

Sistem Monitoring Kecepatan Aliran Udara Dan Suhu Pada *Laminar Air Flow Cabinet*

Mulki Fauzi Amrulloh¹, Hari Purnama², Ade Suryatman Margana³

^{1,2,3}Prodi Teknik Otomasi Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung
Jalan Gegerkalong Hilir, Kabupaten Bandung Barat 40559, Indonesia
mulki.fauzi.toi17@polban.ac.id

Abstrak

Udara bersih merupakan udara yang bebas dari kontaminasi material atau substansi yang tidak baik. Dalam suatu ruang bersih udara bersih menjadi hal yang sangat vital. Laminar air flow (LAF) yang dilengkapi UV memiliki fungsi untuk mesterilkan dan meminimalisir dari mikroba atau kontaminasi yang terbawa oleh aliran udara dengan mengalirkan udara secara kontinyu pada ruangan ke dalam kabinet LAF dengan melalui dua kali penyaringan, yaitu pre-filter dan HEPA filter (High Efficiency Particular Air). Laju kecepatan aliran udara pada kabinet berjalan dengan kecepatan konstan meskipun filter sudah kotor. Dan nilai-nilai parameter masih jarang ditampilkan pada kabinet. Tujuan dari penelitian ini akan merancang pengendalian kecepatan laju aliran udara kemudian dibuat sistem monitoring dengan kecepatan konstan pada 0,4 m/s menggunakan metode PID dan berbasis HMI ketika adanya gangguan atau filter sudah mengalami pengurangan fungsi kerja agar parameter dapat dijaga pada kondisi yang diinginkan demi mengoptimalkan fungsi kabinet. Dengan hasil pembacaan parameter suhu dan kecepatan aliran udara akan ditampilkan pada HMI dengan kecepatan konstan 0.41 m/s.

Kata kunci: laminar air flow, monitoring, HMI, mikrokontroler, PID

I. Pendahuluan

Laminar Air Flow (LAF) menjadi bagian penting dalam sebuah laboratorium sebagai alat sterilisasi. Prinsip kerja alat ini adalah menyaring udara dari luar melalui beberapa tahapan penyaringan dan menghasilkan udara yang steril dari zat berbahaya yang terbawa oleh udara untuk dialirkan ke ruangan tertentu. Penggunaan alat laminar air flow cabinet dirasa sangat penting akan keberlangsungan penelitian karena mempunyai tingkat keselamatan dan keamanan bagi pengguna yang lebih tinggi jika dibandingkan menggunakan peralatan sederhana seperti inkas di laboratorium mikrobiologi [1].

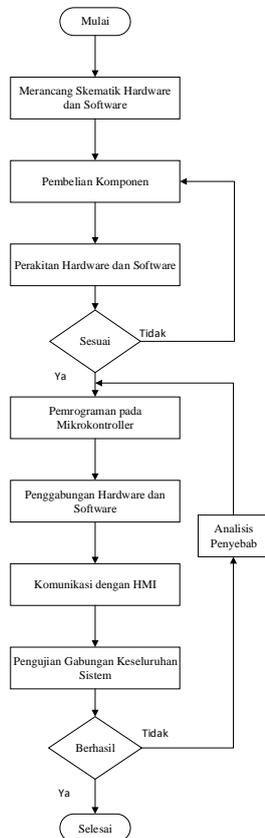
Dengan mengendalikan beberapa output seperti lampu TL, lampu UV, dan blower fan menggunakan mikrokontroler. Dan menambahkan air flow sensor sebagai output untuk mengetahui kecepatan udara yang mengalir pada kabinet didapatkan kecepatan rata-rata sebesar 0,76 m/s selama 1 jam [2]. Mikrokontroler digunakan sebagai pengendalian sistem yang bertujuan untuk mengatur kecepatan fan dengan menggunakan pengaturan pwm [3]. HMI (*Human Machine Interface*) adalah perangkat yang

menghubungkan antara manusia dan mesin sebagai tampilan yang dibuat menggunakan LabVIEW. Pembacaan kecepatan motor menggunakan sensor encoder. Komunikasi yang digunakan untuk menghubungkan PC dan HMI yaitu dengan komunikasi serial UART menggunakan port RS232. Hasil dari penelitian yang dilakukan adalah sistem yang dirancang mampu dengan baik mengatur arah dan kecepatan putar motor DC menggunakan PWM dan menampilkan kecepatan motor pada HMI menggunakan LabVIEW [4]. Kontrol PID dengan parameter $K_p=0,195$, $K_i=0,007$ dan $K_d=0,003$ mampu mencapai nilai set point yang diinginkan dengan $\tau_r = 4$ detik dan *error stady state* 1,8%. Penambahan sensor *effect hall* difungsikan sebagai alat untuk mengukur kecepatan putaran motor [5].

