INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

JALAN GANESHA NO. 10 Gedung Labtek V Lantai 2 ☎ (022)2508135-36, 🖷 (022)250 0940

BANDUNG 40132

Dokumentasi Produk Tugas Akhir

Lembar Sampul Dokumen

Judul Dokumen	**TUGAS AKHIR TEKNIK ELEKTRO: Reaktor Filter Limbah Cair Industri Tekstil Portabel dengan Alat Ukur Spektrofotometer**
Jenis Dokumen	**IMPLEMENTASI** Catatan: Dokumen ini dikendalikan penyebarannya oleh Prodi Teknik Elektro ITB
Nomor Dokumen	**B400-TA2324.01.004**
Nomor Revisi	**01**
Nama File	**B400-TA2324.01.004-001**
Tanggal Penerbitan	**22 Mei 2024**
Unit Penerbit	**Prodi Teknik Elektro - ITB**
Jumlah Halaman	**79** (termasuk lembar sampul ini)

Data Pemeriksaan dan Persetujuan				
Ditulis Oleh	Nama	Elmo Ryaner Panggabean	Jabatan	Mahasiswa
	Tanggal	22 Mei 2024	Tanda Tangan	
	Nama	Muhammad Raihan Elfazri	Jabatan	Mahasiswa
	Tanggal	22 Mei 2024	Tanda Tangan	
	Nama	Gilbert Ng	Jabatan	Mahasiswa
	Tanggal	22 Mei 2024	Tanda Tangan	
Diperiksa Oleh	Nama	Ir. Akhmadi Surawijaya, S.T, M.Eng.	Jabatan	Dosen Pembimbing
	Tanggal	22 Mei 2024	Tanda Tangan	
Disetujui Oleh	Nama	Ir. Akhmadi Surawijaya, S.T, M.Eng.	Jabatan	Dosen Pembimbing
	Tanggal	22 Mei 2024	Tanda Tangan	

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI **2**
CATATAN SEJARAH PERBAIKAN DOKUMEN **3**
1 PENGANTAR **4**
RINGKASAN ISI DOKUMEN 4
TUJUAN PENULISAN DAN APLIKASI/KEGUNAAN DOKUMEN 4
1.1 REFERENSI 4
1.2 DAFTAR SINGKATAN 5
2 IMPLEMENTASI **6**
2.1 SUBSISTEM PENYIMPANAN SAMPEL 6
2.1.1 Implementasi *6*
2.1.2 Pengujian *7*
2.2 SUBSISTEM REAKTOR FILTER 11
2.2.1 Sistem Pengaduk *11*
2.2.2 Sistem Pemanas *14*
2.2.3 Sistem Pompa *17*
2.2.4 Integrasi *20*
2.3 SUBSISTEM PENGUKURAN 21
2.3.1 Sumber Cahaya *21*
2.3.2 Sensor Cahaya *23*
2.3.3 Integrasi *36*
2.4 SUBSISTEM KENDALI DAN PENGOLAHAN DATA 40
2.4.1 Implementasi *40*
2.4.2 Pengujian *44*
2.5 SUBSISTEM USER INTERFACE 45
2.5.1 Implementasi *45*
2.5.2 Pengujian *47*
2.6 SUBSISTEM POWER SUPPLY 50
2.6.1 Implementasi *50*
2.6.2 Pengujian *52*
3 ANALISIS PENGERJAAN IMPLEMENTASI **59**
4 HASIL AKHIR **61**
5 LAMPIRAN **62**
5.1 SOURCE CODE MAIN.INO 62
5.2 SOURCE CODE MENU_FUNCTIONS.CPP 74
5.3 SOURCE CODE MENU_FUNCTIONS.H 78
5.4 SOURCE CODE INA219 78

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Catatan Sejarah Perbaikan Dokumen

VERSI, TGL, OLEH	PERBAIKAN
1.0, 22 Mei 2024	Dokumen dibuat

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

1 Pengantar

Ringkasan Isi Dokumen

Dokumen B400 merupakan penjabaran dari implementasi alat penguji efisiensi filter MOF yang telah didesain pada dokumen B300. Dokumen ini dibagi menjadi lima bagian yang diawali dengan pengantar yang menjelaskan latar belakang dan maksud dari dokumen ini dibuat. Bagian kedua merupakan implementasi sistem beserta pengujiannya yang dibagi menjadi enam sub-bagian sesuai dengan jumlah subsistem yang telah di desain dengan proses integrasi di sub-bagian terakhir. Bagian ketiga adalah analisis pengerjaan implementasi yang membandingkan rencana kerja pada B300 dengan pengerjaan implementasi yang terjadi. Bagian terakhir dari dokumen ini merupakan lampiran yang berisi source code dan dokumen pendukung lainnya yang berkaitan dengan proses implementasi sistem.

