JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Vol. 6, No. 1, Juni 2021, Hal. 53-60
Terakreditasi "**Peringkat 3**" oleh Kemenristek/BRIN, Nomor SK: 85/M/KPT/2020
DOI: 10.31544/jtera.v6.i1.2021.53-60
p-ISSN 2548-737X
e-ISSN 2548-8678

Rancang Bangun *Ventilator Controller* Berbasis Tekanan dengan Teknologi *Internet of Things*

Abyanuddin Salam[#], Ismail Rokhim, Hadi Supriyanto, Fitria Suryatini, Andri Wiyono
Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung
Jl. Kanayakan No. 21 Dago Bandung, Jawa Barat, Indonesia
[#]aby@ae.polman-bandung.ac.id

Abstrak

Ventilator merupakan sebuah alat yang sangat penting ditengah pandemi Corona Virus Disease 2019 (COVID-19) ini. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membangun *ventilator controller* berbasis tekanan menggunakan teknologi IoT. Pada ventilator digunakan sensor tekanan yang diproses menggunakan mikrokontroler Arduino untuk mengendalikan tekanan pada ventilator melalui motor BLDC yang diatur kecepatannya. Besar tekanan dapat diatur melalui *user interface*, baik secara langsung menggunakan HMI *Touchscreen* maupun secara jarak jauh menggunakan aplikasi Android pada *smartphone* melalui jaringan internet. *Ventilator controller* dihubungkan ke internet menggunakan modul WiFi ESP32 dan mengirim serta menerima data ke *cloud server* menggunakan *Firebase Realtime Database*. Pada *ventilator controller* ini dilengkapi juga dengan monitoring suhu dan kendali ON-OFF mesin ventilator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akuisisi data suhu yang dilakukan pada rentang 25-26^{o}C, menunjukkan rata-rata suhu sebesar 25,5^{o}C, sedangkan pengujian akuisisi data tekanan dilakukan pada rentang 0,49-1,47 Pa dihasilkan rata-rata tekanan sebesar 0,98 Pa. Rata-rata *delay time* komunikasi *phone to device* (Android ke ventilator) sebesar 1,69 detik, sedangkan *device to phone* sebesar 1,83 detik. Teknologi IoT yang diterapkan pada penelitian ini membuat *ventilator controller* dapat dikendalikan secara jarak jauh sehingga dapat membatasi kontak langsung antara petugas kesehatan dengan pasien.

Kata kunci: ventilator, Covid-19, sensor tekanan, HMI *Touchscreen*, IoT

Abstract

Ventilators are a very important tool in the midst of the Corona Virus Disease 2019 (COVID-19) pandemic. Therefore, this study aims to build a pressure-based ventilator controller using IoT technology. On the ventilator, a pressure sensor is used which is processed using an Arduino microcontroller to control the pressure on the ventilator through a speed-regulated BLDC motor. The amount of pressure can be adjusted through the user interface, either directly using the HMI Touchscreen or remotely using the Android application on a smartphone via the internet. The ventilator controller is connected to the internet using the ESP32 WiFi module and sends and receives data to the cloud server using the Firebase Realtime Database. The ventilator controller is also equipped with temperature monitoring and ON-OFF control of the ventilator machine. The results showed that the temperature data acquisition was carried out in the range of 25-26^{o}C, indicating an average temperature of 25.5^{o}C, while the pressure data acquisition test was carried out in the range of 0.49-1.47 Pa, resulting in an average pressure of 0.98 Pa. The average delay time for phone to device (Android to ventilator) communication is 1.69 seconds, while device-to-phone communication is 1.83 seconds. The IoT technology applied in this study allows the ventilator controller to be controlled remotely so that it can limit direct contact between health workers and patients.

