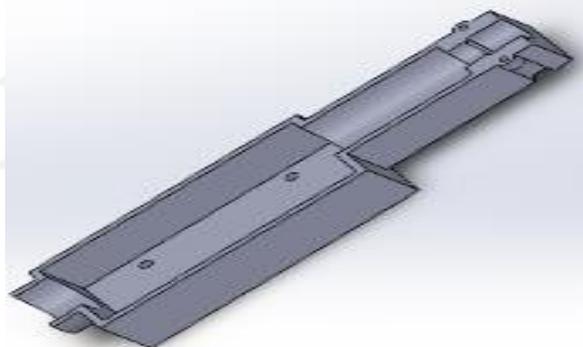
Gambar 3.11. *Gear* penggerak untuk motor *stepper*  
(tampak depan)



Gambar 3.12. *Gear* penggerak untuk motor *valve* regulator  
(tampak depan)



Gambar 3.13. *Casing* sensor SFM4100  
(bagian atas)



Gambar 3.14. *Casing* sensor SFM4100  
(bagian bawah)

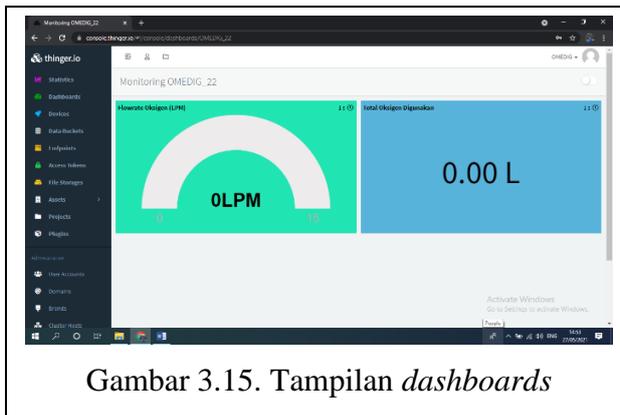
Gambar 3.5 dan Gambar 3.6 menunjukkan tutup *casing* sistem kontrol OMEDIG, terdapat 3 lubang berbentuk persegi panjang. Pada bagian paling atas terdapat lubang untuk LCD 16×2 dengan ukuran 7,1×2,4 cm, pada bagian tengah terdapat lubang untuk saklar dengan ukuran 1×0,6 cm dan pada bagian bawah terdapat lubang untuk *keypad* dengan ukuran 6×5,7 cm. Gambar 3.7 dan Gambar 3.8 menunjukkan *casing* sistem kontrol OMEDIG, memiliki dimensi 13,5×9×5,5 cm berbentuk persegi panjang. Pada bagian *casing* terdapat 1 lubang untuk suplai daya berbentuk lingkaran dengan diameter 1,4 cm, 1 lubang untuk konektor sensor dan motor *stepper* berbentuk persegi panjang dengan ukuran 2,8×0,6 cm dan 3 lubang untuk sirkulasi udara. Sisi dalam *casing* terdapat beberapa *spacer*, 2 *specer* pada bagian atas untuk pemasangan regulator *step-down* dan 4 *specer* dibawahnya merupakan tempat pemasangan *shield* arduino.

Gambar 3.9 dan Gambar 3.10 menunjukkan *casing* motor *stepper*, memiliki dimensi 8×7,4×4,6 cm berbentuk persegi panjang. Terdapat 1 lubang untuk pin konektor berbentuk persegi panjang dengan ukuran 1,8×0,6 cm, dan 1 lubang untuk pemasangan pada regulator berbentuk lingkaran dengan diameter 1,7 cm. Pada Gambar 3.11 dan Gambar 3.12 menunjukkan *gear* transmisi penggerak katup regulator dengan diameter 3,8 cm. Gambar 3.13 dan Gambar 3.14 menunjukkan *casing* sensor, memiliki dimensi 7,3× 3,3× 3,1 cm berbentuk persegi panjang. Terdapat 1 lubang untuk pin konektor berbentuk persegi panjang dengan ukuran 1,1×0,6 cm.

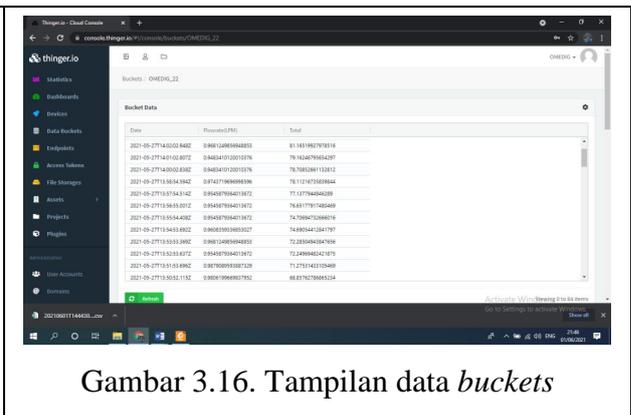
### 3.1.5 User Interface

*User interface* dari OMEDIG yaitu menggunakan Thinger.io. Alasan mengusulkan Thinger.io karena gratis dan memiliki tampilan penyajian data yang variatif tidak hanya grafik. Memiliki tingkat keamanan data cukup baik karena untuk masuk ke Thinger.io harus melakukan *login* dengan alamat email dan *password* yang sudah terdaftar. Selain itu, data hasil pengamatan tidak dapat di *public* atau yang artinya, hanya akun email yang terdaftar yang dapat melihat data tersebut.

Untuk desain, pada bagian laman pengamatan menampilkan *flowrate* oksigen (diwakili bentuk *gauge*) dengan rentang nilai 0 – 15 dan total volume oksigen yang digunakan (diwakili bentuk *text/value*), dapat dilihat pada Gambar 3.15. Proses pengiriman data hasil pembacaan alat pada *user interface* Thinger.io terjadi setiap 1 detik sekali.



Gambar 3.15. Tampilan *dashboards*



Gambar 3.16. Tampilan data *buckets*

Gambar 3.16 menunjukkan tampilan *database* pada Thingier.io yang berfungsi untuk merekam data hasil pembacaan alat secara *realtime*. Proses penyimpanan data pada *database* Thingier.io terjadi setiap 1 menit sekali, dan jika koneksi internet terganggu maka proses penyimpanan data tidak terjadi.

### 3.2 Kebutuhan Usulan Sistem Perangkat Keras OMEDIG

Berikut daftar kebutuhan sistem sesuai dengan usulan dan spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Daftar kebutuhan usulan sistem perangkat keras OMEDIG

No	Nama Alat	Keterangan
1	Perangkat untuk kemasan alat	Dibuat untuk tempat pemasangan komponen elektronik rancangan sistem. Perangkat ini biasanya dibuat dari bahan filamen <i>3D printing</i> maupun bahan lain sejenis.
2	Mikrokontroler Arduino UNO + ESP8266	Untuk <i>central processing unit</i> memiliki ukuran cukup kecil dengan kemampuan akuisisi data yang handal dengan resolusi ADC 10 bit. Selain itu, juga sudah terintegrasi dengan modul ESP8266 <i>WiFi</i> 802.11 b/g/n 2,4GHz dan dilengkapi dengan 6 kanal <i>analog I/O</i> dan 16 kanal <i>digital I/O</i> sehingga kebutuhan sistem dapat terpenuhi.
3	Keypad 4×4 module	<i>Keypad</i> digunakan untuk memberi <i>input</i> nilai <i>flowrate</i> oksigen yang akan diberikan.
4	LCD I2C 16×2	LCD digunakan untuk menampilkan data <i>flowrate</i> dan volume total oksigen yang digunakan.

5	Regulator oksigen medis	Regulator oksigen medis digunakan untuk implementasi dan pemasangan komponen motor <i>stepper</i> serta sensor <i>airflow</i> .
6	Motor <i>stepper</i>	Motor <i>stepper</i> digunakan sebagai penggerak katup regulator. Motor <i>stepper</i> sudah dilengkapi dengan modul driver motor, sehingga kompatibel dengan Arduino.
7	Sensor SFM4100 AIR	SFM4100 AIR digunakan untuk membaca <i>flowrate</i> oksigen dan sudah kompatibel dengan mikrokontroler Arduino. Berdasarkan spesifikasinya, kemampuan ukur sensor yaitu 0 – 20 LPM dengan akurasi pembacaan $\pm 3\%$ .

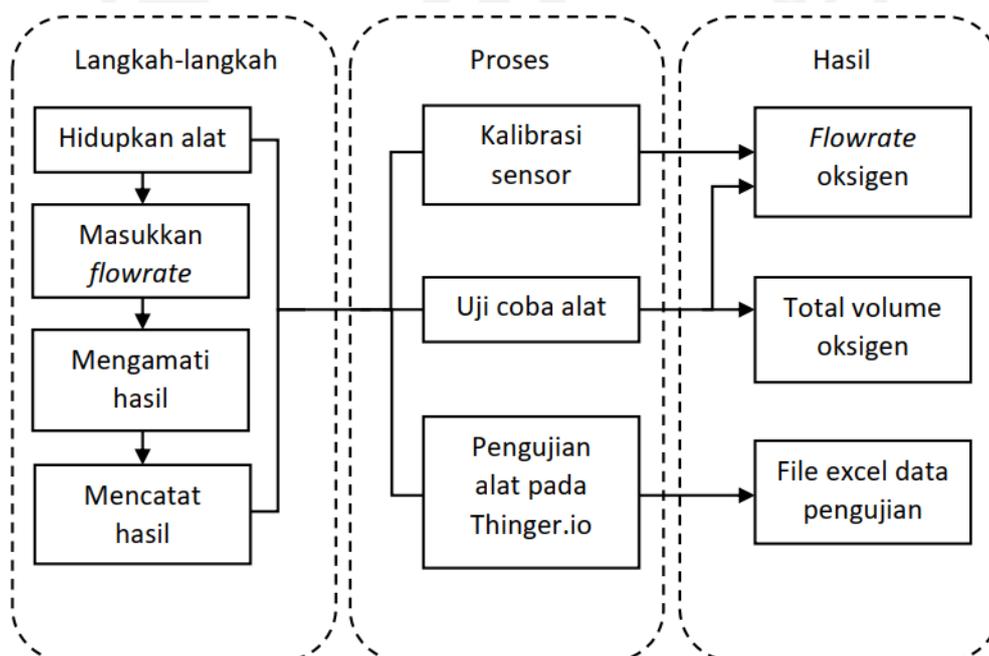
### 3.3 Metode Uji Coba dan Pengujian Usulan Rancangan Sistem

Setelah tahap pengerjaan keseluruhan alat baik dari bagian elektronis maupun non elektronis selesai, maka dilanjutkan ke tahap pengujian alat. Proses pengujian alat melalui beberapa tahapan yaitu:

1. Tahap pertama yaitu kalibrasi sensor SFM4100 Air. Kalibrasi dilakukan menggunakan tabung oksigen 1 m<sup>3</sup> dan *flowmeter* oksigen yang sudah standar. Pengambilan data kalibrasi dilakukan sebanyak 5 kali untuk setiap 1 besaran nilai terhadap 24 variasi *flowrate* oksigen. Berikut langkah-langkah dalam proses kalibrasi sensor:
  - a. Menyiapkan laptop, sensor yang sudah terpasang pada regulator dan tabung oksigen,
  - b. Mengunggah program pada alat menggunakan bantuan *software* Arduino IDE,
  - c. Mengatur katup regulator hingga *flowrate* oksigen yang terbaca pada *flowmeter* menunjukkan nilai sesuai dengan 24 variasi *flowrate* yang ditetapkan,
  - d. Melakukan pengamatan pembacaan sensor melalui *serial monitor* Arduino IDE dan mencatat nilai yang terbaca oleh sensor.
2. Tahap kedua yaitu melakukan uji coba alat secara keseluruhan. Pengujian menggunakan tabung oksigen 1 m<sup>3</sup> untuk mengetahui apakah sistem yang dirancang sudah dapat bekerja dengan baik. Langkah-langkah dalam proses uji coba alat:
  - a. Menghidupkan alat dengan cara memosisikan saklar pada kondisi aktif,
  - b. Memberikan nilai masukkan *flowrate* oksigen (1 – 10 LPM) menggunakan *keypad*,

- c. Menekan tombol *enter* untuk memulai proses dan untuk mengulangi proses dengan menekan tombol *reset*,
  - d. Melakukan pengamatan pembacaan alat melalui LCD penampil dan mencatat nilai yang terbaca oleh alat.
3. Tahap ketiga yaitu melakukan pengujian penyimpanan data alat pada *user interface* Thinger.io. Jika data dapat tersimpan dengan baik, maka dilanjutkan implementasi alat. Langkah-langkah dalam proses pengujian penyimpanan data alat:
- a. Menghidupkan alat dengan cara memosisikan saklar pada kondisi aktif,
  - b. Menghidupkan *hotspot portable* dan memastikan alat terhubung pada *internet*,
  - c. Memberikan nilai masukkan *flowrate* oksigen konstan 1 LPM menggunakan *keypad*,
  - d. Menekan tombol *enter* untuk memulai proses dan untuk mengulangi proses dengan menekan tombol *reset*,
  - e. Melakukan pengamatan pembacaan alat pada *user interface* Thinger.io dengan tetap menghidupkan alat selama 80 menit,
  - f. Mengunduh file data hasil pengujian alat dari *database* Thinger.io untuk dibandingkan dengan perhitungan secara manual.

Berikut merupakan diagram blok alat ketika proses pengujian dilakukan, ditunjukkan pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17. Diagram blok alat saat pengujian

## BAB 4: Hasil Perencanaan Sistem

### 4.1 Kesesuaian Usulan dan Hasil Perancangan Sistem

Pada perencanaan sistem yang telah dilakukan, terdapat perubahan perencanaan sistem dari beberapa usulan rancangan sistem yang telah dibuat sebelumnya dikarenakan ketidaksesuaian spesifikasi alat dari segi kualitas, ukuran alat maupun ekonomi. Beberapa usulan dan hasil perencanaan sistem yang telah dilakukan ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Perbandingan usulan dan hasil perencanaan sistem

No.	Spesifikasi	Usulan	Realisasi
1	Dimensi <i>casing</i>	12 x 8 x 5 cm	13,5 x 9 x 5,5 cm
2	Suplai daya komponen elektronik	5 Volt, 0,8 Ampere	5 Volt, 3 Ampere
3	Sumber daya komponen elektronik	Arduino	Regulator <i>step down</i>
4	<i>Casing</i> alat	Bagian kontroler dan regulator	Penambahan <i>casing</i> sensor
5	Komponen	Tidak ada kipas	Penambahan kipas pada bagian kontroler

### 4.2 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya

Pada bagian ini, dijelaskan bagaimana kesesuaian perencanaan manajemen tim dan realisasinya. Tabel 4.2 menunjukkan gambaran realisasi terhadap manajemen tim dalam penyelesaian tugas akhir. Perencanaan anggaran biaya dan realisasi ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.2. Kesesuaian antara usulan perencanaan dengan realisasi

No.	Kegiatan	Usulan Waktu	Realisasi Perencanaan
1	Pembelian komponen	Maret – April 2021	Februari – April 2021
2	Perancangan sistem sesuai proposal	Maret – Juni 2021	Maret – April 2021
3	Pengujian dan Validasi	Juni – Juli 2021	Mei 2021
4	Expo dan pengumpulan laporan akhir	Agustus 2021	Juni 2021