Tujuan Penulisan dan Aplikasi/Kegunaan Dokumen

Dokumen ini ditulis dengan tujuan sebagai berikut:

- Mendokumentasikan tahapan implementasi dan pengujian per subsistem dalam proses pengembangan alat uji efisiensi filter MOF, dan
- Memberi arahan dan penjelasan yang nyata bagi pihak yang bermaksud untuk merekonstruksi alat uji efisiensi filter MOF.

1.1 Referensi

[1] LCDwiki, *3.5-inch Arduino UNO Module User Manual*. Diambil dari http://www.lcdwiki.com/3.5inch_Arduino_Display-UNO

[2] Chueca, R., Andrés, S., Alcain, R., dkk. *Design and Development of a Portable Spectrophotometer for Glass Characterization*. 2023 Global Conference on Wireless and Optical Technologies (GCWOT): Malaga, Spain (2023)

[3] Ting, Y.H. *Self-regulating PTC heating systems: a new approach for electric heating appliances.* IEEE Transactions on Industry Applications 3 (1972)

[4] Yohan, Y., Astuti, F., & Wicaksana, A., *Pembuatan Spektrofotometer Edukasi untuk Analisis Senyawa Pewarna Makanan*. Jurnal Chemica Et Natura Acta: Banten (2018).

[5] Dendy, D., Lestari, W.W., Anshori, L., Wahyuningsih, S., Saraswati, T.E., Handayani, M., Suharbiansah, R.S.R., *Effective Indigo Carmine Adsorption Using Materials of Institute Lavoisier (MIL-101 Cr) modified Ethylenediamine compared to MIL-101-NH2.* BRIN: Bandung (2023)

[6] Ashfaque-E-Alam, M., Islam, M.R., dan Faria, I.J. *Development and validation of a low-cost visible light spectrophotometer*. 2017 4th International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE): Dhaka, Bangladesh (2017)

[7] Z. Yu, C. Xiaoping and Z. Yufeng, *The influence of coupling of charge/discharge rate and short term cycle on the battery capacity of Li-ion batteries*, 2019 3rd International

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Conference on Electronic Information Technology and Computer Engineering (EITCE), Xiamen, China (2019).

1.2 Daftar Singkatan

SINGKATAN	ARTI
AC	Alternating Current
BMS	Battery Management System
CMOS	Complementary Metal-Oxide-Semiconductor
DC	Direct Current
DIY	Do It Yourself
DPI	Dots Per Inch
FSM	Finite State Machine
GND	Ground
IC	Integrated Circuit
IIC/I2C	Inter-Integrated Circuit
JPEG	Joint Photographic Experts Group
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
MISO	Master In-Slave Out
MOF	Metal Organic Framework
MOSI	Master Out-Slave In
OLED	Organic Light Emitting Diode
PTC	Positive Temperature Coefficient
PWM	Pulse Width Modulation
RPM	Revolutions per minute
SCL	Serial Clock
SD	Secure Digital
SDA	Serial Data
TFT	Thin Film Transistor
USB	Universal Serial Bus
UV	Ultraviolet
VCC	Voltage Common Collector