Keywords: *ventilator, Covid-19, pressure sensor, HMI Touchscreen, IoT*

I. PENDAHULUAN

Saat ini, dunia tengah berjuang dalam menghadapi permasalahan pandemi Covid-19, dimana telah tercatat sekitar 150 juta kasus positif corona di seluruh dunia yang semakin hari kian bertambah [1]. Ventilator merupakan sebuah alat yang sangat penting ditengah pandemi ini. Sebuah ventilator mampu memberikan dukungan medis pernapasan kepada pasien yang paru-parunya sedang bermasalah yang cukup signifikan akibat adanya infeksi [2]. Ventilator merupakan alat bantu

Diterima: 21 Desember 2020; Direvisi: 6 April 2021; Disetujui: 5 Mei 2021
JTERA, Vol. 6, No. 1, Juni 2021

© 2021 JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Politeknik Sukabumi

pernafasan bertekanan negatif atau positif yang menghasilkan udara terkontrol pada jalan nafas sehingga pasien mampu mempertahankan ventilasi dan pemberian oksigen dalam jangka waktu lama [3].

Para peneliti pun turut berjuang untuk berkontribusi dalam mengatasi pandemi ini. Banyak peneliti di seluruh dunia yang telah membuat alat bantu pernapasan dalam bentuk ventilator dengan berbagai macam jenisnya. Salah satunya adalah CPAP (*Continous Positive Airway Pressure*) yang berfungsi memberikan tekanan positif selama inspirasi dan ekspirasi secara terus menerus. Tipe ventilator CPAP telah dibuat oleh peneliti terdahulu adalah Vent-I [4]. Ventilator CPAP Vent-I telah diproduksi dan didistribusikan ke rumah sakit.

Ventilator dengan sistem CMV (*controlled mechanical ventilation method*) dan *the cycled volume mode* dikembangkan dalam penelitian [5], dimana ventilator terdiri dari sistem otomatis *ambu bag* dan sistem kontroler menggunakan Arduino. Penelitian lainnya adalah dikembangkannya ventilator berbasis *wireless sensor network* [3]. Pada ventilator ini digunakan NodeMCU yang dapat terhubung secara *wireless* ke *handphone*, dimana pada sistem ventilator ini digunakan motor servo untuk mengatur lengan tekan ke ventilator [3]. Dalam perkembangannya, ventilator dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT). Teknologi IoT sudah digunakan di China dalam melakukan penanganan Covid-19, tepatnya dengan menggunakan *medical* IoT (MIoT) [6]. MIoT ini bertujuan untuk membangun model analisi *big data* yang berorientasi pada keputusan yang didukung oleh teknologi informasi seperti komunikasi, elektronik, dan kedokteran.

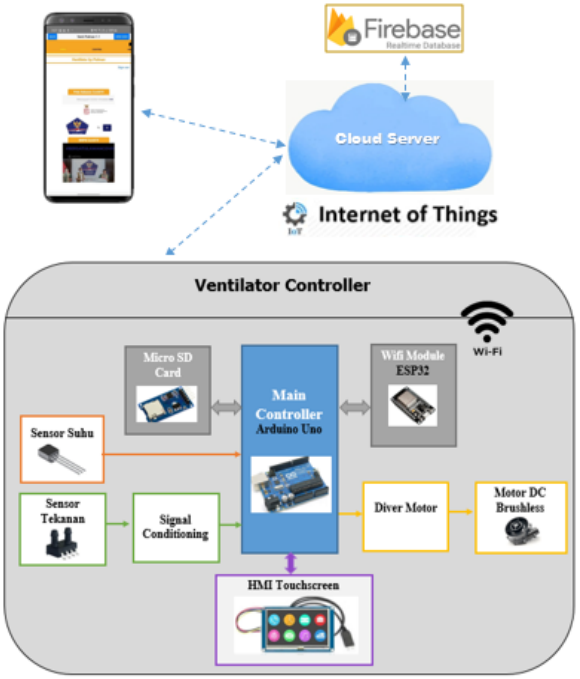
Teknologi IoT sendiri sudah digunakan pada ventilator mekanik [7] yang membuat sebuah *telemedicine module* yang berfungsi untuk mengatur ON-OFF ventilator mekanik melalui web. Penelitian ventilator berbasis IoT lainnya menggunakan Arduino yang terhubung ke *Ethernet Shield* dan akses poin sehingga dapat terhubung ke internet, sedangkan sensor yang digunakan adalah sensor suhu dan *finger-clip heart rate*, serta pada sistem ini digunakan motor *stepper* sebagai penggerak utama untuk memompa *resuscitator* [8]–[11].