Tabel 4.3. Kesesuaian usulan rancangan biaya dengan realisasi

No.	Item	Usulan Harga		Realisasi	
		Jumlah	Harga Total	Jumlah	Harga Total
1	Arduino Uno WiFi	1 pcs	Rp. 231.000, -	1 pcs	Rp. 231.000, -
2	Modul keypad 4x4	1 pcs	Rp. 40.000, -	1 pcs	Rp. 47.500, -
3	Kabel pita	4 meter	Rp. 18.000, -	2 meter	Rp. 9.000, -
4	Single head O2 Aquarium	1 pcs	Rp. 63.000, -	-	-
5	Motor stepper	2 pcs	Rp. 31.000, -	1 pcs	Rp. 16.400,-
6	SFM4100 AIR	1 pcs	Rp. 2.800.000, -	1 pcs	Rp. 3.498.345, -
7	Adaptor 9V	1 pcs	Rp. 30.000,-	1 pcs	Rp. 30.000,-
8	Fuse holder	1 pcs	Rp. 1.000,-	1 pcs	Rp. 1.000,-
9	Fuse	2 pcs	Rp. 1.000,-	2 pcs	Rp. 1.000,-
10	Saklar	1 pcs	Rp. 2.500,-	1 pcs	Rp.1.500,-
11	Konektor gas medis	1 pcs	Rp. 200.000,-	-	-
12	White housing 2p	2 pcs	Rp. 1.000,-	2 pcs	Rp. 1.000,-
13	White housing 4p	4 pcs	Rp. 4.000,-	4 pcs	Rp. 4.000,-
14	Xh connector 8p	2 pcs	Rp. 4.000,-	2 pcs	Rp. 4.000,-
15	Xh connector 6p	2 pcs	Rp. 3.000,-	2 pcs	Rp. 3.000,-
16	Xh connector 4p	3 pcs	Rp. 3.000,-	3 pcs	Rp. 3.000,-
17	Xh connector 3p	2 pcs	Rp. 1.600,-	-	-
18	Xh connector 2p	6 pcs	Rp. 3.000,-	6 pcs	Rp. 3.000,-
19	Cetak PCB	2 pcs	Rp. 60.000,-	2 pcs	Rp. 60.000,-
20	Tenol	2 meter	Rp. 4.000,-	1 meter	Rp.2.000,-
21	Jasa desain 3D dan percetakan	1	Rp. 500.000, -	-	-
22	LCD I2C 16x2	-	-	1 pcs	Rp. 35.000,-
23	Regulator Oksigen medis	-	-	1 pcs	Rp. 130.000,-
24	Black housing 4p	-	-	1 pcs	Rp. 1.000,-
25	Black housing 1p	-	-	5 pcs	Rp. 1.500,-

26	Xh connector 10p	-	-	1 pcs	Rp.2.500,-
27	Kabel tunggal AWG	-	-	1 meter	Rp. 2.500,-
28	Tubing	-	-	1 meter	Rp. 3.000,-
29	Pin male header	-	-	2 pcs	Rp. 4.000,-
30	Jack DC female	-	-	1 pcs	Rp. 2.000,-
31	Jack DC male	-	-	1 pcs	Rp. 1.500,-
32	Fan 5V 2cm hypro	-	-	1 pcs	Rp. 20.000,-
33	Baut 2x10mm	-	-	18 pcs	Rp. 7.200,-
34	Mur 2mm	-	-	18 pcs	Rp. 5.400,-
35	Baut 3x50mm	-	-	4 pcs	Rp. 2.800,-
36	Baut 3x15mm	-	-	3 pcs	Rp. 1.800,-
37	Mur 3mm	-	-	6 pcs	Rp. 2.400,-
38	Baut 2x8mm	-	-	6 pcs	Rp. 3.000,-
39	Baut 2x25mm	-	-	3 pcs	Rp. 2.500,-
40	Mur 2mm	-	-	3 pcs	Rp. 1.500,-
41	Selang pneumatic 6x4mm	-	-	1 meter	Rp. 10.000,-
Total		Rp. 4.001.100,-		Rp. 4.155.345,-	

#### 4.3 Analisis dan Pembahasan Kesesuaian antara Perencanaan dan Realisasi

Berdasarkan penjelasan mengenai perencanaan dan realisasi tugas akhir sebelumnya, maka dihasilkan persentase dalam hal kesesuaian antara perencanaan dan realisasi, baik dari pembuatan alat maupun manajemen tim dan keuangan yaitu sebesar 80% dari keseluruhan perencanaan yang telah dibuat.

Rancangan alat mengalami perubahan untuk batas pengukuran *flowrate* oksigen, yang awalnya sebesar 15 LPM menjadi hanya 10 LPM. Hal ini dikarenakan batas ukur *flowrate* dari regulator yang digunakan hanya mencapai 10 LPM.

Selain perubahan pada batas ukur, rancangan alat juga mengalami beberapa perubahan antara lain, pertama pada desain elektronis terdapat perubahan pada peletakan pin. Hal ini dikarenakan pin *driver* motor *stepper* tidak terletak pada pin PWM dari Arduino. Perubahan kedua yaitu pada komponen yang digunakan. Komponen yang mengalami perubahan yaitu regulator

*single head* yang digantikan dengan regulator oksigen yang sudah beredar. Hal ini dikarenakan aliran yang dihasilkan dari regulator *single head* tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya. Perubahan juga terjadi pada suplai daya komponen elektronik yang awalnya berasal dari Arduino diganti menggunakan regulator *step-down* 5V 3A. Terdapat penambahan komponen yaitu kipas yang berfungsi untuk memberikan sirkulasi udara dalam wadah komponen elektronik. Perubahan ketiga yaitu pada desain mekanis. Terdapat perubahan dimensi alat yang awalnya 12×8×5 cm menjadi 13,5×9×5,5 cm dan peletakan komponen pada *casing*. Perubahan juga terjadi pada ukuran lubang baut *casing* dan penambahan lubang sirkulasi udara untuk komponen elektronik. Selain itu, terdapat penambahan *casing* untuk sensor SFM4100 guna melindungi sensor.



## BAB 5: Implementasi Sistem dan Analisis

### 5.1 Hasil dan Analisis Implementasi

Pada tahap implementasi sistem dilakukan sebanyak tiga kali, pertama pengambilan data kalibrasi sensor serta motor *stepper*, kedua pengambilan data sistem secara keseluruhan, dan yang ketiga pengujian alat pada *user interface* Thinger.io untuk mengetahui seberapa baik proses pengiriman datanya.

#### 5.1.1 Kalibrasi dan Regresi Linear Sensor

Pada tahap ini dilakukan kalibrasi terhadap sensor dan motor *stepper*, diperoleh data kalibrasi sebagai berikut.

##### 5.1.1.1 Sensor SFM4100 AIR

Kalibrasi sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran *flowrate* oksigen dengan *flowmeter* yang sudah standar. Kalibrasi menggunakan tabung oksigen 1 m<sup>3</sup> dengan 24 variasi nilai *flowrate* oksigen yang berbeda. Proses kalibrasi dilakukan dengan pengambilan data pembacaan sensor dalam bentuk standar liter per menit (slm) terhadap *flowrate* oksigen 0 – 10 LPM (terukur pada *flowmeter* regulator). Untuk setiap 1 besaran nilai *flowrate* (LPM) dilakukan pengambilan data sebanyak 5 kali dan di rata-rata (nilai X yang terdapat pada Tabel 5.1). Tujuan kalibrasi untuk mendapatkan nilai pembacaan sensor mendekati/sesuai dengan alat ukur yang sudah standar dengan menggunakan metode regresi linear. Data kalibrasi sensor SFM4100 ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Data kalibrasi sensor

Data ke-	X (Nilai Baca Sensor) (slm)	Y (Target Flowrate) (LPM)	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
1	228.127	0	52041.9281	0	0
2	274.4027	0.2	75296.8418	0.04	54.88054
3	347.8783	0.4	121019.312	0.16	139.1513
4	495.638	0.6	245657.027	0.36	297.3828
5	641.5653	0.8	411606.034	0.64	513.2522
6	771.7571	1	595609.021	1	771.7571
7	1112.803	1.5	1238330.52	2.25	1669.205
8	1540.122	2	2371975.77	4	3080.244

9	1917.637	2.5	3677331.66	6.25	4794.093
10	2302.012	3	5299259.25	9	6906.036
11	2708.714	3.5	7337131.53	12.25	9480.499
12	3136.338	4	9836616.05	16	12545.35
13	3542.12	4.5	12546614.1	20.25	15939.54
14	3908.828	5	15278936.3	25	19544.14
15	4375.13	5.5	19141762.5	30.25	24063.22
16	4731.65	6	22388511.7	36	28389.9
17	5207.675	6.5	27119878.9	42.25	33849.89
18	5632.593	7	31726103.9	49	39428.15
19	5966.301	7.5	35596747.6	56.25	44747.26
20	6430.438	8	41350532.9	64	51443.5
21	6766.727	8.5	45788594.3	72.25	57517.18
22	7298.395	9	53266569.6	81	65685.56
23	7671.617	9.5	58853707.4	90.25	72880.36
24	8164.668	10	66661803.6	100	81646.68
Total	85173.1364	106.5	460981638	718.45	575387.2

Data yang terdapat pada Tabel 5.1 selanjutnya digunakan untuk menentukan persamaan regresi linear (persamaan 1). Dari persamaan tersebut akan menghasilkan nilai *flowrate* oksigen yang ditampilkan pada LCD dan *user interface*.

$$Y = a + b(X) \quad (1)$$

Keterangan:

$a$  = konstanta

$b$  = koefisien regresi

$Y$  = target *flowrate* (LPM)

$X$  = nilai baca sensor (slm)

Untuk memperoleh nilai konstanta  $a$  dan  $b$  dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 2 dan 3 terhadap data pada Tabel 5.1 sebagai berikut:

$$a \text{ (intercept)} = \frac{\Sigma Y \Sigma X^2 - \Sigma X \Sigma XY}{n \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} \quad (2)$$

$$a = \frac{(106,5)(85173,136^2) - (106,5)(575387,2)}{24(460981638) - (85173,1364)^2} = 0,02284268716 \quad (2.1)$$

$$b \text{ (slope)} = \frac{n\Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y}{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} \quad (3)$$

$$b = \frac{(575387,2) - (106,5)(85173,136)}{24(460981638) - (85173,1364)^2} = 0,001243957661 \quad (3.1)$$

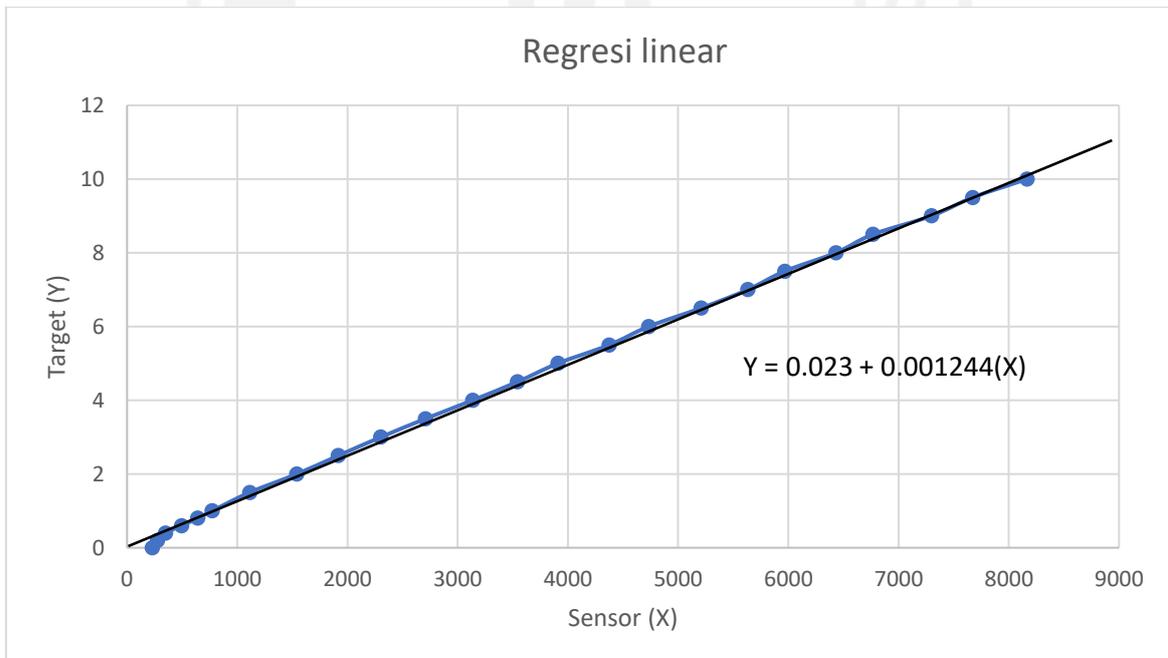
Dari hasil perhitungan diperoleh nilai konstanta a dan b, untuk kemudian dimasukkan dalam persamaan 1 sehingga diperoleh persamaan 4. Persamaan 4 tersebut dimasukkan dalam program (*source code*) untuk memperoleh nilai *flowrate* oksigen.

$$Y = 0.023 + 0.001244(X) \quad (4)$$

Keterangan:

$X$  = standar liter per menit (*slm*)

$Y$  = *flowrate* oksigen (*LPM*)



Gambar 5.1. Grafik regresi linear

Gambar 5.1 menunjukkan grafik regresi linear dari proses kalibrasi sensor SFM4100 Air. Sumbu *vertical* (Y) merupakan nilai *flowrate* oksigen yang ingin dicapai oleh pembacaan sensor. Nilai tersebut berasal dari *flowmeter* yang terdapat pada regulator oksigen medis. Sumbu *horizontal* (X) merupakan nilai hasil pembacaan sensor SFM4100. Dari grafik dapat diketahui bahwa nilai pembacaan sensor berbanding lurus dengan perubahan nilai *flowrate* oksigen. Grafik juga menunjukkan bahwa sensor yang digunakan memiliki tingkat linear sangat baik. Hal ini dapat diketahui dari posisi titik koordinat setiap perubahan nilai parameter selalu berada/mendekati garis lurus.

Untuk pengukuran *flowrate* oksigen 0 LPM sensor akan tetap memberikan nilai hasil pembacaan sekitar 218, sehingga pada grafik Gambar 5.1 titik koordinat dari nilai parameter 0 LPM akan sedikit menjauhi garis lurus. Dengan menggunakan nilai *intercept* (a) dan *slope* (b) dari hasil perhitungan, maka nilai pembacaan sensor akan sama/mendekati nilai *flowrate* oksigen pada regulator (target), dapat dilihat pada Tabel 5.3.

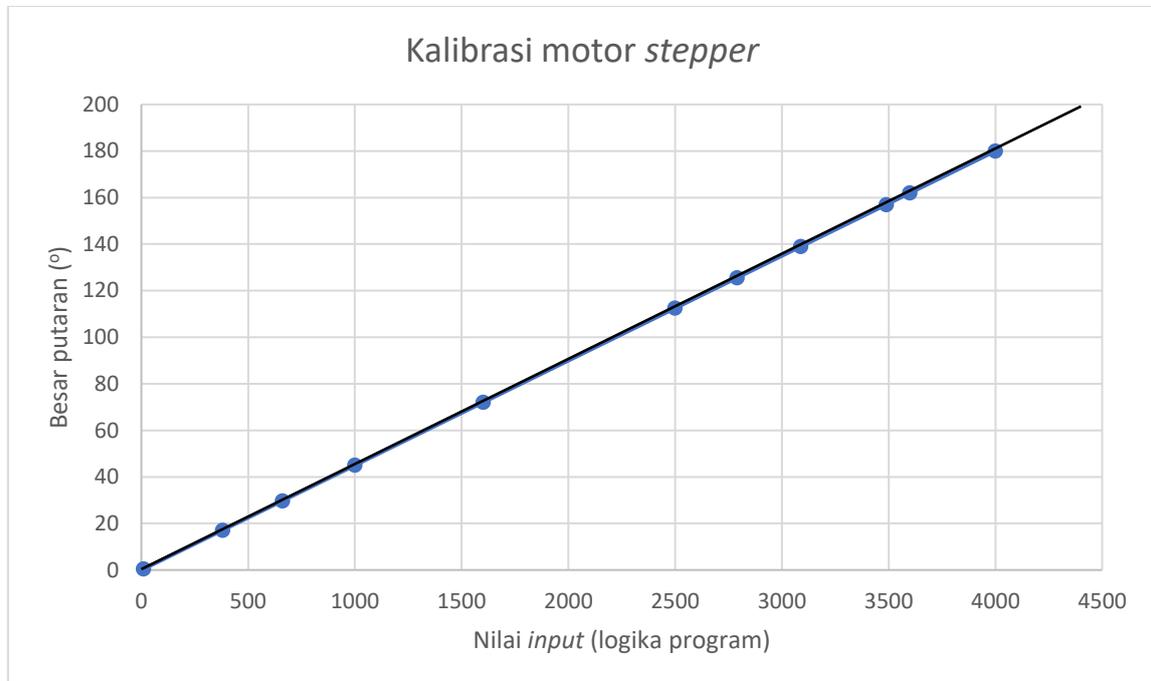
### 5.1.1.2 Motor Stepper

Kalibrasi motor *stepper* dilakukan dengan membandingkan nilai masukan (logika program) dengan *flowrate* oksigen yang terukur pada *flowmeter* regulator. Proses kalibrasi menggunakan regulator oksigen standar dan tabung oksigen 1 m<sup>3</sup>. Untuk memperoleh satu nilai besar derajat putar motor dengan *flowrate* oksigen tertentu, dilakukan beberapa kali percobaan dengan memberikan masukan nilai logika (*integer*) pada program. Tujuannya yaitu untuk mendapatkan nilai besar derajat putaran motor dalam membuka katup regulator sehingga *flowrate* oksigen yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan (0 – 10 LPM). Data kalibrasi motor *stepper* ditunjukkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Data kalibrasi motor *stepper*

No.	<i>Flowrate</i> Oksigen (LPM)	Besar Putaran (°)	Nilai Input (Logika Program)
1	0.5	0.45	10
2	1	17.1	380
3	2	29.7	660
4	3	45	1000
5	4	72	1600
6	5	112.455	2499
7	6	125.505	2789

8	7	138.96	3088
9	8	156.96	3488
10	9	161.955	3599
11	10	179.955	3999



Gambar 5.2. Grafik kalibrasi motor *stepper*

Gambar 5.2 menunjukkan grafik linear hasil kalibrasi motor *stepper*. Sumbu *vertical* (Y) merupakan besar sudut putaran motor *stepper* untuk membuka *valve* regulator sehingga diperoleh nilai *flowrate* oksigen sesuai dengan yang diinginkan. Untuk sumbu *horizontal* (X) merupakan nilai *input* (logika program) untuk memperoleh besar sudut putaran motor *stepper*. Dari grafik dapat diketahui bahwa besar sudut putaran motor berbanding lurus dengan perubahan nilai *input* dan posisi titik koordinat pada setiap perubahan nilai parameter akan selalu berada/mendekati garis lurus.