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2 Implementasi

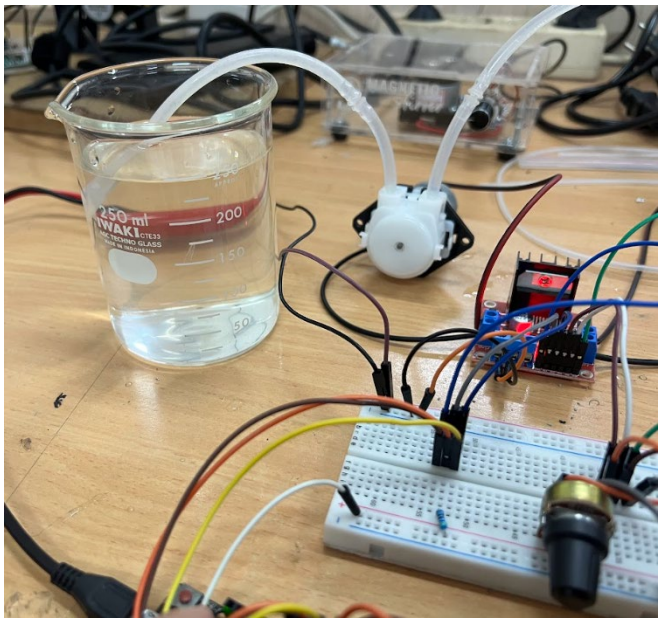
2.1 Subsistem Penyimpanan Sampel

2.1.1 Implementasi

Gambar 2-1-1 Beaker Glass dan Pompa Peristaltik

Subsistem ini berperan sebagai wadah atau *container* sampel yang akan diuji. Pada subsistem penyimpanan sampel ini, sinyal kendali dari subblok mikrokontroler sebagai pengolah data dikirimkan ke driver motor berupa arah aliran pompa. *Flowrate* atau kecepatan pompa dalam bentuk sinyal analog dikendalikan dengan PWM menggunakan potensiometer. Driver motor kemudian mengirimkan sinyal untuk menjalankan pompa. Pompa akan menyala dan memompa sampel dari *container* penyimpanan ke reaktor filter. Volume sampel yang dipompa dapat diatur secara dinamis oleh pengguna. Jika pemompaan sampel ke reaktor sudah selesai, pengguna dapat menghentikannya lalu driver motor akan mengirimkan output nol ke pompa sehingga pompa berhenti.

Pada praktiknya, salah satu selang pompa dicelupkan ke dasar gelas beaker penyimpanan sampel dan selang lainnya dicelupkan ke dasar gelas beaker reaktor filter. Pengguna mengatur *flowrate* dengan memutar potensio yang berperan sebagai rangkaian dimmer.



Gambar 2-1-2 Implementasi Sistem Penyimpanan Sampel

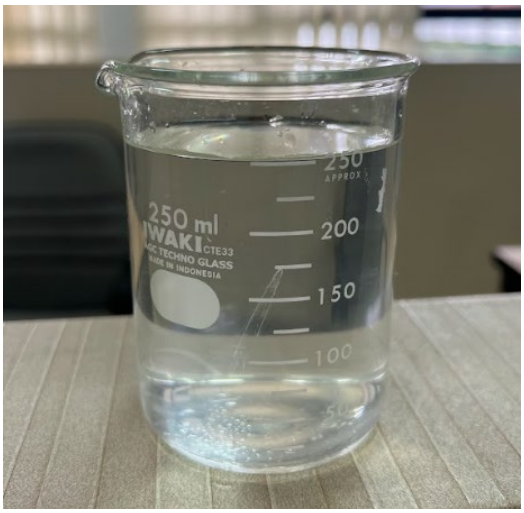
© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.1.2 Pengujian

Dilakukan beberapa pengujian untuk sistem penyimpanan sampel, yaitu:

- Pengujian volume gelas beaker
- Pengujian ketahanan gelas beaker terhadap perubahan pH (pH 1 dan pH 10)
- Pengujian *flowrate* pompa dan linearitas potensio

Pengujian volume dilakukan dengan menuangkan air sebanyak 250 mL yang sudah diukur dari gelas ukur ke dalam gelas beaker. Diperoleh hasil pengujian sebagai berikut, dapat dilihat bahwa gelas beaker dapat menampung air 250 mL bahkan lebih.