Penelitian ini bertujuan menerapkan teknologi IoT pada ventilator. Fokus penelitian ini adalah untuk membangun *ventilator controller* berbasis tekanan menggunakan teknologi IoT. Sensor yang digunakan adalah sensor suhu dan tekanan. Data tekanan ini diproses menggunakan mikrokontroler untuk mengendalikan tekanan pada ventilator dengan sebuah motor *brushless* DC (BLDC) yang diatur kecepatannya sehingga dihasilkan besar tekanan yang diinginkan. Besar tekanan dapat diatur melalui *user interface* baik secara langsung menggunakan *Human Machine Interface* (HMI) *Touchscreen* maupun secara jarak jauh menggunakan aplikasi Android pada *smartphone* oleh petugas kesehatan. Pada sistem ini dilengkapi juga dengan monitoring suhu dan kendali ON-OFF mesin ventilator. Teknologi IoT yang diterapkan pada penelitian ini, membuat *ventilator controller* dapat dikendalikan secara jarak jauh sehingga dapat meminimalisir kontak langsung antara petugas kesehatan dengan pasien.

II. METODE PENELITIAN

Rancangan blok diagram sistem ditunjukkan pada Gambar 1. Pada gambar tersebut menunjukkan ventilator dirancang dengan menerapkan teknologi IoT. Ventilator dapat menerima dan mengirimkan data dari dan ke *cloud server* dan tersimpan pada *realtime database* menggunakan Firebase. Dengan demikian ventilator dapat diakses oleh *user* mengggunakan aplikasi Android pada s*martphone* melalui jaringan internet. Aplikasi Android dibuat menggunakan Thunkable.

Ventilator controller yang menjadi fokus penelitian ini dapat mengontrol tekanan dan memonitor suhu ventilator. *Ventilator controller* terdiri dari kontroler utama, sensor tekanan, sensor suhu, motor BLDC, modul WiFi, serta HMI *Touchscreen*.



Gambar 1. Blok diagram *ventilator controller*

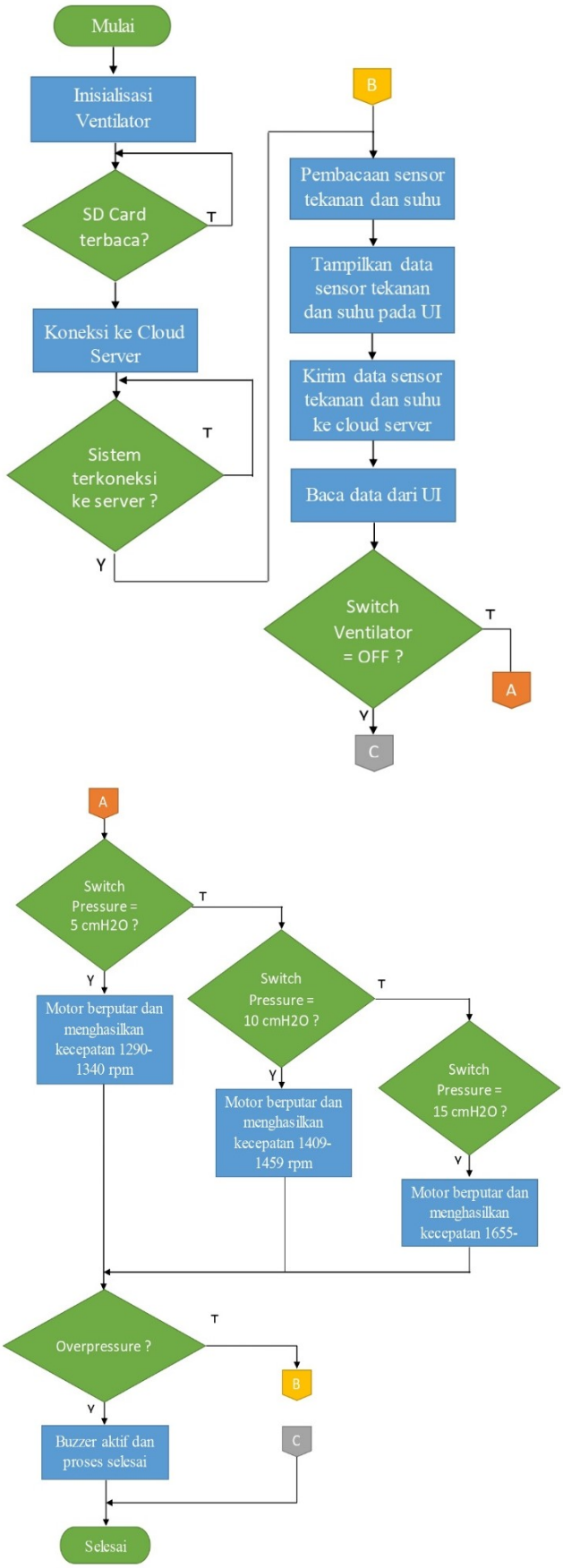
Kontroler utama yang digunakan pada ventilator ini adalah mikrokontroler Arduino Uno. Kontroler mengendalikan aktifnya fungsi monitoring suhu dan fungsi pengaturan tekanan pada ventilator. Kontroler juga melakukan akuisisi data suhu dan tekanan dari ventilator untuk kemudian ditampilkan pada *interface* secara *realtime*. Kontroler dihubungkan dengan modul WiFi ESP32 agar dapat menerima dan mengirim data ke Firebase melalui jaringan internet. Untuk menyimpan data digunakan microSD yang terhubung ke kontroler.