### 5.1.2 Pengambilan Data Hasil Pengujian Alat setelah Kalibrasi

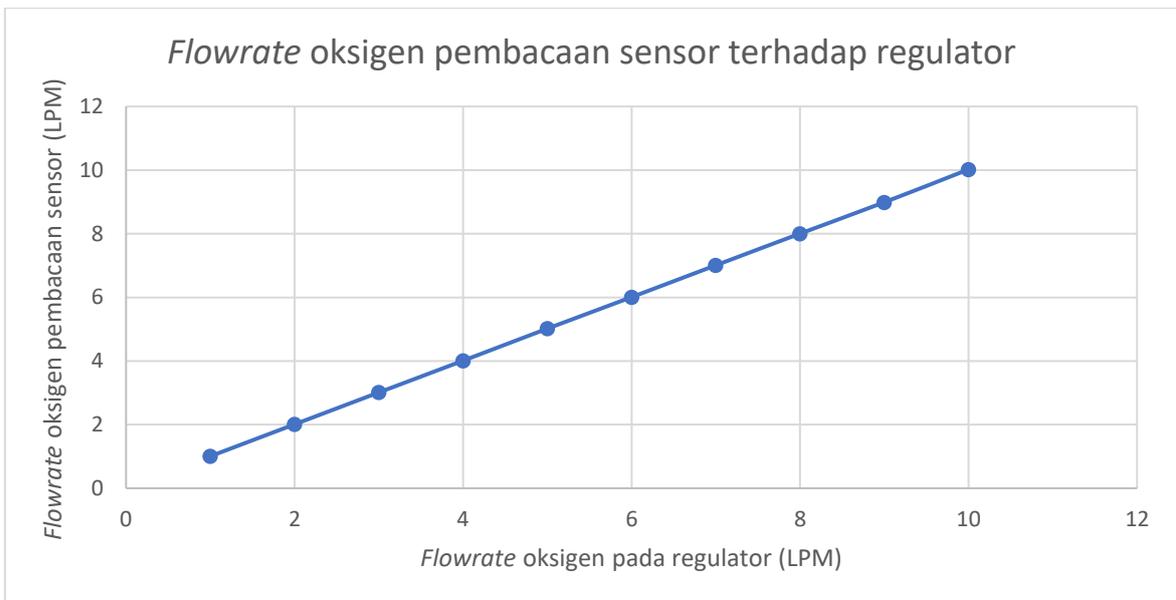
Setelah proses kalibrasi sensor dan motor *stepper* selesai, dilanjutkan dengan melakukan pengujian untuk mengetahui nilai *error* dari alat yang dirancang. Pengujian alat dilakukan sebanyak tiga kali, yaitu pengujian sensor, pengujian OMEDIG dan pengujian OMEDIG pada Thinger.io sebagai *user interface*.

### 5.1.2.1 Pengujian Sensor

Proses pengujian sensor diawali dengan menyiapkan tabung oksigen 1m<sup>3</sup>, kemudian pemasangan sensor pada regulator untuk selanjutnya dipasang pada tabung oksigen. Setelah itu, menghubungkan kabel konektor sensor pada alat (sistem kontrol), dan menyambungkan kabel USB dari mikrokontroler ke laptop. Alat dihidupkan untuk memulai proses pengujian. Pengujian dilakukan dengan memutar *valve* regulator secara manual sampai bola *flowmeter* regulator menunjukkan *flowrate* oksigen 1 LPM, dan mencatat nilai *flowrate* oksigen yang terbaca oleh sensor. Pengujian sensor dilakukan hingga *flowrate* oksigen 10 LPM dan untuk setiap nilai *flowrate* dilakukan sebanyak tiga kali pengambilan data. Hasil pengujian sensor SFM4100 Air setelah dikalibrasi ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Data hasil pengujian sensor *airflow* SFM4100 Air

<b><i>Flowrate</i> pada Regulator (LPM)</b>	<b><i>Flowrate</i> Pembacaan Sensor (LPM)</b>			<b>Rata-rata <i>Flowrate</i> Pembacaan Sensor (LPM)</b>
1	1.011	0.998	1.007	1.0053
2	2.009	2.005	2.013	2.009
3	3.016	3.015	3.003	3.0113
4	4.01	4.008	4.01	4.0093
5	5.02	5.035	4.999	5.018
6	5.998	5.98	6.043	6.007
7	7.029	7.0	6.998	7.009
8	8.007	8.007	8.001	8.005
9	8.978	9.016	8.974	8.9893
10	10.007	10.033	10.027	10.0223



Gambar 5.3. Grafik hasil pengujian sensor *airflow* SFM4100 Air

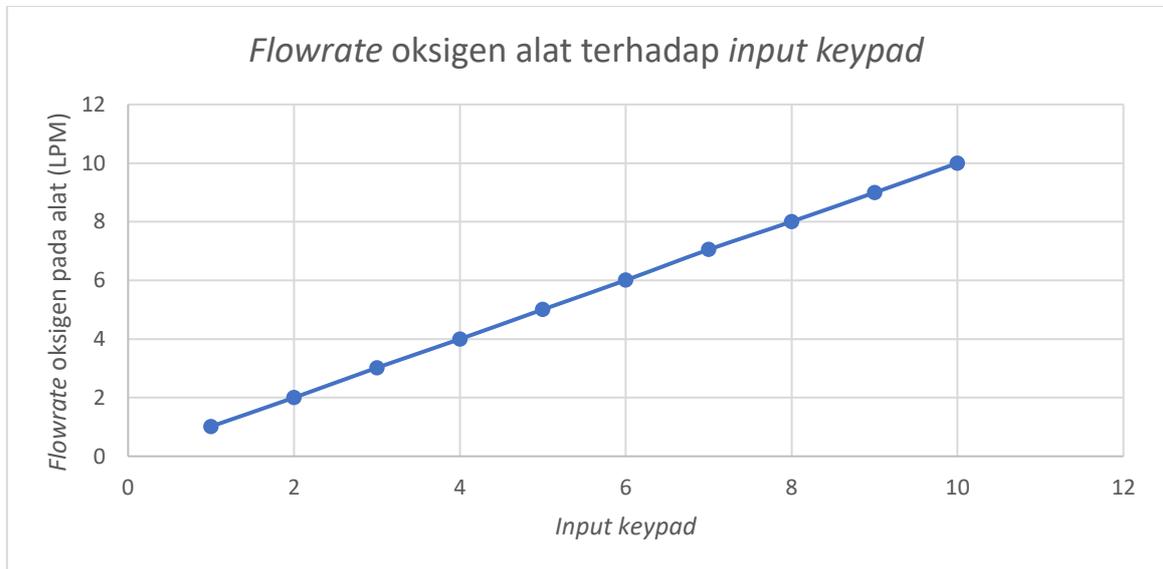
### 5.1.2.2 Pengujian OMEDIG

Untuk proses pengujian OMEDIG hampir sama dengan pengujian sensor, tapi pada pengujian ini motor *valve* regulator dan *keypad* sudah dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Sehingga proses pengujian dilakukan dengan memberikan nilai *input flowrate* oksigen 1 LPM menggunakan *keypad* dan motor *valve* regulator akan berputar dengan besar sudut sesuai dengan nilai yang sudah ditetapkan saat kalibrasi. Kemudian mencatat nilai *flowrate* oksigen yang ditampilkan pada alat. Pengujian alat dilakukan hingga *flowrate* oksigen 10 LPM dan untuk setiap nilai *flowrate* dilakukan sebanyak tiga kali pengambilan data. Hasil pengujian OMEDIG ditunjukkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Data hasil pengujian OMEDIG

<b>Input Keypad</b>	<b>Flowrate pada Regulator (LPM)</b>	<b>Flowrate pada Alat (LPM)</b>			<b>Rata-rata Flowrate pada Alat (LPM)</b>
1	1	1.05	1.04	0.96	1.0167
2	2	1.99	2.01	2.0	2
3	3	3.03	3.02	3.01	3.02
4	4	4.01	3.98	4.0	3.9967
5	5	4.99	5.02	5.01	5.0067
6	6	6.0	5.99	6.03	6.0067

7	7	7.06	7.05	7.04	7.05
8	8	7.998	8.028	7.988	8.0047
9	9	8.984	9.004	8.994	8.994
10	10	10.01	9.995	9.993	9.9993



Gambar 5.4. Grafik hasil pengujian OMEDIG

Setelah diperoleh data hasil pengujian seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.4, maka dilakukan perhitungan *error* pembacaan alat untuk mengetahui tingkat akurasi.

Tabel 5.5. Selisih *flowrate* pembacaan alat terhadap regulator

<b>Flowrate pada Regulator (LPM)</b>	<b>Flowrate pada Alat (LPM)</b>	<b>Error (e) =  Flowrate pada Alat – Flowrate pada Regulator </b>
1	1.0167	0.0167
2	2	0
3	3.02	0.02
4	3.9967	0.0033
5	5.0067	0.0067
6	6.0067	0.0067
7	7.05	0.05
8	8.0047	0.0047
9	8.994	0.006
10	9.9993	0.0007

Perhitungan akurasi alat menggunakan nilai selisih antara *flowrate* oksigen yang terbaca pada OMEDIG dan *flowmeter* regulator. Nilai selisih yang diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan *Root Mean Square Error* (RMSE), berikut perhitungannya:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (e)^2}{n}} \quad (5)$$

$$= \sqrt{\frac{0.0167^2 + 0^2 + 0.02^2 + 0.0033^2 + 0.0067^2 + 0.0067^2 + 0.05^2 + 0.0047^2 + 0.006^2 + 0.0007^2}{10}} \quad (5.1)$$

$$RMSE = 0.0182 \quad (5.2)$$

Berdasarkan perhitungan data Tabel 5.5 menggunakan persamaan 5, diperoleh nilai RMSE dari OMEDIG sebesar 0,0182. Dengan nilai RMSE tersebut, menunjukkan bahwa alat yang dirancang (OMEDIG) memiliki tingkat akurasi sangat baik yaitu  $\pm 98,18\%$  dalam membaca *flowrate* oksigen. Semakin kecil nilai RMSE (mendekati 0) dari data hasil pembacaan suatu alat, menunjukkan bahwa alat tersebut memiliki tingkat akurasi semakin baik.

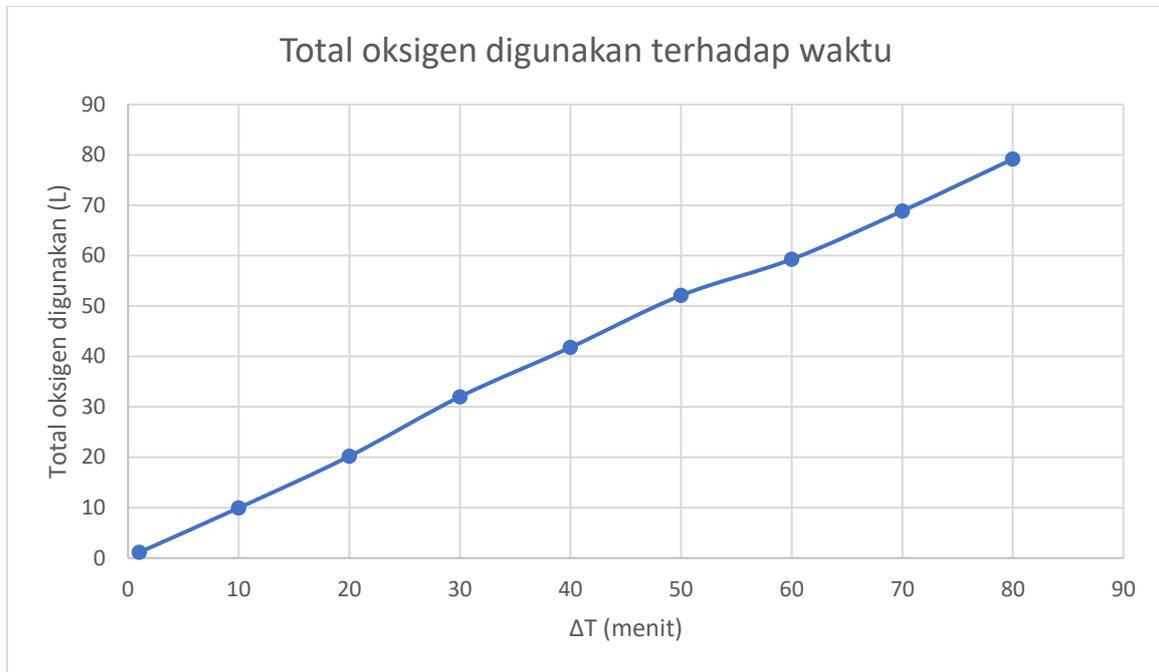
### 5.1.2.3 Pengujian OMEDIG pada Thinger.io

Pengujian OMEDIG pada *user interface* Thinger.io merupakan proses pengujian lanjutan dari yang dilakukan sebelumnya. Pada pengujian ini dilakukan dengan mengatur nilai *flowrate* oksigen konstan 1 LPM. Persiapan tambahan yang dilakukan yaitu mengaktifkan *hotspot portabel* dan memastikan alat terkoneksi dengan *WiFi* sehingga dapat terhubung dengan Thinger.io. Setelah itu, maka proses pengujian dilakukan dengan memantau *user interface* Thinger.io (bagian *dashboards*) dan alat dibiarkan hidup selama 80 menit untuk mengetahui apakah data terekam dengan baik pada *database* Thinger.io (bagian data *buckets*). Hasil pengujian OMEDIG terhadap Thinger.io ditunjukkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Data hasil pengujian OMEDIG pada Thinger.io selama 80 menit

No	$\Delta T$ (menit)	Flowrate Oksigen (LPM)	Total Volume Oksigen (L)
1	1	1.026434898	1.118739963
2	10	1.039971948	9.950909615
3	20	1.026434898	20.18441963
4	30	0.980619967	31.99624825
5	40	0.994155943	41.78770065

6	50	0.980619967	52.10437012
7	60	0.954587936	59.27991867
8	70	0.980619967	68.85762787
9	80	0.948341012	79.16246796



Gambar 5.5. Grafik hasil pengujian OMEDIG pada Thinger.io selama 80 menit

Tabel 5.6 menunjukkan total volume oksigen yang digunakan selama 80 menit tercatat pada Thinger.io yaitu 79 liter. Dari data tersebut, dilakukan perbandingan perhitungan tarif oksigen jika menggunakan OMEDIG dan regulator oksigen yang terdapat pada fasilitas kesehatan saat ini. Berdasarkan wawancara dengan pasien, tarif oksigen yang diterapkan pada fasilitas kesehatan saat ini yaitu Rp. 20.400,- per jam dengan jumlah volume oksigen 24 liter. Berikut perhitungannya:

$$\text{Harga per liter} = \frac{20.400}{24} = \text{Rp. } 850,- \quad (6)$$

dengan

$$\text{Flowrate oksigen} = \frac{24}{60} = 0,4 \text{ LPM} \quad (7)$$

Rumus perhitungan tarif oksigen fasilitas kesehatan saat ini (sumber dari brainly):

$$\text{Tarif} = \text{durasi}(\text{menit}) \times \text{flowrate oksigen}(\text{LPM}) \times \text{harga per liter}(\text{Rp.}) \quad (8)$$

Rumus perhitungan tarif oksigen jika menggunakan OMEDIG:

$$\text{Tarif} = \text{total volume oksigen}(\text{liter}) \times \text{harga per liter}(\text{Rp.}) \quad (9)$$

Tabel 5.7. Perhitungan tarif oksigen berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5.6

<b>Pentarifan Fasilitas Kesehatan</b>	<b>Pentarifan dengan OMEDIG</b>
<u>Perhitungan menggunakan persamaan 8.</u>	<u>Perhitungan menggunakan persamaan 9.</u>
$\text{Tarif} = 80 \times 1 \times 850$	$\text{Tarif} = 79 \times 850$
$\text{Tarif} = \text{Rp. } 68.000,-$	$\text{Tarif} = \text{Rp. } 67.150,-$

Pada Tabel 5.7 ditunjukkan perbedaan tarif yang harus dibayar pasien jika fasilitas kesehatan menggunakan OMEDIG yaitu Rp. 850,- lebih murah dibanding dengan regulator oksigen medis yang beredar dipasaran saat ini. Perbedaan harga tersebut berdasarkan asumsi perhitungan tarif oksigen pihak fasilitas kesehatan jika menghitung durasi pemakaian oksigen dalam menit. Sedangkan pada kenyataannya, pihak fasilitas kesehatan menghitung durasi pemakaian oksigen dalam jam. Sehingga ketika ada pasien yang menggunakan oksigen bantu selama 50 menit, maka pihak fasilitas kesehatan menghitungnya sebagai 1 jam pemakaian. Karena pasien tidak mengetahui durasi dan total volume oksigen yang sebenarnya digunakan, maka pasien akan setuju jika diminta membayar pemakaian oksigen dengan jumlah yang ditetapkan pihak fasilitas kesehatan.