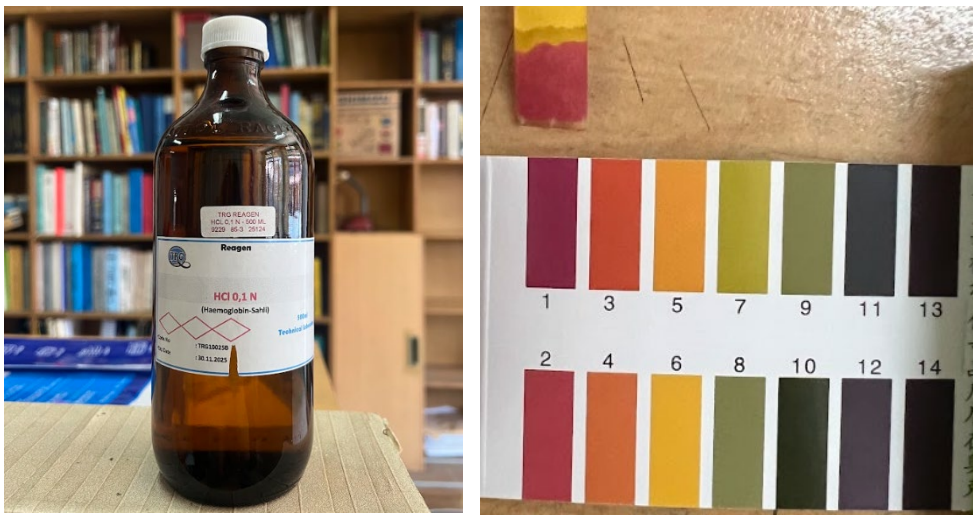
Gambar 2-1-3 Pengujian Volume Penyimpanan Sampel

Pengujian ketahanan gelas beaker dan selang pompa terhadap perubahan pH dilakukan dengan menggunakan larutan pH 1 dan pH 10. Untuk pH 1, digunakan larutan HCl 0,1 M dengan validasi *universal indicator paper* sebagai berikut.

$$pH = -\log\,[H^+]$$

$$pH = -\log(0{,}1)$$

$$pH = 1$$



Gambar 2-1-4 HCl 0,1 M dan *Universal Indicator Paper* pH 1

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

HCl 0,1 M dituang sebanyak 250 mL dan didiamkan selama 8 jam dalam gelas beaker kemudian melihat kondisi gelasnya. Diperoleh hasil sebagai berikut, di mana tampak gelas beaker dan selang tidak mengalami kerusakan.

Gambar 2-1-5 Pengujian Larutan pH 1

Untuk pH 10, digunakan *buffer* pH 10 dengan validasi *universal indicator paper* sebagai berikut.

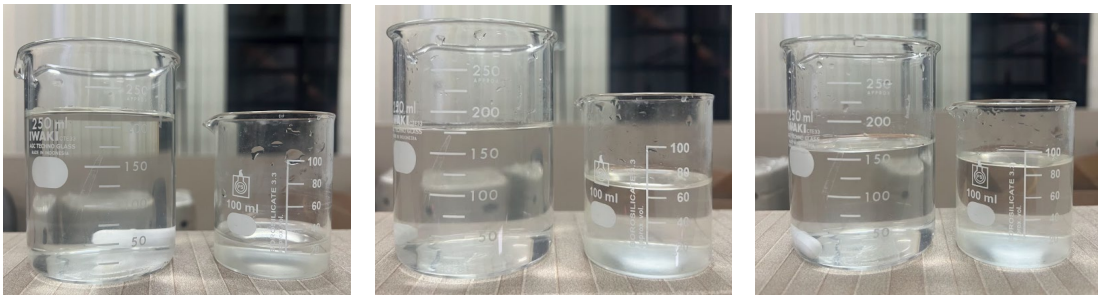
Gambar 2-1-6 Larutan *buffer* dan *Universal Indicator Paper* pH 10

Larutan *buffer* dituang sebanyak 250 mL dan didiamkan selama 8 jam dalam gelas beaker kemudian melihat kondisi gelasnya. Diperoleh hasil sebagai berikut, di mana tampak gelas beaker dan selang tidak mengalami kerusakan.

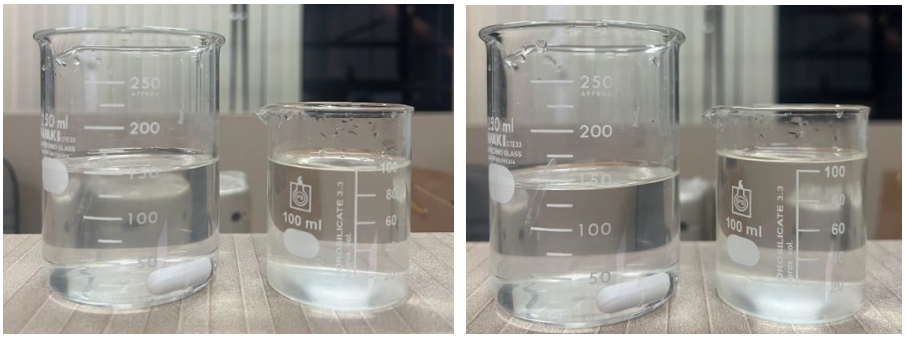
Gambar 2-1-7 Pengujian Larutan pH 10

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Pengujian *flowrate* dilakukan dengan memutar potensio yang berperan sebagai rangkaian dimmer sebesar 20% hingga 100%. Selang pompa diarahkan untuk memompa gelas beaker 250 mL menuju gelas beaker 100 mL selama 1 menit. Diperoleh hasil sebagai berikut.