Sensor tekanan dihubungkan ke Arduino Uno melalui rangkaian *signal conditioning* agar dapat terbaca oleh Arduino Uno. Sebagai aktuator pengendali tekanan digunakan *High Pressure Blower* BLDC motor. Kecepatan putaran motor DC ini berbanding lurus dengan tekanan ventilator. Semakin cepat putaran motor maka tekanan pun akan semakin besar. *Ventilator controller* ini dilengkapi dengan sensor suhu untuk memonitoring suhu aktual pada ventilator.

Ventilator controller juga dilengkapi dengan *user interface* untuk memonitor dan mengendalikan ventilator. Ventilator dapat dikendalikan oleh *user* (petugas kesehatan) dengan dua cara yaitu secara langsung melalui HMI *Touchscreen* dan secara jarak jauh melalui aplikasi Android. HMI *Touchscreen* yang digunakan adalah Nextion HMI Enhanced version yang terhubung ke Arduino Uno. *User interface* pada HMI *Touchscreen* memiliki beberapa fitur, yakni tampilan data suhu, tampilan grafik data tekanan, pengaturan besar tekanan, dan pengontrolan ON-OFF ventilator.

Kontroler berisikan program untuk pengaturan dan monitoring situasi dan kondisi pada ventilator. Program pada mikrokontroler Arduino Uno dibuat menggunakan Visual Studio Code. Cara kerja *ventilator controller* diawali dengan pembacaan SDcard yang sudah terpasang pada kontroler. Selanjutnya sistem akan menjalankan fungsi koneksi ke Firebase melalui jaringan WiFi. Jika sistem berhasil terkoneksi maka kontroler akan menjalankan program pembacaan sensor tekanan dan suhu, lalu menampilkan data tersebut pada HMI *Touchscreen* serta mengirimkan data sensor ke *cloud server*. Untuk lebih jelasnya, algortima cara kerja *ventilator controller* ditunjukkan pada Gambar 2.

Pada *user interface* baik di HMI *Touchscreen* maupun aplikasi Android terdapat fitur untuk pengontrolan ON-OFF ventilator dan pengontrolan besar tekanan. Jika *switch* OFF ditekan pada *user interface* maka ventilator akan mati.



Gambar 2. *Flowchart* cara kerja *ventilator controller*

Pada ventilator ini terdapat tiga nilai tekanan ventilator yang dapat dipilih melalui *user interface*. Jika besar tekanan yang dipilih adalah 5 cmH2O, maka kontroler akan memerintahkan motor untuk berputar dengan kecepatan 1290-1340 rpm. Jika besar tekanan yang dipilih adalah 10 cmH2O maka kontroler akan memerintahkan motor untuk berputar dengan kecepatan 1409-1450 rpm. Jika besar tekanan yang dipilih adalah 15 cmH2O maka kontroler akan memerintahkan motor untuk berputar dengan kecepatan 1655-1705 rpm. Pada *ventilator controller* dilengkapi dengan pendeteksi tekanan berlebih. Jadi jika terjadi *overpressure* atau tekanan berada di atas 1705 rpm maka alarm (*buzzer*) akan berbunyi. Jika tidak terjadi *overpressure* maka proses pengontrolan tekanan akan terus berlanjut sesuai pilihan besaran tekanan sampai ventilator dimatikan. *Overpressure* dideteksi menggunakan sensor tekanan.