Makalah ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pengendalian dan monitoring pada kabinet LAF. Perbedaan dengan topik serupa ialah pada pengendalian laju aliran udara dengan menggunakan metode PID dan hasil pembacaan ditampilkan langsung pada HMI.

II. Metode Penelitian

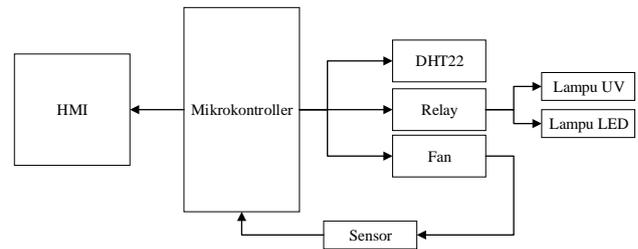
Pada bagian ini dilakukan dari gambaran sistem yang akan dibangun, diagram blok, spesifikasi sistem, perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.



II.1 Deskripsi Sistem

Sistem yang akan dibuat berupa *lamniar air flow* kabinet yang memiliki ruang kerja sebesar 47cm x 47cm x 50cm. Sistem kendali pada *laminar air flow cabinet* bertujuan untuk memonitoring suhu pada kabinet dan mengatur kecepatan motor pada fan agar sesuai dengan laju aliran udara pada kecepatan 0,3 – 0,6 m/s. Kecepatan motor pada fan tersebut diatur menggunakan pwm agar mendapatkan nilai yang telah ditentukan pada *set point* dan nantinya akan diproses oleh mikrokontroler. Sinyal keluaran kecepatan aliran udara akan dideteksi atau diumpkan balik ke sensor efek hall untuk dibandingkan dengan nilai *set point* yang telah ditentukan. Dengan menggunakan kontrol PID disini diharapkan kecepatan motor pada fan tersebut stabil sesuai dengan *set point* dan membuat error nya $\pm 5\%$. Sensor DHT22 berfungsi sebagai sensor pendeteksi suhu. Lampu UV difungsikan untuk mensterilkan kabinet dengan mengatur waktu selama 30 menit

sebelum penggunaan. Semua tampilan parameter dan pusat kendali berada pada HMI.



Gambar 1 Diagram Blok Sistem

II.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem ini dilakukan, agar penelitian yang dikerjakan sesuai dengan perencanaan. Sistem yang akan dirancang pada penelitian ini yaitu kendali laju kecepatan aliran udara dan sistem monitoring suhu pada kabinet LAF.

II.2.1 Arsitektur Sistem

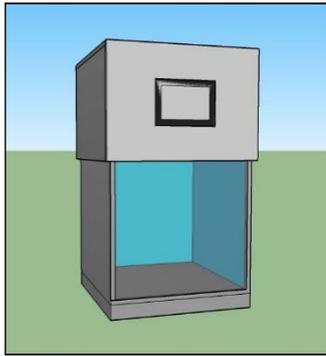
Setelah dibuat deskripsi dari sistem yang dibuat, langkah selanjutnya adalah menentukan spesifikasi dari keseluruhan kabinet LAF. Adapun spesifikasi sistem penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Sistem

No	Spesifikasi	Keterangan
<i>Hardware</i>		
1	Utilitas Sistem	<i>Laminar air flow cabinet</i>
2	Area Kerja	47cm x 47cm x 50cm
3	Bahan kabinet	Block board 1,5 cm
4	Alas Ruang Kerja	Stainless Steel
5	Filterasi	HEPA Filter H13
6	Fan	Nidec BT450 4wire
7	Lampu	Uvc-T5 8 watt dan LED strip
8	HMI	Wonderware Intouch
9	Kontroller	ATMega2560
<i>Software</i>		
10	Controller Software	Arduino IDE 1.8.8
11	HMI Software	Wonderware Intouch