Gambar 2-1-8 Pengujian Flowrate dengan PWM (Kiri: 20%, Tengah: 40%, Kanan: 60%)



Gambar 2-1-9 Pengujian Flowrate dengan PWM (Kiri: 80%, Kanan: 100%)

Dari kelima gambar di atas, dapat dilihat nilai *flowrate* pompa peristaltik dalam mL/menit melalui jumlah air yang berpindah dari gelas beaker 250 mL ke gelas beaker 100 mL. *Flowrate* untuk masing-masing nilai PWM disajikan dalam tabel dan grafik sebagai berikut.

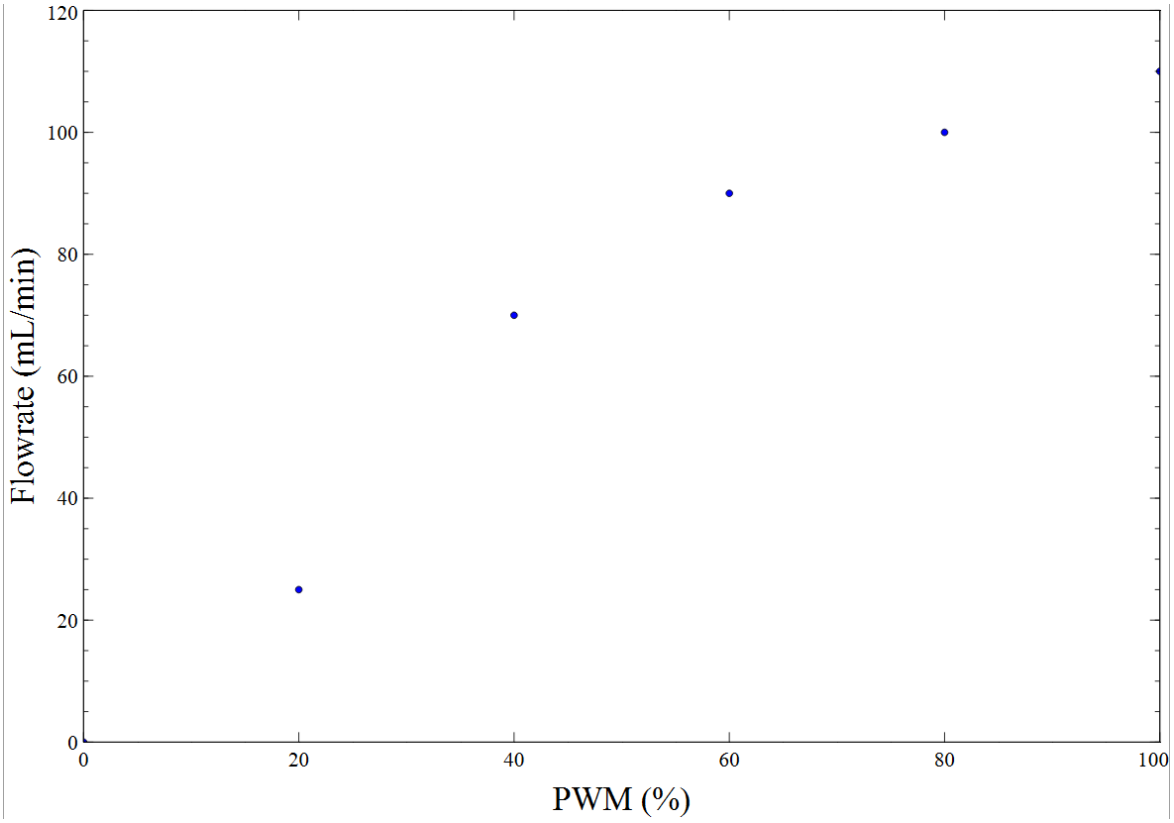
Tabel 2-1 Hasil Pengujian *Flowrate* Pompa Peristaltik