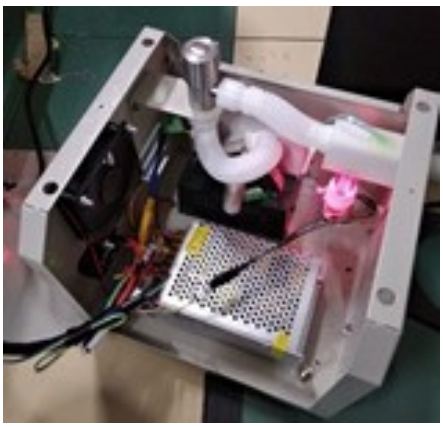
Pengontrolan ventilator secara jarak jauh melalui *user interaface* berbasis IoT dapat dilakukan menggunakan aplikasi Android yang terhubung ke Firebase. Pada aplikasi Android memiliki beberapa menu, yakni:

1. *Login*, untuk dapat masuk ke aplikasi, *user* harus mempunyai akun yang sudah didaftarkan agar dapat memiliki akses pada penggunaan aplikasi ventilator. Pada menu *login*, *user* harus memasukkan ID dan *password*. Pada aplikasi terdapat level hak akses yaitu sebagai admin atau *member*.
2. *Home*, pada menu *home* terdapat informasi mengenai Covid diantaranya peta sebaran Covid-19. Juga terdapat tombol *sign out* apabila *user* menghendaki untuk keluar dari aplikasi.
3. *Control*, pada menu ini *user* dapat mengatur mesin ventilator seperti mengontrol besar tekanan dan ON-OFF mesin ventilator.
4. *Admin*, pada menu tampilan admin, dapat dilihat jumlah dan nama-nama akun yang terdaftar untuk mendapatkan akses masuk ke aplikasi ventilator baik sebagai admin maupun *member*. Admin dapat mengatur pengaktifasian *user* dan menghapus hak akses *user*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Implementasi

Hasil implementasi dari rancangan ventilator ditunjukkan pada Gambar 3. Ventilator yang dibuat terdiri dari rangkaian elektronik yang telah dilengkapi sensor suhu dan tekanan, Arduino Uno sebagai kontroler utama, ESP32 sebagai modul WiFi.



Gambar 3. Hasil implementasi ventilator



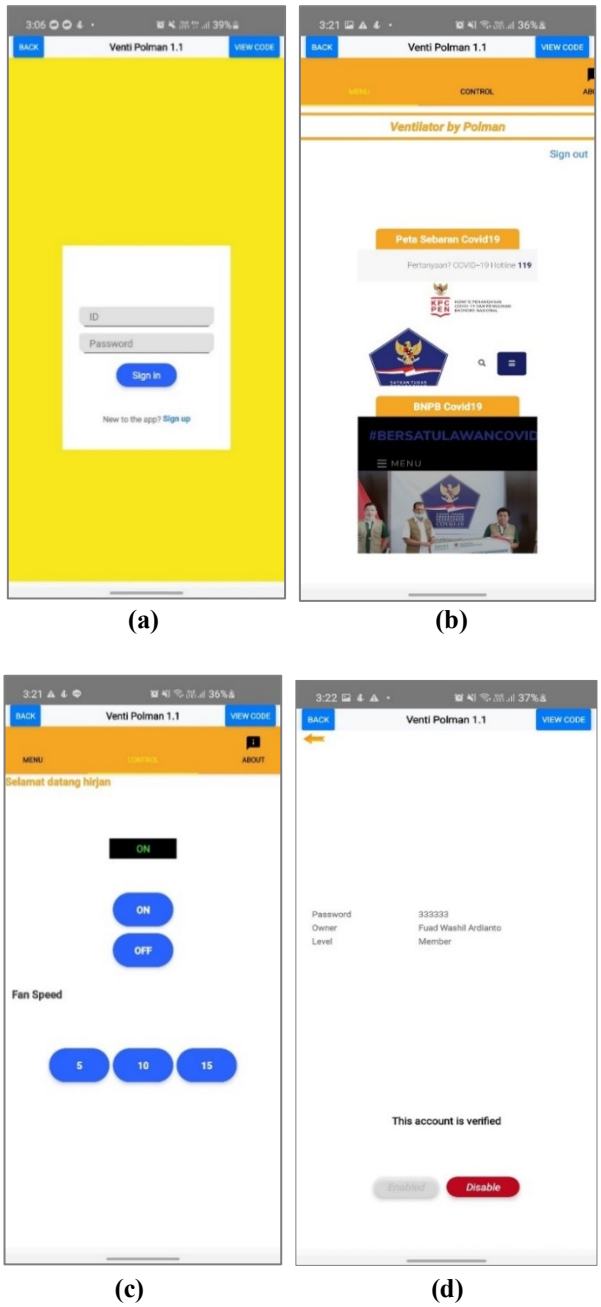
Gambar 4. Tampilan *user interface* pada HMI *Touchscreen*