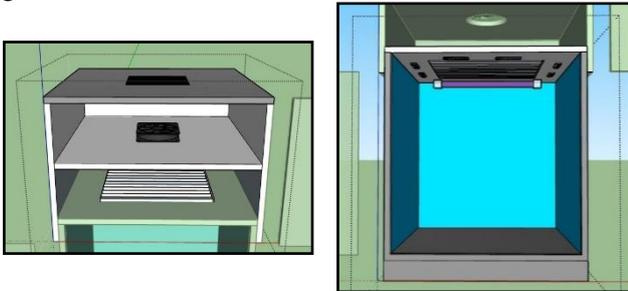
II.2.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan sistem yang dibangun pada penelitian ini berupa model *vertical laminar air flow (LAF)* kabinet yang mana udara yang dialirkan memiliki arah *vertical* yaitu bergerak dari atas kebawah ke bagian ruang kerja.



Gambar 2 Vertical LAF Kabinet

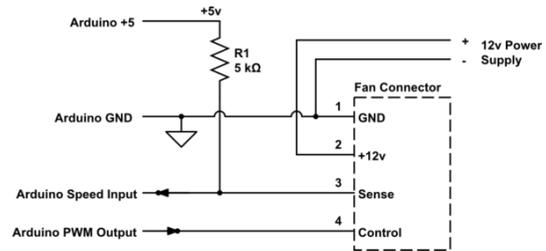
Kabinet yang dirancang ini terbagi kedalam 3 bagian. Bagian pertama yang berada paling atas memiliki fungsi sebagai pre-filter dan tempat peletakan bagian kontrol. Bagian kedua yaitu pada tahap filtrasi yang terdiri dari kipas fan dan sebuah hepa filter. Sedangkan pada bagian ketiga adalah ruang kerja steril. Ilustrasi model dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Ruang kendali, filtrasi, dan Ruang kerja steril

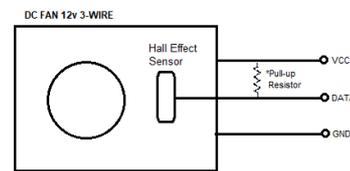
II.2.3 Perancangan aktuator dan perancangan sensor

Aktuator yang akan digunakan dalam sistem ini yaitu berupa fan 4-wire. Kecepatan fan akan diatur sedemikian rupa agar nantinya dapat sesuai dengan parameter laju aliran udara yang diinginkan. Input PWM harus dikirimkan ke kipas melalui sinyal kontrol pada Pin 4. Respon kecepatan kipas terhadap sinyal ini harus merupakan fungsi siklus kerja sinyal yang kontinu dan monoton, dari 100% hingga RPM minimum yang ditentukan. RPM kipas harus sesuai dengan siklus kerja PWM dalam $\pm 10\%$. Jika tidak ada sinyal kontrol, kipas harus beroperasi pada RPM maksimum.



Gambar 4 Pinout fan 4-wire

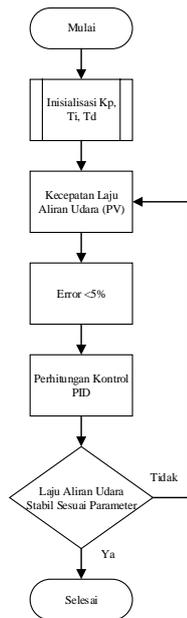
Pada perancangan sensor digunakan fan berukuran lebih kecil dari fan aktuator. Dengan adanya sensor *hall-effect* yang sudah terintegrasi dalam fan yang kemudian difungsikan sebagai pendeteksi kecepatan fan aktuator. Fan kecil diletakan pada bagian *vacum* fan aktuator dengan udara yang difokuskan agar perputaran fan kecil lebih maksimal untuk pembacaan sensor.



Gambar 5 Pinout fan 3-wire

II.2.4 Perancangan Perangkat Lunak

Dalam menentukan parameter k_p , k_i , k_d selalu didasari dengan karakteristik plant yang diatur. Plant yang diatur disini adalah kecepatan aliran udara pada fan. Keluaran sistem pada plant ini berupa kecepatan laju aliran udara pada fan (rpm) yang dibaca oleh sensor efek hall. Data kecepatan laju aliran udara menjadi nilai umpan balik dan dibandingkan dengan nilai set point yang telah ditentukan. Diagram alir cara kerja program PID pada kendali kecepatan aliran udara pada fan terdapat pada gambar 6.