Putaran Potensio (%)	*Flowrate* (mL/menit)
0	0
20	25
40	70
60	90
80	100
100	110

Persamaan yang digunakan untuk menjalankan pompa peristaltik diturunkan dari rentang pompa bekerja, yaitu dari nilai 51 – 255. Sedangkan dari potensio, pembacaan berada pada rentang 0 – 1023. Oleh karena itu, agar pompa dapat langsung bekerja (*flowrate* minimum) saat potensio tepat diputar, pembacaan potensio dikonversikan sebagai berikut.

$$f = \frac{potensio}{5} + 51 \text{ (untuk bacaan potensio > 0)}$$

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.



Gambar 2-1-10 Grafik Linearitas Flowrate

Selanjutnya dilakukan analisis untuk linearitas *flowrate* pompa peristaltik terhadap putaran potensio. Dapat dilihat pada gambar di atas, *flowrate* pompa tidak benar-benar linear terhadap putaran potensio, terjadi peningkatan yang signifikan dari putaran 20% ke 40% kemudian peningkatan yang lebih rendah untuk putaran-putaran selanjutnya. Peningkatan yang besar dari putaran 20% ke 40% ini dapat terjadi dikarenakan pompa peristaltik yang *stalling*, akibatnya jumlah air yang dapat dipompa menjadi lebih sedikit.

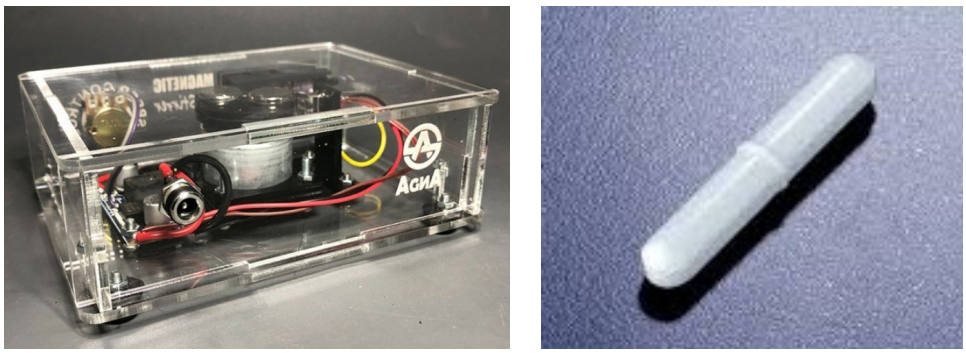
© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.2 Subsistem Reaktor Filter

2.2.1 Sistem Pengaduk

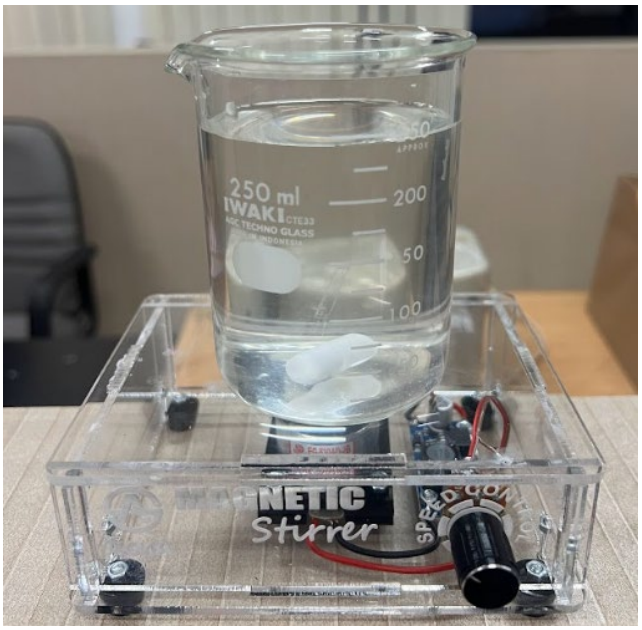
2.2.1.1 Implementasi

Sistem pengaduk bertujuan untuk mengaduk sampel limbah dalam reaktor hingga 2000 rpm untuk mempercepat reaksi. Sistem pengaduk diimplementasikan dengan magnetic stirrer DIY dan stirbar. Magnetic stirrer menerima input 12 V dengan motor yang ditempeli magnet di atasnya dan kecepatannya diatur oleh rangkaian dimmer. Saat motor berputar, magnet di atasnya juga ikut berputar sehingga stirbar yang bersifat magnetik akan ikut berputar dan mengaduk sampel dalam reaktor.