Adapun tampilan *user interface* pada HMI *Touchscreen* ditunjukkan pada Gambar 4. HMI *Touchscreen* menampilkan data suhu dan tekanan ventilator. Selain itu, terdapat menu pengontrolan ON-OFF mesin ventilator dan pengaturan besar tekanan yang dapat dipilih pada tiga nilai yaitu 5 cmH2O, 10 cmH2O, dan 15 cmH2O.

Selain *user interface* melalui HMI *Touchscreen*, ventilator pada penelitian ini dilengkapi dengan *user interface* pada aplikasi Android berbasis IoT. Hasil pembuatan *user interface* ventilator pada aplikasi Android ditunjukkan pada Gambar 5. Pertama *user* harus membuat akun dengan menekan *sign up* pada menu *login* seperti yang terdapat pada Gambar 5(a). Selanjutnya, admin akan mengaktifasi akun tersebut sehingga *user* dapat memiliki akses penggunaan aplikasi ventilator. Setelah aktifasi akun berhasil maka *user* dapat melakukan *login* dengan memasukkan ID dan *password*. Setelah berhasil *login*, *user* akan masuk ke menu *home* seperti yang terdapat pada Gambar 5(b). Pada menu *home* terdapat informasi mengenai Covid diantaranya peta sebaran Covid-19 dan juga terdapat tombol *sign out* apabila *user* menghendaki untuk keluar dari aplikasi. Selanjutnya *user* dapat memilih menu *control*. Pada menu *control*, *user* dapat mengatur ON-OFF mesin ventilator dan mengontrol besar tekanan, seperti yang ditunjukkan

pada Gambar 5(c). Menu lain yang terdapat pada aplikasi adalah menu tampilan admin. Pada menu admin dapat dilihat jumlah dan nama-nama akun yang terdaftar untuk mendapatkan akses masuk ke aplikasi ventilator baik sebagai admin maupun *member*. Admin dapat mengatur pengaktifasian *user* dan menghapus hak akses *user* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5(d).

Teknologi IoT yang diterapkan pada ventilator penelitian ini tentunya didukung oleh *database* untuk menyimpan data-data, yakni digunakan *realtime database* sehingga data disimpan di *cloud* yang dapat diakses dikirim dari mesin ventilator dan aplikasi Android. Konektivitas dengan Firebase *realtime database* ditunjukkan pada Gambar 6.