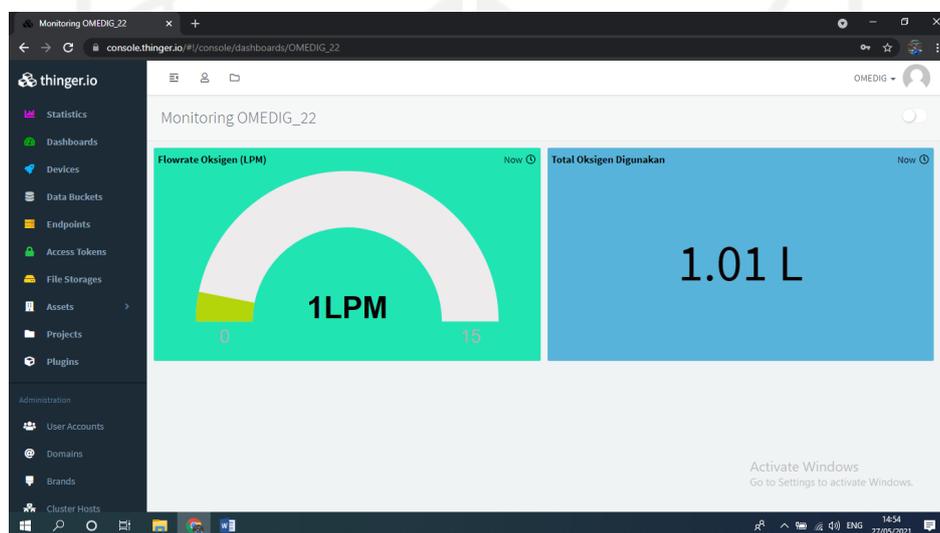
OMEDIG menjadi solusi untuk mengatasi hal tersebut. Selain memudahkan dalam mengatur besar *flowrate* oksigen, OMEDIG juga dapat mencatat total volume oksigen yang digunakan. Pihak fasilitas kesehatan dan pasien dapat sama-sama mengetahui besar *flowrate* dan total volume oksigen yang digunakan melalui penampil LCD yang terdapat pada alat. Sehingga pasien dapat memperkirakan biaya yang harus dibayar untuk oksigen yang telah digunakan. Untuk pihak fasilitas kesehatan juga lebih adil dalam menetapkan tarif oksigen, karena pentarifan oksigen tidak lagi berdasarkan durasi pemakaian melainkan berdasarkan total volume oksigen.

### 5.1.3 User Interface OMEDIG

Fungsi utama *user interface* (Thinger.io) dari OMEDIG yaitu untuk melakukan pengamatan besar *flowrate* dan total volume oksigen, serta untuk pencatatan total volume oksigen yang telah digunakan. Memungkinkan seorang dokter (dari jarak jauh) untuk memastikan besar *flowrate* yang

diberikan kepada pasien sesuai dengan yang diperintahkan. Sehingga memperkecil kemungkinan terjadinya kesalahan dari perawat dalam memberikan *flowrate* oksigen. Karena dapat berakibat fatal bagi pasien yang sedang menjalani terapi oksigen.

Dari sisi penyimpanan data (*database*), data yang tersimpan pada Thinger.io dapat di unduh dalam format file excel. Dalam file excel terdapat waktu *update* data, besar *flowrate* dan total volume oksigen yang digunakan setiap menitnya. Dengan file tersebut akan memudahkan pihak fasilitas kesehatan dalam penetapan tarif oksigen. Dan dapat menjadi bukti otentik ketika ada pasien yang meragukan atau tidak terima dengan jumlah tarif oksigen yang diberikan pihak fasilitas kesehatan. Contoh tampilan *user interface* ditunjukkan pada Gambar 5.6, tampilan *database* ditunjukkan pada Gambar 5.7 dan tampilan file excel hasil unduhan dari *database* ditunjukkan pada Gambar 5.8.



Gambar 5.6. Tampilan *user interface* pada Thinger.io

Date	Flowrate(LPM)	Total
2021-05-27T14:02:02.948Z	0.968124985684853	81.16519927978516
2021-05-27T14:01:02.807Z	0.9483410120010376	79.16246795654297
2021-05-27T14:00:02.838Z	0.9483410120010376	78.70852661132812
2021-05-27T13:58:54.594Z	0.974371969996596	78.11216735839844
2021-05-27T13:57:54.514Z	0.9545879364013672	77.1377944946289
2021-05-27T13:56:55.001Z	0.9545879364013672	76.65177917480469
2021-05-27T13:55:54.408Z	0.9545879364013672	74.7069473266016
2021-05-27T13:54:53.692Z	0.9608239336853027	74.69054413841797
2021-05-27T13:53:53.369Z	0.968124985684853	72.28504943847656
2021-05-27T13:52:53.637Z	0.9545879364013672	72.24969482421875
2021-05-27T13:51:53.696Z	0.9879089593887329	71.27531433105469
2021-05-27T13:50:52.115Z	0.9806199669837952	68.85762786865334

Gambar 5.7. Tampilan *database* pada Thinger.io

	A	B	C	D	E
1	ts	Flowrate(LPM)	Total (L)		
2	2021-05-27T05:38:44.778Z	1.032683015	0.086663991		
3	2021-05-27T05:39:45.361Z	1.026434898	1.118739963		
4	2021-05-27T05:40:45.141Z	1.026434898	2.097189903		
5	2021-05-27T05:41:44.834Z	1.032683015	3.126315832		
6	2021-05-27T05:42:45.173Z	1.026434898	4.216790199		
7	2021-05-27T05:43:45.462Z	1.020187974	5.185955048		
8	2021-05-27T05:44:45.003Z	1.020187974	6.168136597		
9	2021-05-27T05:45:45.976Z	1.012899041	7.130446911		
10	2021-05-27T05:46:45.240Z	1.006650925	8.297020912		
11	2021-05-27T05:47:45.201Z	1.006650925	9.200499535		
12	2021-05-27T05:48:45.586Z	1.039971948	9.950909615		
13	2021-05-27T05:49:45.741Z	1.013939977	11.2378397		
14	2021-05-27T05:50:45.789Z	1.020187974	12.23919964		
15	2021-05-27T05:51:46.190Z	1.020187974	13.08862019		
16	2021-05-27T05:52:46.483Z	1.020187974	14.08901978		
17	2021-05-27T05:53:46.371Z	1.020187974	15.0894289		
18	2021-05-27T05:54:45.648Z	0.994155943	16.30754089		
19	2021-05-27T05:56:15.812Z	1.006650925	17.81014061		
20	2021-05-27T05:57:16.650Z	1.006650925	18.59083939		
21	2021-05-27T05:58:16.157Z	1.006650925	19.71359062		
22	2021-05-27T05:59:16.623Z	1.026434898	20.18441963		
23	2021-05-27T06:00:18.018Z	1.006650925	21.60871887		

Gambar 5.8. Tampilan file excel hasil unduhan dari *database* Thinger.io

### 5.1.4 Implementasi pada Tabung Oksigen 1m<sup>3</sup>



Gambar 5.9. Proses persiapan kalibrasi sensor dan motor *stepper*

Gambar 5.9 menunjukkan proses persiapan kalibrasi sensor SFM4100 dan motor *stepper* menggunakan tabung oksigen 1m<sup>3</sup>. Proses kalibrasi dilakukan secara terpisah, dimulai dari kalibrasi sensor SFM4100 dan dilanjut dengan kalibrasi motor *stepper*.



Gambar 5.10. Proses pengambilan data

Gambar 5.10 menunjukkan proses pengambilan data alat secara keseluruhan dengan rentang nilai *flowrate* pengujian 1 – 10 LPM.

## 5.2 Pengalaman Pengguna

Implementasi sistem alat ini dapat digunakan langsung oleh pihak fasilitas kesehatan masyarakat untuk membantu proses penetapan tarif oksigen sehingga transparan. Dari pengalaman pengguna dihasilkan beberapa masukan dan saran untuk pengembangan sistem OMEDIG agar lebih baik kedepannya. Beberapa penjelasan singkat dari PT. Putra Medikaltek Indonesia terhadap sistem alat, ditunjukkan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7. Pengalaman Pengguna

No.	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
1	Sistem IoT	Hasil pengukuran alat dapat dipantau dari jarak jauh melalui <i>smartphone</i> ataupun laptop secara <i>realtime</i> .	Dipertahankan

2	Sistem pengukuran	Hasil pengukuran <i>flowrate</i> oksigen terhadap <i>flowmeter</i> regulator memiliki selisih kesalahan yang kecil.	Dipertahankan
3	Keamanan	Keamanan data sudah baik, karena harus <i>login</i> terlebih dahulu untuk melihat dan mengambil data. <i>Login</i> hanya dapat dilakukan terhadap akun email yang sudah didaftarkan.	Dipertahankan
4	<i>User interface</i>	Menampilkan <i>flowrate</i> dan total volume oksigen yang digunakan. Namun <i>device</i> yang dapat terhubung terbatas hanya 2 <i>device</i> untuk satu akun email yang didaftarkan, serta penggunaan fiturnya juga terbatas.	Perlu diperbaiki atau diganti sehingga lebih banyak <i>device</i> yang dapat terhubung.
5	Tampilan pada alat	Tampilan pada alat yaitu <i>flowrate</i> dan total volume oksigen yang digunakan.	Dipertahankan
6	<i>Hardware</i>	Dapat berfungsi semuanya, namun untuk motor <i>stepper</i> tidak mampu menutup <i>valve</i> regulator hingga 0 LPM.	Perlu dipertimbangkan lagi untuk pemilihan dan penggunaan motor <i>stepper</i> sebagai penggerak buka tutup <i>valve</i> regulator.

### 5.3 Dampak Implementasi

#### 5.3.1 Teknologi/Inovasi

Seiring berkembangnya teknologi dibidang alat kesehatan, regulator oksigen medis yang sudah ada terus dikembangkan dari waktu ke waktu. Aspek pengembangan yang dilakukan yaitu berkaitan dengan pentarifan oksigen yang tidak sesuai dengan total volume pemakaian. Terdapat

beberapa inovasi regulator oksigen medis yang sudah dikembangkan sebelumnya. Pertama ada penentuan tarif berdasarkan perubahan tekanan oksigen *transport* yang dibuat oleh Anita Purwaningrum, dkk. Sistem yang dirancang memiliki kemampuan ukur *flowrate* oksigen 0 – 10 LPM dengan tingkat akurasi sebesar 96,66% dan menggunakan Thingspeak sebagai *user interface*. Untuk mengatur *flowrate* oksigen masih dilakukan secara manual dengan memutar katup regulator. Yang kedua yaitu monitoring volume oksigen sebagai dasar penentu tarif dibuat oleh Miasih, dkk. Alat yang dirancang memiliki kemampuan ukur *flowrate* oksigen 0 – 15 LPM dengan tingkat akurasi sebesar 92,13% dan menggunakan WEB sebagai *user interface*. Untuk mengatur *flowrate* oksigen masih dilakukan secara manual seperti alat sebelumnya.

Tabel 5.8. Perbandingan sistem yang dibuat dengan yang sudah ada

No.	Fitur/Komponen	Sistem yang Dibuat	Anita P., dkk	Miasih, dkk
1	<i>Input flowrate</i>	keypad	Manual memutar katup	Manual memutar katup
2	<i>Database</i>	Ada	Ada	Tidak ada

Berdasarkan (Tabel 5.8) dapat diketahui bahwa inovasi yang dihadirkan dari OMEDIG yaitu pengaturan nilai *flowrate* oksigen dilakukan dengan menggunakan *keypad*. Sudah teruji dapat berfungsi dengan baik, sehingga memudahkan dalam mengatur *flowrate* oksigen. Untuk penyimpanan data, OMEDIG juga memiliki *database* sehingga data hasil pembacaan alat tersimpan dengan baik. Data tersebut dapat mempermudah proses penetapan tarif oksigen oleh pihak fasilitas kesehatan.

### 5.3.2 Sosial

Berdasarkan sistem perancangan yang telah diimplementasikan terhadap aspek sosial telah mampu memberikan solusi alternatif kepada pihak fasilitas kesehatan serta masyarakat khususnya pasien yang membutuhkan alat bantu pernapasan. Alat akan membantu pihak faslitas kesehatan dan pasien untuk mengetahui jumlah pemakaian oksigen. Sehingga fasilitas kesehatan (RS/Puskesmas) tidak lagi melakukan pentarifan penggunaan oksigen berdasarkan durasi pemakaian, melainkan berdasarkan total volume oksigen yang telah digunakan oleh pasien. Maka akan tercipta rasa adil dan transparansi antara pihak fasilitas kesehatan dan pasien.

## BAB 6: Kesimpulan dan Saran

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan dan implementasi terhadap alat oksigen meter digital dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil merancang alat oksigen meter digital dengan menggunakan sensor *airflow* yaitu SFM4100 AIR sebagai pengukur *flowrate* oksigen, dan Arduino UNO+*WiFi* sebagai pengolah data. Sudah terbukti OMEDIG dapat mengukur serta menampilkan *flowrate* oksigen dan total volume oksigen yang digunakan, bukti ditunjukkan pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.6.
2. Pengukuran nilai *flowrate* oksigen dapat mencapai 10 LPM. Sebenarnya OMEDIG dirancang untuk dapat mengukur *flowrate* hingga 15 LPM, akan tetapi karena keterbatasan alat kalibrasi sensor sehingga kemampuan ukur alat hanya mencapai 10 LPM sesuai dengan batas kemampuan *flowmeter* dari regulator yang digunakan kalibrasi.
3. *Error* pembacaan alat yaitu  $\pm 1,82\%$  atau akurasi mencapai  $\pm 98,18\%$ .