Gambar 6 Diagram Alir Metode PID

Dalam menentukan parameter kendali PID untuk dapat mengontrol laju aliran udara stabil, pada penelitian ini digunakan metode kurva reaksi dan metode secara *trial dan error*.

1. Metode Kurva Reaksi

Tuning parameter PID bertujuan untuk mencari nilai parameter K_p , K_i dan K_d . Parameter K_p , K_i dan K_d ini akan digunakan untuk mengontrol plant yaitu mengontrol kecepatan laju aliran udara. Tuning parameter PID disini dilakukan pada simulasi Matlab R2015b dengan metode yang digunakan yaitu metode kurva reaksi yaitu dengan simulator plant dibuat loop terbuka. Dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini untuk perhitungan parameter K_p , K_i , dan K_d .



Gambar 7 Grafik Respon Keluaran Sistem Loop Terbuka

Dilihat dari gambar diatas keluaran metode kurva reaksi dengan sistem loop terbuka digunakan untuk menentukan nilai parameter K_p , K_i , K_d . Dilihat dari grafik respon sistem diatas, didapatkan nilai $L =$

0.062 , $T = 0.602$. Setelah itu dimasukkan kedalam tabel *Ziegler-Nichols* 1 didapatkan nilai parameter PID sebagai berikut, $K_p = 11.651$, $T_i = 0.124$, dan $T_d = 0.031$, dan hasil $K_p = 11.651$, $K_i = 93.23$, dan $K_d = 0.361$.

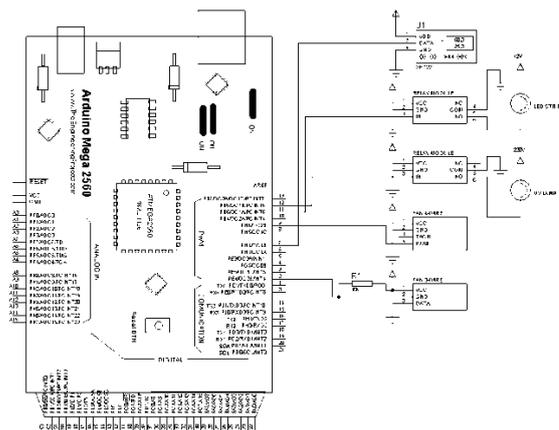
2. Metode Trial dan Error

Pada metode trial dan error ini dilakukan dengan cara pada parameter PID yaitu K_p , K_i dan K_d untuk nilainya ditentukan langsung dan dicoba langsung pada program coding mikrokontroler, setelah itu dilihat responnya apabila respon tersebut sesuai dan mendekati nilai *set point* yang telah ditentukan maka tidak perlu mengurangi atau memperbesar nilai parameter K_p , K_i dan K_d , tetapi apabila respon tidak sesuai dan nilai jauh dari *set point* maka dapat dilakukan pengurangan atau perbesar nilai parameter K_p , K_i dan K_d pada program coding mikrokontroler.

Berikut nilai parameter K_p , K_i dan K_d yang telah ditentukan sesuai dengan respon yang baik dan mendekati nilai *set point* yaitu dengan nilai $K_p = 30$; $K_i = 2.5$; $K_d = 1$ dan $SP = 4.8$.

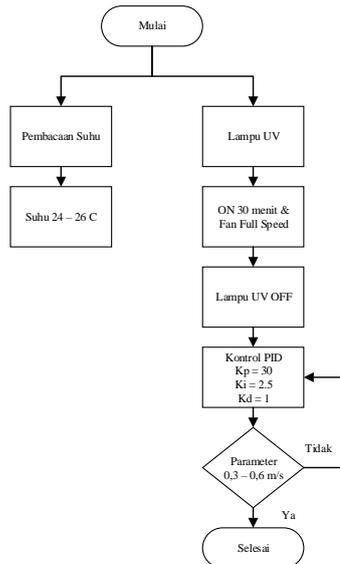
II.2.5 Skematik Mikrokontroler

Perancangan ini dilakukan untuk inisialisasi awal sebelum perancangan dan realisasi perangkat lunak maupun perangkat keras. Hal ini mempermudah dalam realisasi baik pada pembuatan program maupun pada instalasi pengkabelan pada panel kontrol.