(a) (b)

(c) (d)

Gambar 5. Tampilan *user interface* pada Android

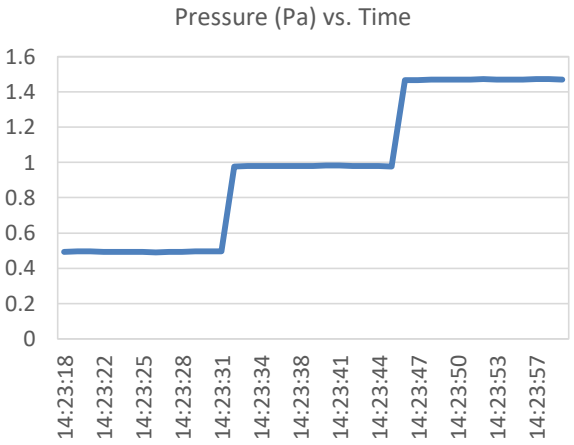
B. Pengujian Sistem

Setelah ventilator berhasil dibuat atau diimplementasikan berdasarkan rancangan, maka selanjutnya dilakukan pengujian. Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap akuisisi data suhu dan tekanan. Selain itu dilakukan juga pengujian konektivitas IoT untuk mengetahui *delay time* antara aplikasi Android dan mesin ventilator.

Sensor tekanan digunakan untuk mengukur besarnya tekanan udara ventilator. Keluaran sensor tekanan yang digunakan yakni 1,95V – 3,3V. Untuk dapat diolah oleh mikrokontroler maka digunakan rangkaian pengkondisi sinyal menggunakan rangkaian Op-Amp. Data pengujian sensor tekanan terdapat pada Gambar 7.



Gambar 6. *Realtime database*

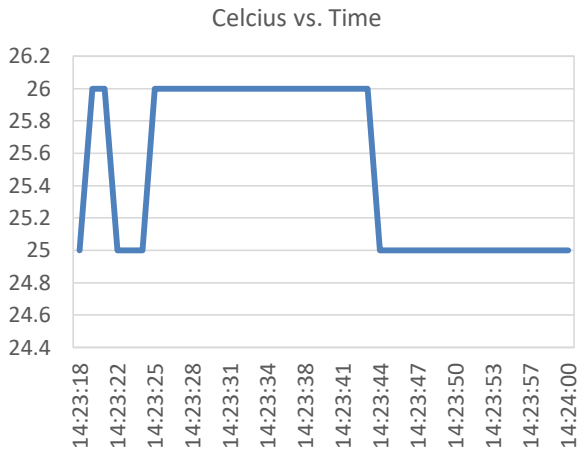


Gambar 7. Data pengujian sensor tekanan

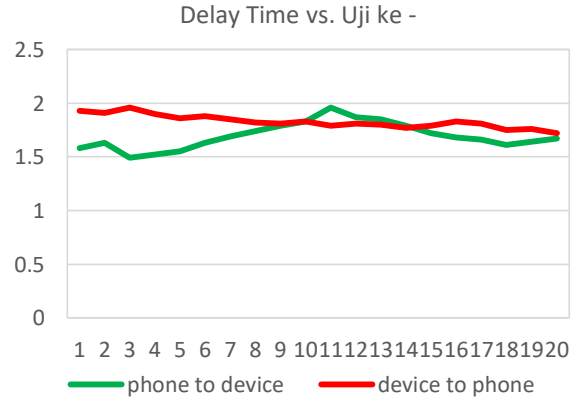
Sensor tekanan diuji pada tekanan yang berkisar antara 0,49 Pa sampai 1,47 Pa dengan beberapa kali pengambilan data. Berdasarkan data pada Gambar 7 dapat diketahui rata-rata tekanan hasil pengukuran yaitu 0,98 Pa.

Sensor suhu yang digunakan yakni LM35. Sensor suhu LM35 dapat mengukur suhu antara 2°C – 150°C yang menghasilkan tegangan keluaran sebesar 10mV/°C. Keluaran dari sensor dihubungkan ke mikrokontroler melalui pin analog yang kemudian diprogram menggunakan prinsip ADC (*Analog to Digital Converter*). Data hasil pengukuran sensor suhu terdapat pada Gambar 8. Sensor suhu diuji pada suhu yang berkisar antara 25°C – 26°C dengan beberapa kali pengambilan data. Berdasarkan data pada Gambar 8 dapat diketahui rata-rata suhu hasil pengukuran yaitu 25,5°C.