### 6.2 Saran

Dalam upaya pengembangan rancang bangun oksigen meter digital dalam penelitian selanjutnya disarankan:

1. Membuat *user interface* dan *database server* sendiri, karena pada Thingier.io *device* yang dapat terhubung terbatas maksimal 2 perangkat, serta penggunaan fitur-fiturnya juga terbatas.
2. Mengganti tipe dan jenis motor *stepper* yang digunakan untuk memperoleh torsi lebih besar dari 1 Nm, dimana motor *stepper* yang digunakan saat ini memiliki torsi 0,03 Nm dan belum mampu menutup *valve* regulator (pada kondisi *flowrate* oksigen 0 LPM) ketika regulator sudah dipasang pada tabung oksigen. Hal ini dikarenakan oksigen cukup lembab dan mengandung air sehingga menyebabkan *valve* regulator menjadi sulit untuk diputar.
3. Menambahkan fungsi kontrol alat jarak jauh, sehingga pengaturan *flowrate* oksigen dapat dilakukan sewaktu-waktu dari ruangan berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Hadiyoso, Nursanto, and A. Rizal, "Implementasi Regulator Oksigen Otomatis berdasarkan Tingkat Pernapasan menggunakan Logika Fuzzy," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 3, no. 1, p. 52, 2015, doi: 10.26760/elkomika.v3i1.52.
- [2] Nursanto, M. Achmad Rizal, ST., and M. Sugondo Hadiyoso, ST., "Perancangan Dan Implementasi Regulator Oksigen Otomatis (Design and Implementation of Automatic Regulator Oxygen)," *Teknik*, vol. 2, no. 2, pp. 2192–2198, 2015.
- [3] Kementerian Kesehatan RI, "Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 1189 Tahun 2010 tentang Produksi Alat Kesehatan." 2010.
- [4] M. Khosyi'in, A. Suprajitno, and E. Setiono, "Alat Penghitung Volume dan Timer Penggunaan Oksigen," vol. d, 2017.
- [5] A. Purwaningrum, I. D. G. H. Wisana, and B. Utomo, "ANALISIS PERUBAHAN TEKANAN OKSIGEN TRANSPORT UNTUK PENENTUAN TARIF DILENGKAPI DETEKSI LOW PRESSURE BERBASIS IOT," pp. 1–11, 2020.
- [6] Miasih, B. G. Irianto, and A. Kholiq, "Pengembangan Monitoring Volume Oksigen Sebagai Dasar Penentu Tarif dengan Waktu Real Time Berbasis IOT," pp. 1–7, 2020.
- [7] D. Siti Nurhayati, B. G. Irianto, and A. Kholiq, "Pengembangan Monitoring Volume Oksigen Dilengkapi Dengan Deteksi Kerusakan Regulator untuk Safety Pasien Berbasis IoT," pp. 1–8, 2020.

## LAMPIRAN-LAMPIRAN

### Logbook Kegiatan



DEPARTMENT OF  
ELECTRICAL ENGINEERING

#### LOGBOOK KEGIATAN TUGAS AKHIR / *CAPSTONE DESIGN*

Judul : Rancang bangun oksigen meter digital untuk fasilitas kesehatan masyarakat  
Pengusul : MUH ZAINULLAH : 17524061

No	Hari, Tanggal	Deskripsi Kegiatan
1	Jumat, 19/03/2021	Diskusi kelompok bersama dosen pembimbing. Hasil diskusi : <ol style="list-style-type: none"><li>1. Pembahasan dana untuk pembelian sensor SFM4100 Air</li><li>2. Saran online shop untuk pembelian sensor</li></ol>
2	Senin, 25/03/2021	Diskusi kelompok guna membahas rancangan desain 3D yang berkaitan dengan penempatan komponen dan membahas skema rangkaian elektroniknya.
3	Selasa, 30/03/2021	Penyelesaian desain PCB dan order cetak PCB
4	Kamis, 1,2,3,5/04/2021	Riset program untuk sistem yang dirancang, terdiri dari : <ol style="list-style-type: none"><li>1. Program keypad</li><li>2. Program LCD I2C 16x2</li><li>3. Program motor stepper uln2003A</li><li>4. Program sensor SFM4100</li><li>5. Program WLAN menggunakan ESP8266</li></ol>
5	Selasa, 06/04/2021	Membuat kabel untuk sistem elektronik
6	Rabu, 7,9,10,12/04/2021	Membuat program untuk sistem, terutama fokus untuk mengerjakan program keypad dan motor stepper
7	Kamis, 08/04/2021	Melakukan penyolderan pin molex pada PCB
8	Rabu, 14/04/2021	Mencoba akses sensor SFM4100, untuk mengetahui sensor dapat bekerja atau tidak pada objek (udara dan atau oksigen).
9	Kamis, 15/04/2021	Program gabungan antara sensor dan komponen lain mengalami kendala, yaitu program tidak dapat berjalan sehingga pembacaan sensor tidak dapat

		<p>terjadi. Dari permasalahan yang terjadi, sudah dapat diidentifikasi penyebabnya :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penempatan program untuk memanggil nilai sensor ternyata tidak mengalami perputaran (looping).</li> <li>2. Jika pada program sensor terdapat delay (penundaan) dalam pembacaannya, akan mempengaruhi program motor stepper. Sehingga program sensor yang masuk dalam looping tidak boleh ada delay (penundaan).</li> </ol>
10	Kamis, 15/04/2021	Diskusi kelompok bersama dosen pembimbing mengenai progres yang sudah dikerjakan.
11	Jumat, 16/04/2021	Mencari solusi program sensor, untuk mengatasi masalah delay (penundaan) pembacaan sensor yang berpengaruh pada proses looping sistem.
12	Sabtu, 17/04/2021	Solusi untuk masalah program pembacaan sensor sudah ditemukan, yaitu dengan menggunakan sistem counter. Sehingga kendala pada bagian program sudah dapat teratasi dan selesai.
13	Senin, 19/04/2021	Bimbingan untuk menunjukkan perkembangan progres dari rangkaian elektronik dan program, dan uji coba kerja sistem bersama dosen pembimbing 1.
14	Selasa, 20/04/2021	Pembuatan program transfer data dari ESP8266 ke Blynk.

Yogyakarta, 22 April 2021

Dosen Pembimbing

Firdaus, S.T., M.T., Ph.D

NIP: 105240101



### LOGBOOK KEGIATAN TUGAS AKHIR / *CAPSTONE DESIGN*

Judul : Rancang bangun oksigen meter digital untuk fasilitas kesehatan masyarakat

Pengusul : MUH ZAINULLAH : 17524061

No	Hari, Tanggal	Deskripsi Kegiatan
1	Jumat, 23/04/2021	Perakitan komponen elektronik pada casing (bagian sistem kontrol).
2	Senin, 26/04/2021	Uji coba program Blynk pada board arduino uno WiFi
3	Selasa, 27/04/2021	Uji coba program Thinger.IO pada board arduino uno WiFi
4	Rabu, 28/04/2021	Uji coba program Thingspeak pada board arduino uno WiFi
5	Kamis, 29/04/2021	Memperbaiki program sistem berkaitan dengan pembacaan sensor SFM4100
6	Jumat, 30/04/2021	Uji coba program komunikasi serial Json pada board arduino uno WiFi Robotdyn
7	Sabtu, 01/05/2021	Uji coba mengirimkan data pembacaan sensor ke Thinger.IO dengan hasil: <ol style="list-style-type: none"><li>1. Untuk data pembacaan sensor sudah dapat terkirim dan dapat dipantau secara real time pada Thinger.IO</li><li>2. Untuk data jumlah (total) dari nilai pembacaan sensor belum dapat dikirim, kemungkinan terjadi tabrakan data saat proses komunikasi serial sehingga data tidak dapat diteruskan pada Thinger.IO</li></ol> Sehingga akan dilakukan riset program kembali untuk mengatasi masalah tersebut.
8	Senin, 03/05/2021	Untuk kendala komunikasi serial sudah dapat teratasi. Kendala bukan karena data tabrakan, akan tetapi kesalahan program sehingga komunikasi serial tidak dapat terjadi. Sehingga untuk program sistem dan komunikasi serial sudah selesai.
9	Selasa, 04/05/2021	Perakitan komponen elektronik pada casing (bagian valve regulator).
10	Kamis, 07/05/2021	Diskusi bersama dosen pembimbing untuk menyampaikan progres yang sudah dikerjakan dan kendala yang dialami.

11	Minggu, 23/05/2021	Melakukan sewa tabung oksigen untuk digunakan kalibrasi sensor.
12	Senin, 24/05/2021	Kalibrasi sensor dan pengujian hasil kalibrasi sensor.
13	Selasa, 25/05/2021	Kalibrasi motor stepper untuk buka tutup valve.
14	Rabu, 26/05/2021	Diskusi kelompok bersama dosen pembimbing
15	Rabu, 26/05/2021	Melakukan pengujian keseluruhan sistem alat dan melakukan pengambilan data kinerja alat.
16	Kamis, 27/05/2021	Melakukan pengujian alat dengan mengirimkan data hasil pembacaan ke website Thinger.io dan mengambil data tersebut dari Thinger.io dalam bentuk excel.
17	Jumat, 28/05/2021 Minggu, 30/05/2021	Proses pembuatan technical report TA202 dan laporan akhir TA2
18	Rabu, 16/06/2021	Proses pembuatan poster
19	Jumat, 18/06/2021	Proses pembuatan PPT

Yogyakarta, 31 Mei 2021

Dosen Pembimbing

Firdaus, S.T., M.T., Ph.D

NIP: 105240101



### LOGBOOK KEGIATAN TUGAS AKHIR / *CAPSTONE DESIGN*

Judul : Rancang bangun oksigen meter digital untuk fasilitas kesehatan masyarakat

Pengusul : Mahabito Saka Nusantara : 17524085

No	Hari, Tanggal	Deskripsi Kegiatan
1	Jumat, 19/03/2021	Diskusi kelompok bersama dosen pembimbing. Hasil diskusi : 1. Pembahasan dana untuk pembelian sensor SFM4100 Air 2. Saran online shop untuk pembelian sensor
2	Senin, 25/03/2021	Diskusi kelompok guna membahas rancangan desain 3D yang berkaitan dengan penempatan komponen dan membahas skema rangkaian elektroniknya.
3	Selasa, 30/03/2021	Pengerjaan desain 3D
4	Kamis, 15/04/2021	Diskusi kelompok bersama dosen pembimbing mengenai progres yang sudah dikerjakan.
5	Senin, 15/04/2021	Melakukan beberapa perbaikan mengenai desain 3D

Yogyakarta, 22 April 2021

Dosen Pembimbing

Firdaus, S.T., M.T., Ph.D

NIP: 105240101



## LOGBOOK KEGIATAN TUGAS AKHIR / *CAPSTONE DESIGN*

Judul : Rancang bangun oksigen meter digital untuk fasilitas kesehatan masyarakat

Pengusul : Mahabito Saka Nusantara : 17524085

No	Hari, Tanggal	Deskripsi Kegiatan
1	Kamis, 07/05/2021	Diskusi bersama dosen pembimbing untuk menyampaikan progres yang sudah dikerjakan dan kendala yang dialami.
2	Minggu, 23/05/2021	Melakukan sewa tabung oksigen untuk digunakan kalibrasi sensor.
3	Senin, 24/05/2021	Kalibrasi sensor dan pengujian hasil kalibrasi sensor.
4	Selasa, 25/05/2021	Kalibrasi motor stepper untuk buka tutup valve.
5	Rabu, 26/05/2021	Diskusi kelompok bersama dosen pembimbing
6	Rabu, 26/05/2021	Melakukan pengujian keseluruhan sistem alat dan melakukan pengambilan data kinerja alat.
8	Kamis, 27/05/2021	Melakukan pengujian alat dengan mengirimkan data hasil pembacaan ke website Thinger.io dan mengambil data tersebut dari Thinger.io dalam bentuk excel.
9	Jumat, 28/05/2021 Minggu, 30/05/2021	Proses pembuatan technical report TA202 dan laporan akhir TA2
10	Rabu, 16/06/2021	Pembuatan video Tugas Akhir

Yogyakarta, 31 Mei 2021

Dosen Pembimbing

Firdaus, S.T., M.T., Ph.D

NIP: 105240101



## TECHNICAL REPORT

### IDENTITAS

Dokumentasi Proses (coret tidak perlu)	<del>TA101 / TA102 / TA103 / TA201 / TA202</del>
Judul Proyek	Rancang bangun oksigen meter digital untuk fasilitas kesehatan masyarakat
Daftar Anggota Kelompok	Muh. Zainullah (17524061) Mahabito Saka Nusantara (17524085)
Tanggal Laporan (Tgl/Bln/Tahun)	22 April 2021
Dosen Pembimbing 1	Firdaus, S.T., M.T., Ph.D.

### LAPORAN/PROGRESS

Rangkuman Hasil Perencanaan dan Implementasi	
Perencanaan	Implementasi
<p>Pada tahap ini akan dilakukan <i>prototyping</i> dari desain yang sudah disusun pada <i>Technical Report</i> 103 dan proposal TA 1. Dimana akan dilakukan beberapa proses <i>prototyping</i> yaitu sebagai berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● pembuatan program untuk sistem</li> <li>● perkaitan komponen</li> <li>● pengujian rangkaian</li> <li>● pengujian program</li> </ul>	<p>Kelompok telah melakukan tahap <i>prototyping</i>. Capaian yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● pembuatan program untuk sistem</li> <li>● perkaitan komponen</li> <li>● pengujian rangkaian</li> <li>● pengujian program</li> <li>● pembuatan <i>casing</i> desain 3D pada bagian tutup, bawah atau pada bagian kontroler.</li> </ul>

- pembuatan *casing* desain 3D pada bagian tutup, bawah, dan pada bagian regulator.

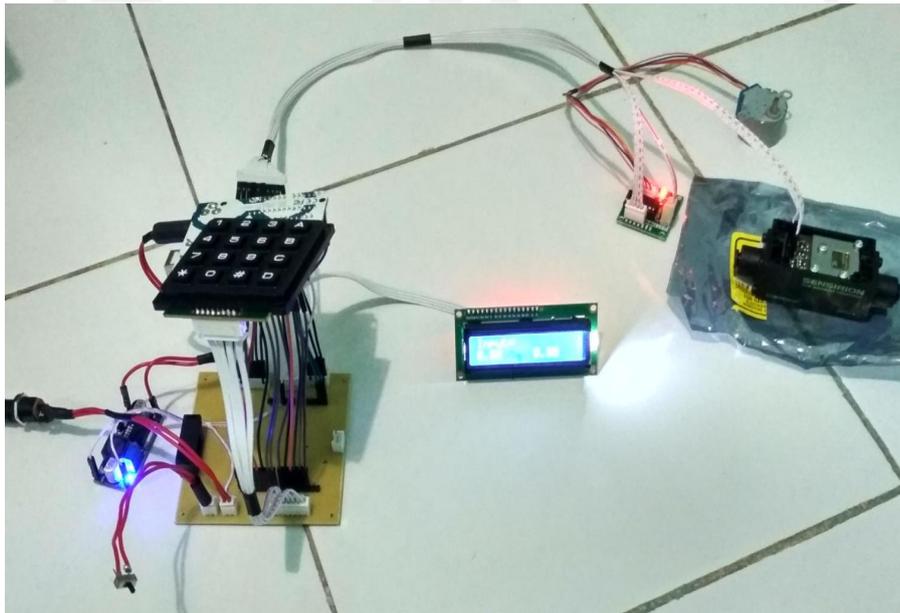
Pada tahapan ini dilaksanakan selama 4 pekan, dimulai dari tanggal 19 Maret-22 April 2021.

#### Catatan untuk perubahan/revisi dari perencanaan yang dilakukan

Terdapat 3 perubahan dari TA 103. Perubahan pertama yaitu pada desain elektronis pada bagian peletakan pin pada desain elektronis. Hal ini dilakukan perubahan dikarenakan pin driver motor stepper tidak terletak pada pin PWM pada Arduino. Perubahan kedua yaitu pada komponen yang digunakan. Komponen yang mengalami perubahan yaitu pada regulator single head yang digantikan dengan regulator oksigen yang sudah beredar. Hal ini dikarenakan aliran yang dihasilkan dari regulator single head tidak sesuai dengan spesifikasi yang mengacu pada TA 102. Terdapat penambahan komponen yaitu kipas yang digunakan sebagai kipas untuk sirkulasi udara komponen elektronik. Perubahan ketiga yaitu pada desain mekanis yaitu casing. Terdapat perubahan pada ukuran dan peletakan komponen pada casing. Perubahan juga terdapat pada lubang baut yang akan dibuat dan penambahan sirkulasi udara untuk komponen elektronik.