Gambar 8 Skematik Mikrokontroler

II.2.6 Perancangan HMI



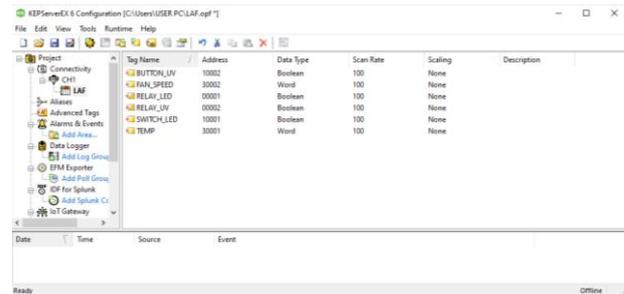
Gambar 9 Perancangan HMI

Pada perancangan HMI dibuat dua parameter yang akan ditampilkan yaitu pembacaan suhu dan kecepatan aliran udara dan pengaturan lampu pada kabinet. Lampu uv akan menyala selama 30 menit dan fan menyala dalam kondisi maksimum. Setelah lampu uv mati barulah sistem akan masuk pada metode pengendalian PID.

Setelah dilakukan perancangan perangkat lunak sistem berdasarkan pada cara kerja sistem kemudian perlu memntukan *input/output* pada perangkat keras yang digunakan dan pengalamatan masing-masing *input/output* untuk keperluan komunikasi Wonderware dengan plant Arduino IDE menggunakan jembatan komunikasi Modbus RTU serial di KEPServer EX 6.

Tabel 2 Inisialisasi input / output

No	Tagname	Perangkat	Address	Keterangan
1	TEMP	DHT22	30001	Analog Input
2	FAN_SPEED	Fan	30002	Analog Input
3	SWITCH_LED	Button	10001	Digital Input
4	BUTTON_UV	Button	10002	Digital Input
5	RELAY_LED	Relay	00001	Digital Output
6	RELAY_UV	Relay	00002	Digital Output

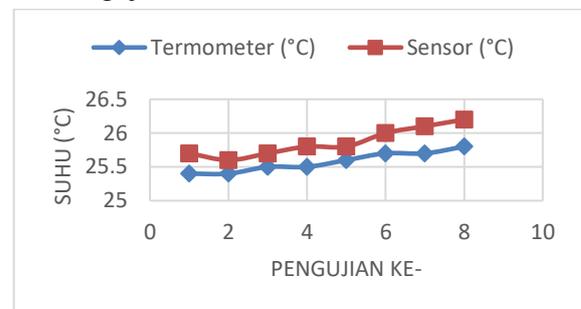


Gambar 10 Definisi Tagname pada KEPServer

III. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini dilakukan pengujian sistem, terdapat tiga pengujian yaitu pengujian sensor suhu, pengujian laju aliran udara dengan metode PID, dan pengujian ketersambungan terhadap HMI.

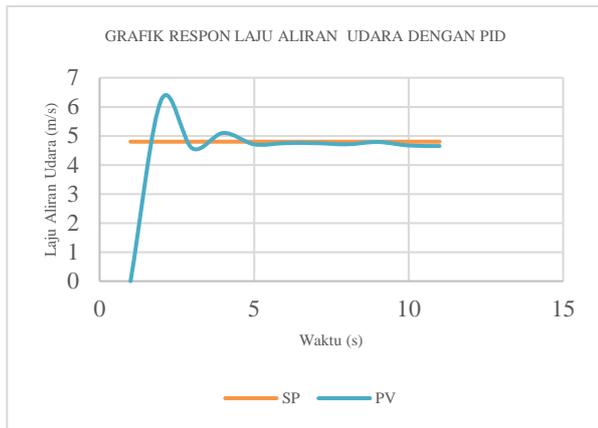
III.1 Pengujian Sensor Suhu



Gambar 11 Grafik Perbandingan Alat Ukur dengan Sensor

Dilihat dari grafik hasil pengujian sensor nilai kesalahan pembacaan sensor suhu dikarenakan sensor memiliki akurasi kurang lebih 2 derajat celcius dari nilai pembacaan sebenarnya. Berdasarkan pengujian sensor tersebut dan dibandingkan dengan alat ukur, diperoleh nilai kesalahan rata-rata untuk setiap alat ukur. Nilai *error* rata-rata suhu adalah 0.42%. Maka nilai tingkat akurasi sensor suhu adalah 100%-0.42% yaitu sebesar 99.58%.