Pengujian konektivitas IoT dilakukan untuk mengetahui *delay time* antara aplikasi Android dan mesin ventilator. Misalnya saat ditekan tombol pada aplikasi, berapa lamakah sistem merespon aksi yang diperintahkan tombol tersebut. Data pengujian ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 8. Data pengukuran sensor suhu



Gambar 9. Data pengukuran *delay time*

Hasil pengujian pada Gambar 9 menunjukkan rata-rata *delay time* komunikasi *phone to device* sebesar 1,69 detik, sedangkan *device to phone* sebesar 1,83 detik.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan *ventilator controller* berbasis tekanan yang dilengkapi *user interface* menggunakan HMI *Touchscreen* dan teknologi IoT berbasis Android untuk memonitor suhu dan mengontrol tekanan ventilator dari jarak jauh. Hasil pengujian akuisisi data suhu yang dilakukan menunjukkan rata-rata suhu sekitar 25°C. Pengujian akuisisi data tekanan menghasilkan rata-rata tekanan sekitar 1 Pa. Adapun rata-rata *delay time* komunikasi baik *phone to device* maupun *device to phone* kurang dari 2 detik. Saran pengembangan penelitian selanjutnya adalah dengan mengembangkan integrasi monitoring dan kontrol ventilator dalam satu kawasan rumah sakit atau bahkan wilayah yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih, disampaikan kepada Unit Pengembangan, Penelitian, dan Pengabdian kepada Masyarat (UP3M) Politeknik Manufaktur Bandung yang telah membiayai penelitian.

REFERENSI

[1] "Covid-19 Coronavirus Pandemic," 2021. https://www.worldometers.info/coronavirus/ (diakses Apr 30, 2021).

[2] K. Iyengar, S. Bahl, Raju Vaishya, and A. Vaish, "Challenges and solutions in meeting up the urgent requirement of ventilators for COVID-19 patients," *Diabetes Metab. Syndr. Clin. Res. Rev.*, vol. 14, no. 4, pp. 499–501, 2020.

[3] A. Aryanto and A. Dwi Oktavian, "Rancang Bangun Alat Bantu Pernapasan Ventilator Berbasis Wireless Sensor Network," *J. ICTEE*, vol. 1, no. 1, pp. 11–14, 2020.

[4] S. Hidayat, "Lessons learned from rapid development of CPAP ventilator vent-i during COVID-19 pandemic in Indonesia," *J. Eng. Technol. Sci.*, vol. 52, no. 5, pp.. 765–778, 2020.

[5] H. Hidayat, J. Saiful, S. Iman, Suprapto, I. Aidil, and S. Eddy, "Design and Implementation of Ventilator for Breathing Apparatus," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, pp. 1–6.

[6] L. Bai, "Chinese experts' consensus on the Internet of Things-aided diagnosis and treatment of coronavirus disease 2019 (COVID-19)," *Clin. eHealth*, vol. 3, pp. 7–15, 2020.

[7] H. Seddik and A. M. Eldeib, "A Wireless Real-Time Remote Control and Tele-Monitoring System for Mechanical Ventilators," in *8th Cairo International Biomedical Engineering Conference (CIBEC)*, 2016, pp. 64–67.

[8] I. S. Mubarok, S. Supriyadi, and A. Burhanuddin, "Perancangan Prototype Ventilator Mekanik dengan Teknologi IoT (Internet Of Things) Berbasis Arduino," in *Science And Engineering National Seminar 5*, 2020, vol. 5, no. Sens 5, pp. 661–667.

[9] K. W. Hidayat, S. Supriyadi, and A. Burhanudin, "Rancang Bangun Prototype Ventilator Mekanik Berbasis Iot (Internet of Things)," in *Science And Engineering National Seminar 5 (SENS 5)*, 2020, pp. 652–660.

[10] S. Supriyadi, A. Burhanudin, Y. Setiyoadi, and I. B. Setyono, "Analisis Kinerja Ventilator Mekanis Dengan Pengerak Motor Stepper Berbasis Arduino," in *SEMINAR NASIONAL HASIL PENELITIAN (SNHP)*, 2020, pp. 662–677.

[11] I. B. Setyono and S. S. A. Burhanudin, "Uji Performa Motor Stepper pada Ventilator Mekanis Berbasis Arduino," in *Science And Engineering National Seminar 5 (SENS 5)*, 2020, vol. 5, no. Sens 5, pp. 624–632.