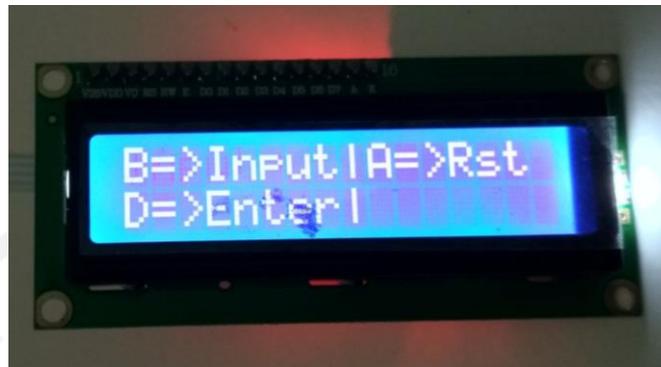
### 1) Pengantar / Mukadimah

#### A. Implementasi perancangan sistem elektronis



Gambar 1.1. Keseluruhan sistem

Pada gambar 1.1 merupakan keseluruhan sistem rangkaian elektronis, yaitu terdapat regulator tegangan step down, keypad 4x4, arduino uno, LCD I2C 16x2, motor stepper dan driver ULN2003A, dan sensor SFM4100.



Gambar 1.2. Tampilan awal pada LCD

Pada gambar 1.2 merupakan tampilan awal dari LCD, yang memberikan informasi fungsi dari tombol B yang digunakan (ditekan) untuk memberikan input nilai, tombol A digunakan untuk remove (mengembalikan pada menu input nilai), dan tombol D digunakan untuk menjalankan sistem (melalui nilai input dari keypad).



Gambar 1.3. Tampilan kedua pada LCD

Pada gambar 1.3 merupakan tampilan untuk memberikan input nilai flow oksigen.



Gambar 1.4. Tampilan ketiga pada LCD

Pada gambar 1.4 merupakan tampilan LCD ketika sistem sedang jalan, pada sisi kiri menampilkan nilai flow oksigen dan pada sisi kanan menampilkan jumlah volume oksigen.

#### B. Implementasi desain 3D mekanis



Gambar 1.5. Bagian desain mekanis dari casing alat

Pada Gambar 1.5 merupakan hasil implementasi desain 3D untuk casing alat yang sudah dicetak. Bagian (a) merupakan casing untuk penempatan motor stepper dan gear, sebagai penggerak valve regulator oksigen. Bagian (b) merupakan casing untuk sistem kontrol dan monitoring dari regulator oksigen.

## 2) Capaian yang diperoleh dan Pembahasan

Beberapa hal yang telah kami lakukan pada tahapan proses TA201 yaitu:

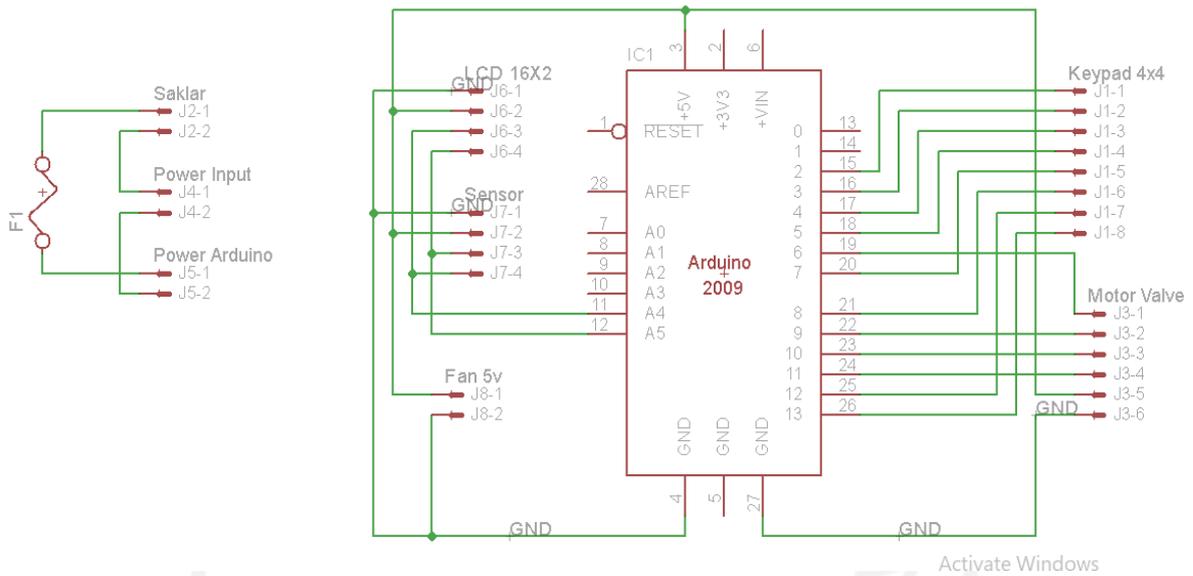
1. Pembuatan program untuk sistem
2. Perkaitan komponen
3. Pengujian rangkaian
4. Pengujian program
5. Pembuatan *casing* desain 3D pada bagian tutup, bawah atau pada bagian kontrol.

Tahapan proses sudah dilakukan sesuai dengan uraian pada proses diatas. Dari proses yang telah dilakukan, beberapa capaian yang telah kami peroleh untuk membantu mendesain keseluruhan alat dari proyek ini antara lain:

Tabel 2.1 Daftar proses dan capaian yang telah dilakukan untuk mendukung proses TA201

No	Proses yang telah dilakukan	Capaian
1	Pembuatan program untuk sistem	<ul style="list-style-type: none"><li>- Program untuk motor stepper</li><li>- Program untuk sensor</li><li>- Program untuk keypad 4x4</li><li>- Program untuk keseluruhan sistem</li><li>- Program IoT</li></ul>
2	Pengujian rangkaian	Rangkaian yang sudah dibuat telah diuji dan tidak mengalami masalah (berjalan dengan normal).
4	Pengujian program	Program dapat bekerja sesuai yang diharapkan, sehingga komponen (aktuator) dapat bekerja secara normal.
5	Pembuatan <i>casing</i> desain 3D pada bagian tutup, bawah atau pada bagian kontroler.	Desain casing terbaru yang akan digunakan pada alat ini. Desain casing ini pun menjadi desain final dari alat ini.

## A. Perubahan desain elektronis

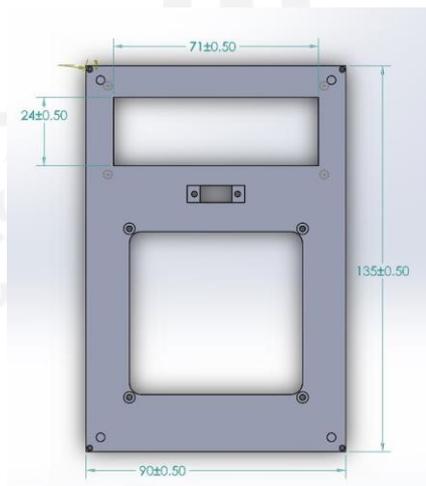


Gambar 2.1. Desain elektronis hasil revisi

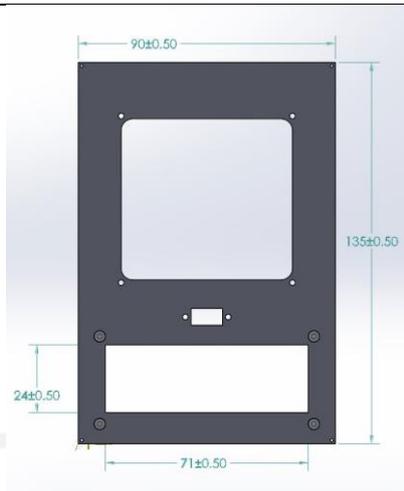
Pada gambar 2.1 merupakan revisi desain elektronis, selain perubahan juga terdapat penambahan pin untuk kipas. Perubahan terjadi antara pin keypad dan motor driver, dikarenakan pin motor driver tidak terletak pada pin PWM dari arduino uno. Hal ini terjadi karena lupa membaca datasheet pinout dari board arduino uno.

## B. Perubahan desain mekanik

### 1. Rancangan Mekanik pada Bagian Tutup Kontroler



Gambar 2.2. Rancangan mekanis alat tampak atas bagian tutup pada kontroler

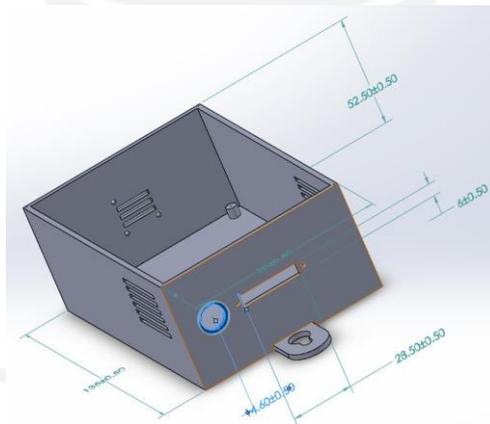


Gambar 2.3. Rancangan mekanis alat tampak bawah bagian tutup pada kontroler

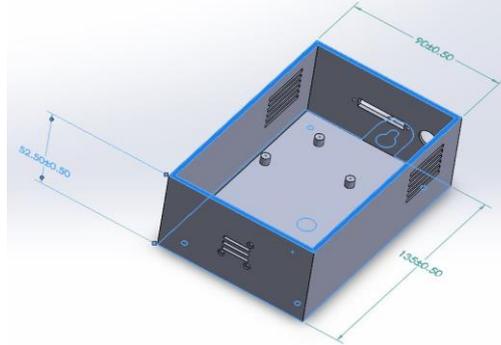
Keterangan:

Ketebalan tutup adalah 0.25cm. Terdapat perubahan yaitu terdapat lubang tambahan untuk peletakan *switch* dan peletakan lubang baut.

## 2. Rancangan Mekanik pada Bagian Bawah Kontroler



Gambar 2.4. Rancangan mekanis alat tampak belakang bagian bawah pada kontroler



Gambar 2.5. Rancangan mekanis alat tampak depan bagian bawah pada kontroler

Keterangan:

Ketebalan tutup adalah 0.25cm. Terdapat perubahan yaitu terdapat lubang ventilasi atau lubang sirkulasi udara yang berfungsi sebagai sirkulasi udara komponen agar tidak mudah panas. Terdapat juga penambahan cantolan pada bagian atas.

**3) Kontribusi personil dalam kelompok (berikan penjelasan detail bagaimana manajemen tugas, waktu, dan capaian-capaian pekerjaan pada tiap individu dikelompoknya)**

Berikut merupakan detail pembagian tugas setiap anggota dalam kelompok selama pelaksanaan *capstone project* ini berlangsung:

No	Nama Personil	Tugas dan Tanggung Jawab	Target
1	Muh. Zainullah	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pembuatan program</li> <li>• Perancangan dan pengujian sistem elektronik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Program untuk motor stepper</li> <li>• Program untuk sensor</li> <li>• Program untuk keypad 4x4</li> <li>• Program untuk keseluruhan sistem</li> <li>• Program transfer data ke komputer server melalui WiFi (WLAN) menggunakan ESP8266</li> <li>• Merangkai komponen</li> </ul>

			<p>elektronik, pembuatan PCB, pembuatan kabel dan menguji rangkaian sistem.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technical report TA-201 selain yang sudah dikerjakan</li> </ul>
2	Mahabito Saka Nusantara	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desain 3D mekanis sebagai desain casing dari alat oksigen meter digital.</li> <li>• Menyusun technical report selain yang sudah dikerjakan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desain 3D casing pada bagian tutup kontroler</li> <li>• Desain 3D casing pada bagian bawah kontroler</li> <li>• Technical report TA-201 selain yang sudah dikerjakan</li> </ul>

#### 4) Kesimpulan

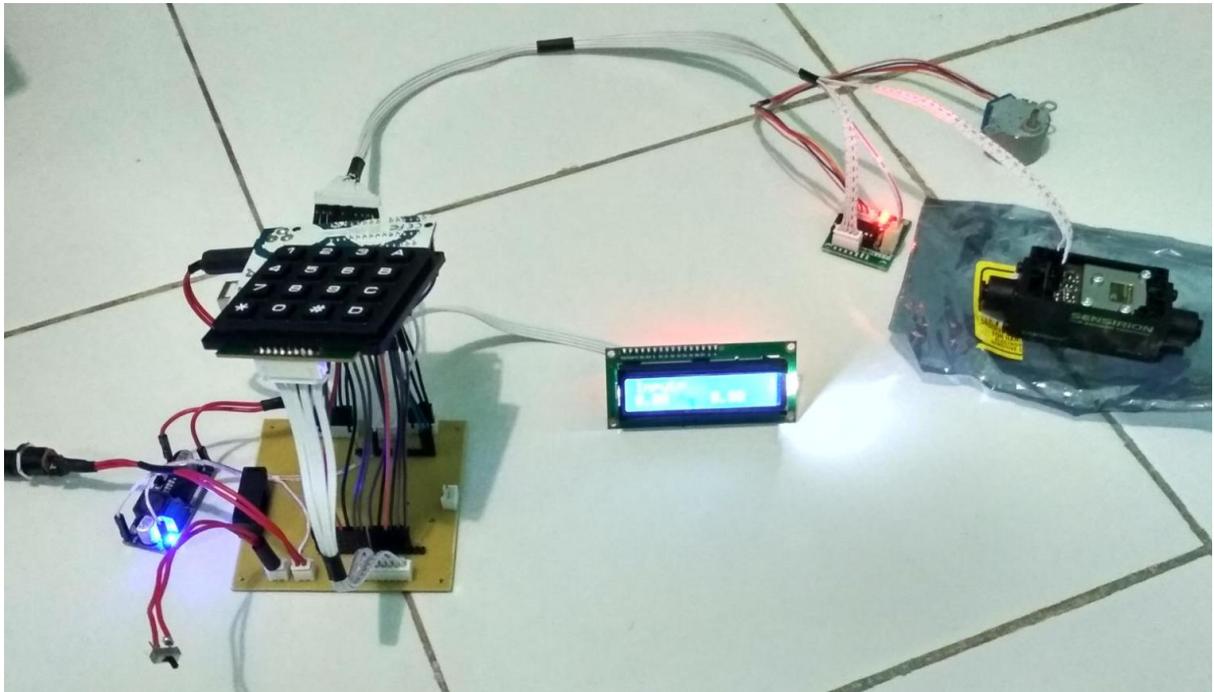
Proses *prototyping* sudah dilakukan mulai dari implementasi perancangan elektronis dan desain 3D.