III.2 Pengujian Laju Aliran Udara dengan Metode PID



Gambar 12 Grafik Respon Laju Aliran Udara dengan Metode PID

Berdasarkan pada gambar grafik III.2 dapat dilihat dengan menggunakan $SP = 4.8$ m/s dan nilai parameter pengontrolan pid $K_p = 30$, $T_i = 2.5$, dan $T_d = 1$ memiliki respon yang mendekati nilai dari setpoint dengan didapatkan nilai rata-rata *error* sebesar 5.31%. Nilai *rise time* 0.86 detik, *settling time* 4.15 detik, dan *overshoot* 30.2 %. Pada pengujian ini respon sistem sudah baik akan tetapi memiliki nilai *overshoot* yang cukup besar dan grafik naik turun sudah cukup halus. Jika pengambilan data dilakukan lebih banyak maka *error* akan semakin kecil dikarenakan akan berada pada kondisi posisi stabil (*steady state*).

Pada pengujian dari laju aliran udara yang dilakukan hasil nilai pembacaan dari kecepatan laju aliran udara yang terbaca melalui *serial monitor* belum dapat dinilai tingkat akurasi. Berdasarkan hasil pembacaan nilai yang didapat sudah baik akan tetapi belum dapat dipastikan tingkat akurasi dikarenakan tidak ada pembandingan antara pembacaan dengan kecepatan laju aliran udara yang sebenarnya menggunakan alat ukur dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi.

III.3 Pengujian HMI

Pada pengujian ini dilakukan untuk melihat ketersambungan antara HMI dengan sistem. Terdapat dua pengujian yang dilakukan yaitu pengujian respon relay dan indikator pembacaan sensor pada sistem monitoring.

III.3.1 Pengujian Respon Relay

Pengujian ini dilakukan untuk melihat respon HMI terhadap waktu sebenarnya.

Tabel 3 Pengujian Relay

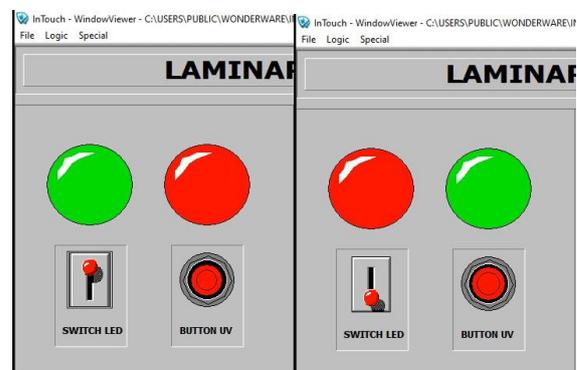
No	Relay	Stopwatch
1	10	11.60
2	10	11.45
3	10	10.60
4	10	10.25
5	10	10.20

Dengan menggunakan rumus tersebut, nilai rata-rata *error* waktu pada relay dengan waktu pada *stopwatch* adalah 8.2%. Adanya *error* disini dikarenakan dalam pengujian antara relay dibandingkan dengan *stopwatch* waktu dalam pengesetan adanya keterlambatan (*human error*). Tetapi dalam pengujian relay ini berjalan dengan baik meskipun adanya *error* perbandingan dengan *stopwatch*.

Tabel 4 Ketersambungan Input Output

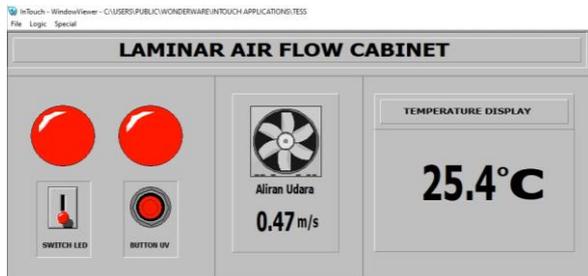
No	Address	Comment	Keterangan
1	30001	TEMP	Nilai Terbaca
2	30002	FAN_SPEED	Nilai Terbaca
3	10001	SWITCH_LED	Indikator berfungsi
4	10002	BUTTON_UV	Indikator berfungsi
5	00001	RELAY_LED	Indikator menyala
6	00002	RELAY_UV	Indikator menyala

Pengujian tampilan HMI terbagi menjadi dua bagian yaitu berupa bagian kontrol berisi tombol untuk menghidupkan lampu uv dan led dan bagian penampilan hasil *display* pembacaan sensor. Tampilan hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 13. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan mikrokontroler dapat menjalankan sistem.