#### 5) Tindak Lanjut

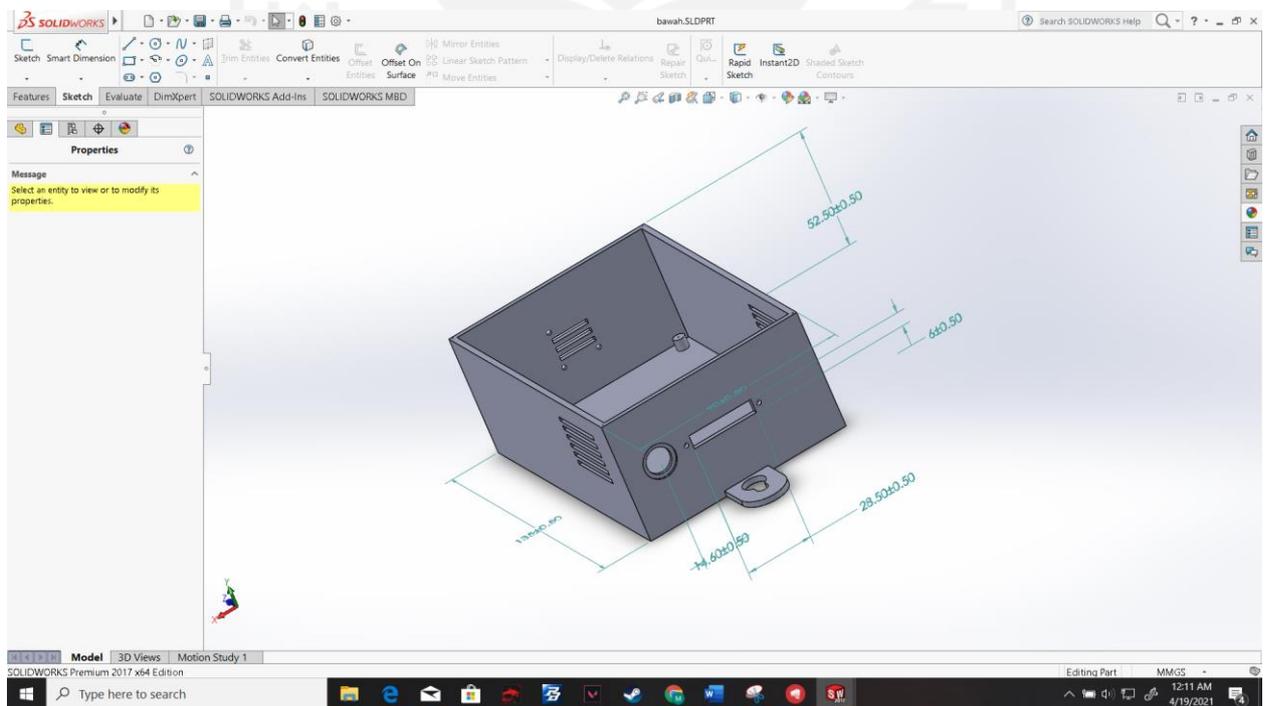
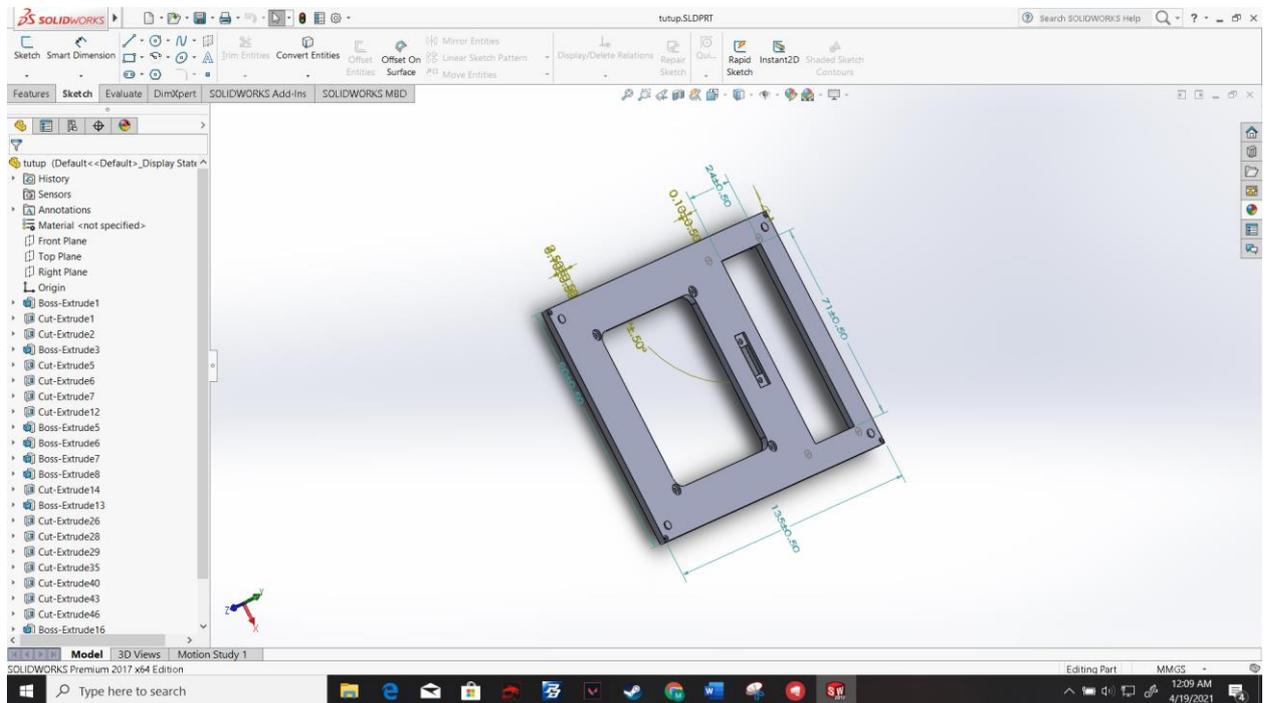
Untuk menindaklanjuti TA201, kami sebagai tim akan melakukan pembuatan alat secara keseluruhan sesuai dengan permintaan *client*. Dalam hal ini, tindak lanjut dari TA201 juga merealisasikan desain elektronis dan desain mekanis (casing dari alat oksigen meter digital) hingga bisa menjadi alat oksigen meter digital yang dapat digunakan untuk sistem pentarifan penggunaan oksigen di rumah sakit.

## LAMPIRAN-LAMPIRAN

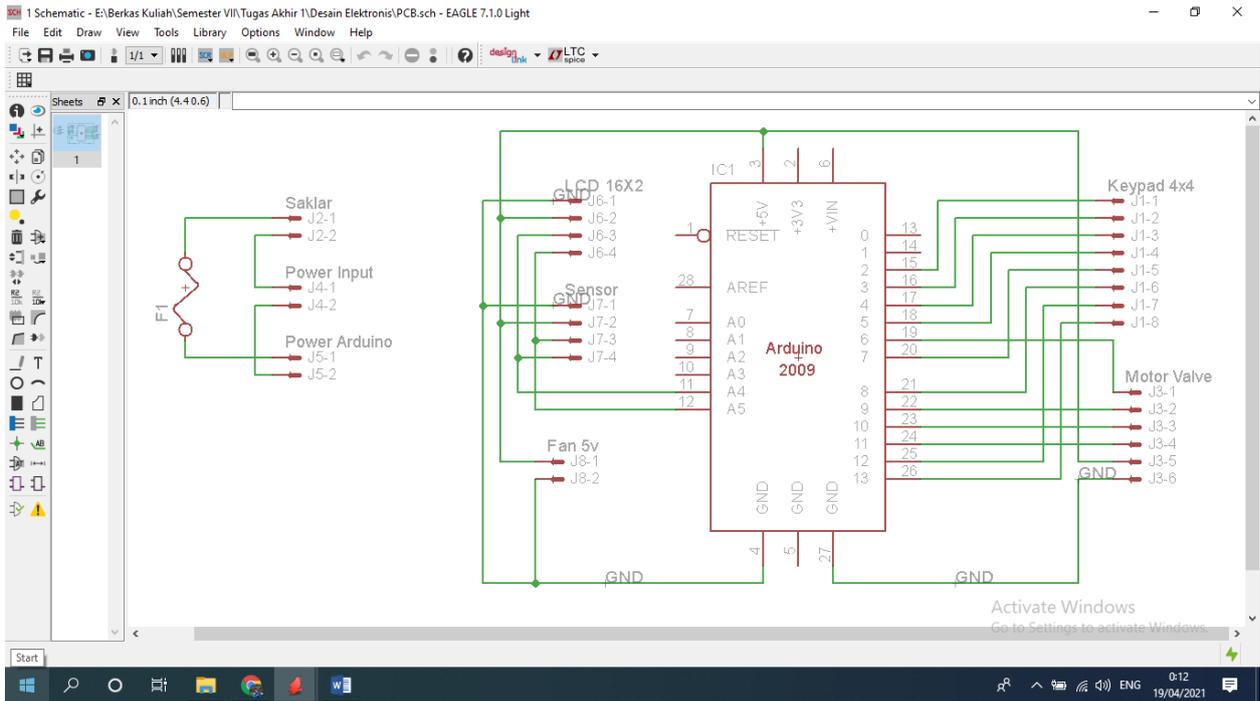
1. Proses merangkai komponen berdasarkan desain elektronis yang sudah dibuat.



## 2. Proses pembuatan casing (revisi)



### 3. Proses pembuatan rancangan elektronis (revisi)





## TECHNICAL REPORT

### IDENTITAS

Dokumentasi Proses (coret tidak perlu)	<del>TA101 / TA102 / TA103 / TA201 / TA202</del>
Judul Proyek	Rancang bangun oksigen meter digital untuk fasilitas kesehatan masyarakat
Daftar Anggota Kelompok	Muh. Zainullah (17524061) Mahabito Saka Nusantara (17524085)
Tanggal Laporan (Tgl/Bln/Tahun)	31 Mei 2021
Dosen Pembimbing 1	Firdaus, S.T., M.T., Ph.D.

### LAPORAN/PROGRESS

Rangkuman Hasil Perencanaan dan Implementasi	
Perencanaan	Implementasi
<p>Pada tahap ini akan dilakukan beberapa progress berupa pemasangan alat dan pengujian alat. Secara presentase, kelompok kami telah melakukan beberapa tahap TA 202 yaitu 100% dari seluruh perancangan sistem alat. Progres yang sudah dikerjakan antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Kalibrasi sensor SFM41000 Air dan motor <i>stepper</i></li></ul>	<p>Pada TA 202 ini, telah mendapatkan beberapa hasil akhir pengerjaan tugas akhir sesuai dengan rancangan pada tahapan sebelumnya. Untuk hasil dari alat ini sudah memenuhi spesifikasi yang sudah ditentukan sebelumnya. Spesifikasi yang telah ditentukan yaitu, dapat mengetahui flowrate dan volume oksigen yang telah digunakan.</p>

- Pengambilan data *flowrate* oksigen pada tabung oksigen.
- Pengujian alat dan pengambilan data hasil dari alat kami
- Pengujian IoT pada alat ke *user interface*

**Catatan untuk perubahan/revisi dari perencanaan yang dilakukan**

Spesifikasi batasan masalah yang akan diselesaikan yaitu alat memiliki kemampuan ukur *flowrate* oksigen sampai 15 LPM, dikarenakan keterbatasan alat untuk kalibrasi sensor sehingga kalibrasi hanya dapat dilakukan hingga 10 LPM.

**1) Pengantar / Mukadimah**

Pada tahapan TA 202 telah melakukan progress yaitu pemasangan perangkat elektronik pada casing, kalibrasi, pengujian alat, dan pengambilan data *flowrate* serta volume dari oksigen yang digunakan.

**2) Capaian yang diperoleh dan Pembahasan**

Beberapa hal yang telah kami lakukan pada tahapan proses TA202 yaitu:

1. Pemasangan komponen pada casing
2. Kalibrasi sensor dan motor stepper
3. Pengujian alat
4. Pengambilan data

Tahapan proses sudah dilakukan sesuai dengan uraian pada proses diatas. Dari proses yang telah dilakukan, beberapa capaian yang telah kami peroleh untuk membantu mendesain keseluruhan alat dari proyek ini antara lain:

Tabel 2.1 Daftar proses dan capaian yang telah dilakukan untuk mendukung proses TA201

No	Proses yang telah dilakukan	Capaian
1	Pemasangan komponen pada casing.	Komponen telah terpasang pada casing sesuai dengan desain yang telah ditentukan
2	Kalibrasi Sensor dan motor stepper	Hasil keluaran sensor sesuai dengan indikator alat ukur regulator pada umumnya dengan toleransi 0.05
4	Pengujian alat	Alat bekerja sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan yaitu dapat menampilkan <i>flowrate</i> dan volume oksigen yang digunakan.
5	Pengambilan data	Mendapatkan variasi data berupa <i>flowrate</i> dan volume oksigen yang telah digunakan.

A. Data kalibrasi sensor

Tabel 2.2 Data kalibrasi sensor

Flowrate oksigen (LPM)	x1	x2	x3	X Rata-rata	Y (LPM)
0	229.4019	226.3324	233.1086	228.127	0
0.2	264.86	273.566	284.782	274.4027	0.2
0.4	353.838	342.956	346.841	347.8783	0.4
0.6	493.462	504.426	489.026	495.638	0.6
0.8	622.621	664.891	637.184	641.5653	0.8
1	780.408	761.32	773.545	771.7571	1
1.5	1104.6	1120.671	1113.137	1112.803	1.5
2	1543.052	1541.294	1536.02	1540.122	2
2.5	1908.093	1905.415	1939.402	1917.637	2.5
3	2270.623	2315.866	2304.021	2302.012	3
3.5	2692.001	2715.02	2719.12	2708.714	3.5

4	3073.534	3056.165	3170.633	3136.338	4
4.5	3457.91	3584.896	3583.555	3542.12	4.5
5	3903.354	3882.175	3942.067	3908.828	5
5.5	4409.556	4388.638	4327.197	4375.13	5.5
6	4686.297	4714.379	4835.42	4731.65	6
6.5	5190.29	5218.418	5214.316	5207.675	6.5
7	5642.889	5641.342	5582.413	5632.593	7
7.5	5962.981	5991.859	5944.063	5966.301	7.5
8	6358.703	6419.263	6455.382	6430.438	8
8.5	6766.392	6744.544	6789.244	6766.727	8.5
9	7301.065	7341.203	7338.399	7298.395	9
9.5	7649.741	7679.122	7685.987	7671.617	9.5
10	8178.095	8197.431	8124.188	8164.668	10

SUMMARY  
OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.9994712792
R Square	0.9989428379
Adjusted R Square	0.9988947851
Standard Error	0.1086926263
Observations	24

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	245.5963401	245.5963401	20788.43162	0
Residual	22	0.2599099144	0.01181408702		
Total	23	245.85625			

Coefficients

Intercept	0.02284268716
X Variable	
1	0.001243957661

Tabel 2.2 merupakan data hasil kalibrasi sensor SFM4100, diperoleh hasil nilai regresi linear yaitu nilai a (*intercept*) = 0.02284268716 dan b (*slope*) = 0.001243957661.

B. Data hasil pengujian sensor setelah dilakukan kalibrasi

Tabel 2.3 Data hasil pengujian sensor

Flowrate (LPM)	Pada Regulator (LPM)	Pada Alat (LPM)		
1	1	1.011	0.998	1.007
2	2	2.009	2.005	2.013
3	3	3.016	3.015	3.003
4	4	4.01	4.008	4.01
5	5	5.02	5.035	4.999
6	6	5.998	5.98	6.043
7	7	7.029	7.0	6.998
8	8	8.007	8.007	8.001
9	9	8.978	9.016	8.974
10	10	10.007	10.033	10.027

Tabel 2.3 merupakan data hasil pengujian sensor setelah dilakukan kalibrasi dengan memutar katup valve regulator secara manual untuk memberikan input oksigen.

C. Data hasil pengujian keseluruhan sistem

Tabel 2.4 Hasil pengujian keseluruhan sistem

Flowrate (LPM)	Input Keypad	Pada Regulator (LPM)	Pada Alat (LPM)		
1	1	1	1.05	1.04	0.96
2	2	2	1.99	2.01	2.0
3	3	3	3.03	3.02	3.01
4	4	4	4.01	3.98	4.0

5	5	5	4.99	5.02	5.01
6	6	6	6.0	5.99	6.03
7	7	7	7.06	7.05	7.04
8	8	8	7.998	8.028	7.988
9	9	9	8.984	9.004	8.994
10	10	10	10.01	9.995	9.993

Tabel 2.4 merupakan data hasil pengujian keseluruhan sistem dengan menggunakan motor stepper sebagai penggerak buka tutup valve regulator.

### C.1. Perhitungan toleransi alat:

Tabel 2.5 Perhitungan toleransi pembacaan alat

Pada Regulator (LPM)	Pada alat (LPM)			Rata-rata (LPM)	Nilai error (%)
1	1.05	1.04	0.96	1.016667	0.016667
2	1.99	2.01	2	2	0
3	3.03	3.02	3.01	3.02	0.02
4	4.01	3.98	4	3.996667	0.003333
5	4.99	5.02	5.01	5.006667	0.006667
6	6	5.99	6.03	6.006667	0.006667
7	7.06	7.05	7.04	7.05	0.05
8	7.998	8.028	7.988	8.004667	0.004667
9	8.984	9.004	8.994	8.994	0.006
10	10.01	9.995	9.993	9.999333	0.000667
Rata-rata error (%)					0.011467

Pada Tabel 2.5 merupakan perhitungan toleransi atau nilai error dari alat (OMEDIG) yaitu diperoleh sebesar 0,0114 atau 1,14%.