Gambar 13 Tampilan saat Lampu UV dan Led Beroperasi

Pengujian ini dapat dilihat dari hasil input/output mikrokontroler yang berupa nilai pembacaan ataupun indikator yang terpasang. Tampilan akhir HMI yaitu dapat mengendalikan lampu uv dan lampu led juga memperlihatkan hasil pembacaan sensor laju aliran udara dan pembacaan suhu pada sistem.



Gambar 14 Tampilan HMI

IV. Kesimpulan

Perancangan sistem monitoring dan pengendalian laju aliran udara dan suhu pada laminar air flow (LAF) cabinet berhasil dibangun. Pengendalian laju aliran udara menggunakan metode PID tercapai dengan parameter laju aliran udara 0.41 m/s sesuai dengan parameter tujuan yang diinginkan. Sistem monitoring berbasis mikrokontroler dengan aplikasi HMI *wonderware intouch* berhasil dibuat dan hasil dari pembacaan parameter dapat di tampilkan pada HMI. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan komponen dan material standar seperti sensor aliran udara dengan tingkat sensitifitas yang lebih tinggi. Menambahkan parameter lain pada tampilan HMI agar informasi mengenai keadaan alat LAF lebih informatif dan interaktif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung, melalui wakil Direktur Akademik atas bantuan pendanaan dengan SK nomor B/402/PL1.R1/EP.00.08/2021 kelompok A1.

REFERENSI

[1] S. Harjanto dan R. Raharjo, "Peran Laminar Air Flow Cabinet Dalam Uji Mikroorganisme Untuk Menunjang Keselamatan Kerja Mahasiswa Di

- Laboratorium Mikrobiologi," METANA, vol. 13, no. 2, hlm. 55, Des 2017, doi: 10.14710/metana.v13i2.18016.
- [2] M. T. K. Djuri, "Rancang Bangun *Laminar Air Flow Biological Safety Cabinet Class II Type B3* Dengan Tampilan LCD Berbasis Mikrokontroler ATmega328p," Agu 2017, Diakses: Mar 17, 2021. [Daring]. Tersedia pada: <http://repository.umy.ac.id/handle/123456789/16004>
- [3] Shivesh, R. Mishra, dan E. A. Elisabeth, "*Speed control of ceiling fan using PWM technique*," dalam 2017 *International Conference on Computation of Power, Energy Information and Communication (ICCPEIC)*, Melmaruvathur, Mar 2017, hlm. 686–690. doi: 10.1109/ICCPEIC.2017.8290449.
- [4] R. R. S, "Rancang Bangun Human Machine Interface Pada Sistem Pengaturan Kecepatan dan Arah Motor Konveyor Menggunakan LabVIEW," Universitas Gadjah Mada, 2018. Diakses: Jun 21, 2021. [Daring]. Tersedia pada: <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/160292>
- [5] S. Fatimang dan I. Amin, "Rancang Bangun Sterilisator Bakteri Yang Terkandung Dalam Udara Berbasis Mikrokontroler Arduino," Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2019 (pp.37-41) hlm. 5, 2019.
- [6] M. F. A. Nurdiansyah dan T. Winarno, "Prototype Pembersih Udara Menggunakan Teknologi Plasma Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol.4, no.3 (2020): 2-7.
- [7] Y. B. Aditya, "Perancangan dan Realisasi Kendali Kecepatan Motor DC Kontrol PID Menggunakan Aplikasi HMI Dengan Metode Pemodelan dan Simulasi MATLAB," skripsi, Institut Teknologi Nasional, 2021. Diakses: Jun 21, 2021. [Daring]. Tersedia pada: <http://eprints.itenas.ac.id/1592/>
- [8] "Laminar Air Flow - Pengertian, Fungsi, Prinsip Kerja dan Bagian," *Distributor Alat Lab*, Okt 04, 2019. <https://andarupm.co.id/laminar-air-flow/> (diakses Mei 15, 2021).
- [9] "DHT22 Sensor Pinout, Specs, Equivalents, Circuit & Datasheet," *Components101*. <https://components101.com/sensors/dht22-pinout-specs-datasheet> (diakses Mei 15, 2021).
- [10] "4-Wire Pulse Width Modulation (PWM) Controlled Fans Specification," hlm. 25.
- [11] E. Darwati, *Modul Kuliah Sistem Kendali*, Bandung: Politeknik Negeri Bandung, 2017.