D. Data Pengujian pada Thinger.io

Tabel 2.6 Data pengujian pada Thinger.io selama 80 menit

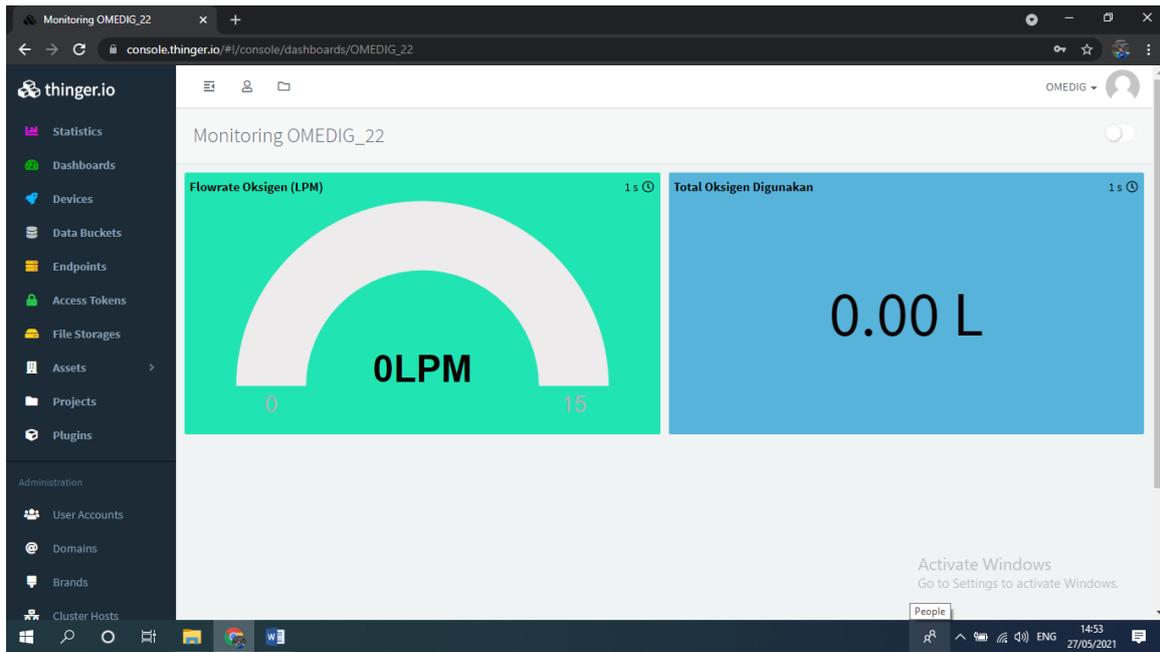
ts	Flowrate (LPM)	Total (L)
12:38:44 PM	1.032683015	0.086663991
12:39:45 PM	1.026434898	1.118739963
12:40:45 PM	1.026434898	2.097189903
12:41:44 PM	1.032683015	3.126315832
12:42:45 PM	1.026434898	4.216790199
12:43:45 PM	1.020187974	5.185955048
12:44:45 PM	1.020187974	6.168136597
12:45:45 PM	1.012899041	7.130446911
12:46:45 PM	1.006650925	8.297020912
12:47:45 PM	1.006650925	9.200499535
12:48:45 PM	1.039971948	9.950909615
12:49:45 PM	1.013939977	11.2378397
12:50:45 PM	1.020187974	12.23919964
12:51:46 PM	1.020187974	13.08862019
12:52:46 PM	1.020187974	14.08901978
12:53:46 PM	1.020187974	15.0894289
12:54:45 PM	0.994155943	16.30754089
12:56:15 PM	1.006650925	17.81014061
12:57:16 PM	1.006650925	18.59083939
12:58:16 PM	1.006650925	19.71359062
12:59:16 PM	1.026434898	20.18441963
13:00:18 PM	1.006650925	21.60871887
13:01:24 PM	0.994155943	22.60912895
13:03:17 PM	1.000404	24.76362038
13:04:17 PM	0.994155943	25.77027893
13:05:17 PM	1.000404	26.41685867
13:06:18 PM	1.000404	27.62782097
13:07:18 PM	1.013939977	28.24085808
13:08:18 PM	1.013939977	29.04269028

13:09:41 PM	0.97437197	29.99573135
13:10:41 PM	0.980619967	31.99624825
13:11:40 PM	0.97437197	32.13803864
13:12:41 PM	0.993114889	33.34107208
13:13:42 PM	0.987908959	34.32168961
13:14:43 PM	0.968124986	35.80619812
13:15:42 PM	0.994155943	36.53054047
13:16:43 PM	0.980619967	38.03202057
13:17:43 PM	0.980619967	38.50428009
13:18:43 PM	0.987908959	38.69944763
13:19:44 PM	0.994155943	40.23809814
13:20:44 PM	0.994155943	41.78770065
13:21:44 PM	0.986866951	42.7984314
13:22:45 PM	1.006650925	44.66407013
13:23:45 PM	0.994155943	44.50529099
13:24:45 PM	0.980619967	45.49319077
13:25:45 PM	0.97437197	46.15449905
13:26:46 PM	0.97437197	45.88386917
13:27:47 PM	0.980619967	48.11573792
13:28:47 PM	0.97437197	48.7998085
13:29:47 PM	0.986866951	49.77418137
13:30:48 PM	0.980619967	52.10437012
13:31:47 PM	0.961876929	52.07090759
13:32:49 PM	0.97437197	53.05152893
13:33:49 PM	0.987908959	55.1222496
13:34:49 PM	0.968124986	55.42168045
13:35:49 PM	0.987908959	56.05284882
13:36:49 PM	0.960835934	55.46156693
13:37:50 PM	0.968124986	57.58539963
13:38:49 PM	0.97437197	56.99526215
13:39:49 PM	0.97437197	58.32532883
13:40:49 PM	0.954587936	59.27991867

13:41:49 PM	0.980619967	62.33704376
13:42:49 PM	0.960835934	62.05679321
13:43:49 PM	0.97437197	64.71956635
13:44:49 PM	0.968124986	64.81896973
13:45:49 PM	0.980619967	63.63364792
13:46:49 PM	0.97437197	67.20566559
13:47:50 PM	0.97437197	66.82544708
13:48:51 PM	0.97437197	69.26886749
13:49:52 PM	0.954587936	68.34744263
13:50:52 PM	0.980619967	68.85762787
13:51:53 PM	0.987908959	71.27531433
13:52:53 PM	0.954587936	72.24969482
13:53:53 PM	0.968124986	72.28504944
13:54:53 PM	0.960835934	74.69054413
13:55:54 PM	0.954587936	74.70694733
13:56:55 PM	0.954587936	76.65177917
13:57:54 PM	0.954587936	77.13779449
13:58:54 PM	0.97437197	78.11216736
14:00:02 PM	0.948341012	78.70852661
14:01:02 PM	0.948341012	79.16246796

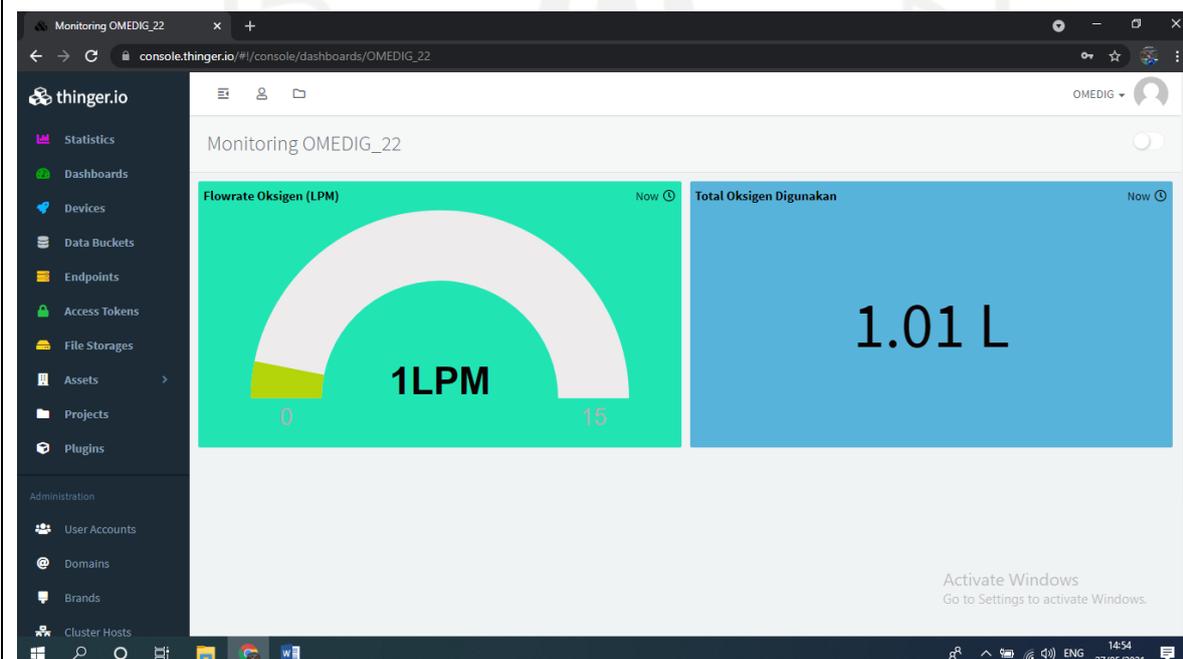
Tabel 2.6 merupakan data hasil pengujian pada Thinger.io sebagai user interface dan database selama 80 menit. Dari hasil pengujian selama 80 menit dengan flowrate oksigen 1 LPM diperoleh total penggunaan oksigen yaitu 79,16 L. Data tabel 2.6 diambil dari database Thinger.io, dengan proses penyimpanan data ke database Thinger.io setiap 1 menit sekali.

#### E. Tampilan pada Thinger.io



Gambar 2.1 Tampilan pada Thinger.io ketika aliran oksigen belum ada

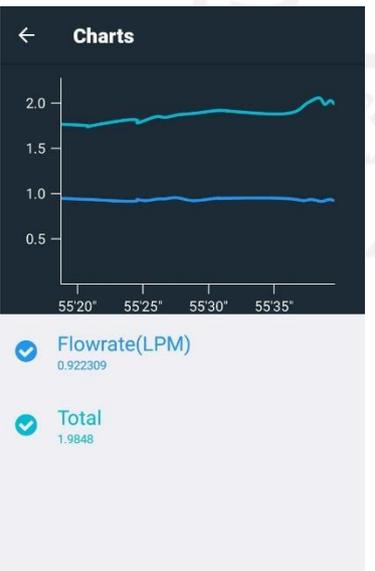
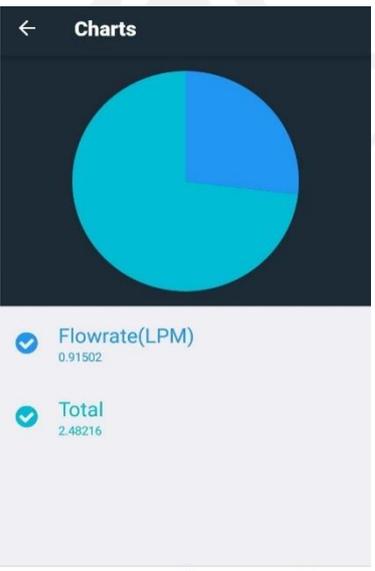
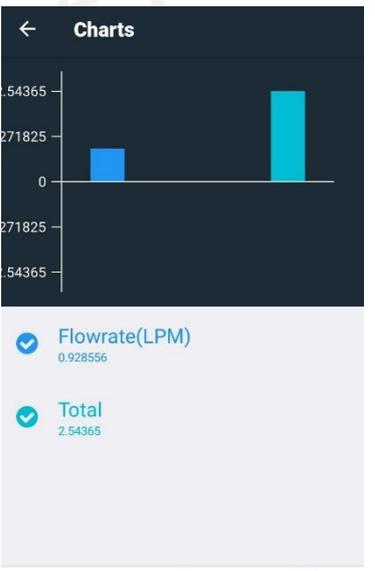
Pada Gambar 2.1 merupakan tampilan Thinger.io ketika alat sudah dihidupkan dan aliran oksigen belum ada. Pada sisi kiri merupakan tampilan untuk *flowrate* oksigen dan untuk sebelah kanan merupakan tampilan untuk total volume oksigen yang digunakan. Dan ketika terdapat aliran oksigen maka nilai *flowrate* dan total volume oksigen akan berubah sesuai dengan nilai yang dibaca alat, dapat dilihat pada (Gambar 2.2) ketika ada aliran oksigen sebesar 1 LPM.



Gambar 2.2 Tampilan pada Thinger.io ketika aliran oksigen 1 LPM selama 1 menit

Aplikasi Thinger.io pada *smartphone* memiliki 3 pilihan tampilan yang dapat digunakan, yang pertama yaitu menampilkan data dengan grafik, yang kedua menampilkan data dengan *pie* (iris) dan yang terakhir dapat menampilkan data dengan *bars*. Untuk tampilan pada aplikasi *smartphone* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Tampilan thinger.io pada <i>smartphone</i> tipe line (grafik)	Tampilan thinger.io pada <i>smartphone</i> tipe pie	Tampilan thinger.io pada <i>smartphone</i> tipe bars
 <p>Flowrate(LPM) 0.922309</p> <p>Total 1.9848</p>	 <p>Flowrate(LPM) 0.91502</p> <p>Total 2.48216</p>	 <p>Flowrate(LPM) 0.928556</p> <p>Total 2.54365</p>

Gambar 2.3 Tampilan Thinger.io pada aplikasi *smartphone*

**3) Kontribusi personil dalam kelompok (berikan penjelasan detail bagaimana manajemen tugas, waktu, dan capaian-capaian pekerjaan pada tiap individu dikelompoknya)**

Berikut merupakan detail pembagian tugas setiap anggota dalam kelompok selama pelaksanaan *capstone project* ini berlangsung:

No	Nama Personil	Tugas dan Tanggung Jawab	Target
1	Muh. Zainullah	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pemasangan komponen pada casing dan regulator</li> <li>● Revisi program bagian perhitungan total oksigen yang digunakan</li> <li>● Kalibrasi sensor</li> <li>● Kalibrasi motor stepper</li> <li>● Melakukan pengujian alat</li> <li>● Melakukan pengujian transfer data ke Thinger.io</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Komponen sudah terpasang pada casing dan regulator</li> <li>● Memperoleh nilai perhitungan total oksigen sesuai dengan yang digunakan</li> <li>● Hasil data kalibrasi</li> <li>● Hasil data keseluruhan pengujian sistem</li> </ul>
2	Mahabito Saka Nusantara	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mencetak hasil desain 3D untuk casing alat</li> <li>● Melakukan kalibrasi sensor</li> <li>● Melakukan pengujian alat</li> <li>● Menyusun technical report selain yang sudah dikerjakan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Casing yang sudah dicetak yang sesuai dengan desain dan spesifikasi yang telah ditentukan.</li> <li>● Hasil kalibrasi sensor</li> <li>● Pengukuran alat dapat berjalan dengan baik</li> <li>● Technical report TA-202 selain yang sudah dikerjakan</li> </ul>

**4) Kesimpulan**

Dari proses yang dilakukan, pada proses TA 202 ini kami dapat menyimpulkan beberapa hal penting sebagai proses tahapan perancangan alat yaitu antara lain:

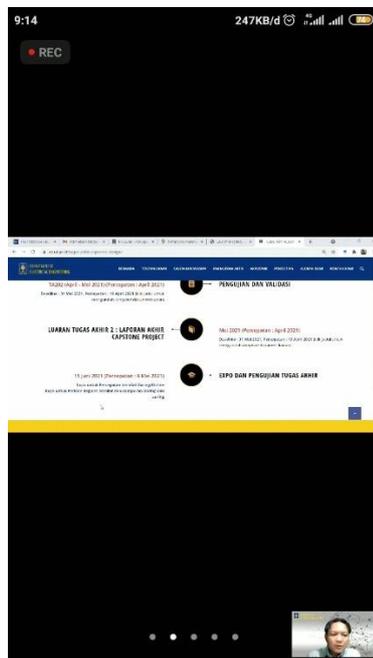
- Pemasangan komponen pada *casing* sesuai dengan desain yang telah dibuat.
- Hasil dari kalibrasi yaitu, keluaran sensor sesuai dengan alat ukur regulator oksigen pada umumnya dengan toleransi 1,14%
- Alat bekerja sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan dengan menampilkan *flowrate* dan volume oksigen yang telah digunakan.
- Data yang diambil sudah menampilkan variasi data berupa *flowrate* dan volume oksigen yang digunakan.

#### 5) Tindak Lanjut

Perbaikan pada tipe dan jenis motor stepper yang digunakan untuk memperoleh torsi lebih besar, dimana motor stepper yang digunakan saat ini memiliki torsi 0,03 Nm dan belum mampu menutup *valve* regulator (pada kondisi *flowrate* oksigen 0LPM) ketika regulator sudah dipasang pada tabung oksigen. Hal ini dikarenakan oksigen cukup lembab dan mengandung air sehingga menyebabkan *valve* regulator menjadi susah untuk diputar. Untuk itu dibutuhkan motor stepper yang memiliki torsi lebih besar dari 1 Nm.

## LAMPIRAN-LAMPIRAN

### 1. Proses pelaksanaan bimbingan bersama dosen pembimbing



### 2. Referensi cara pembacaan flowrate pada regulator



Sumber : <https://youtu.be/pITM1klRgLI>

### 3. Proses persiapan kalibrasi alat



### 4. Proses pengambilan data



5. Alat OMEDIG