Gambar 2-2-1 Magnetic Stirrer dan Stirbar

Pada praktiknya, gelas beaker diletakkan tepat di atas. Untuk stirbar dicelupkan ke dalam sampel dan terikat dengan magnet motor pada posisi tengah agar proses pengadukan tidak terganggu.



Gambar 2-2-2 Implementasi Sistem Pengaduk

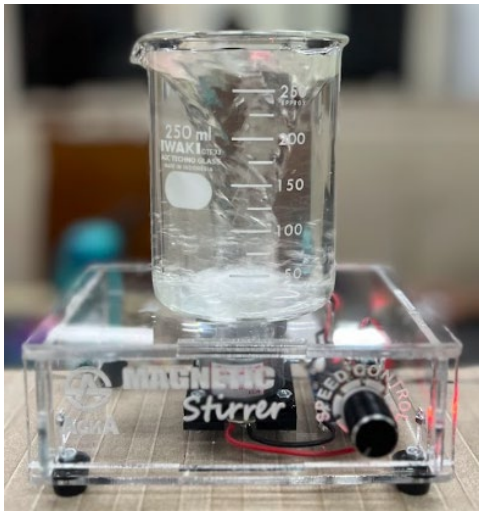
© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.2.1.2 Pengujian

Dilakukan beberapa pengujian untuk sistem pengaduk, yaitu:

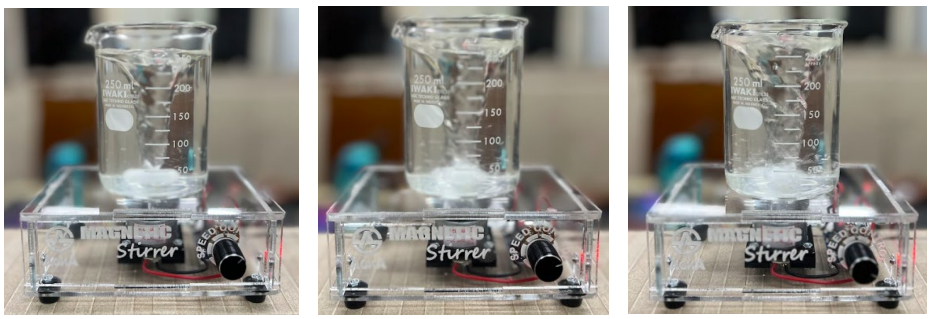
- Pengujian volume (tanpa tumpah) saat putaran maksimum
- Pengujian rpm *stirrer* dan linearitas potensio

Pengujian volume dilakukan dengan menuangkan air sebanyak 250 mL dari gelas ukur ke dalam gelas beaker lalu sistem pengaduk dijalankan dalam kondisi maksimum untuk melihat apakah ada air yang tumpah. Pada hasil yang diperoleh di bawah, dapat dilihat air sebanyak 250 mL dapat diaduk tanpa tumpah pada skala maksimum *stirrer.*

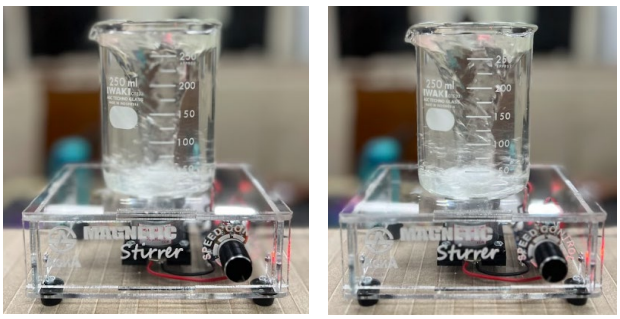


Gambar 2-2-3 Pengujian Volume saat Sistem Pengaduk 100%

Pengujian rpm *stirrer* dilakukan dengan memutar potensio pada *stirrer* sebesar 20% hingga 100%. Gelas beaker berisi air sebanyak 250 mL dan stirbar diletakkan tepat di tengah gelas beaker. Pengukuran dilakukan dengan tachometer.



Gambar 2-2-4 Pengujian Kecepatan Aduk (Kiri: 20%, Tengah: 40%, Kanan: 60%)



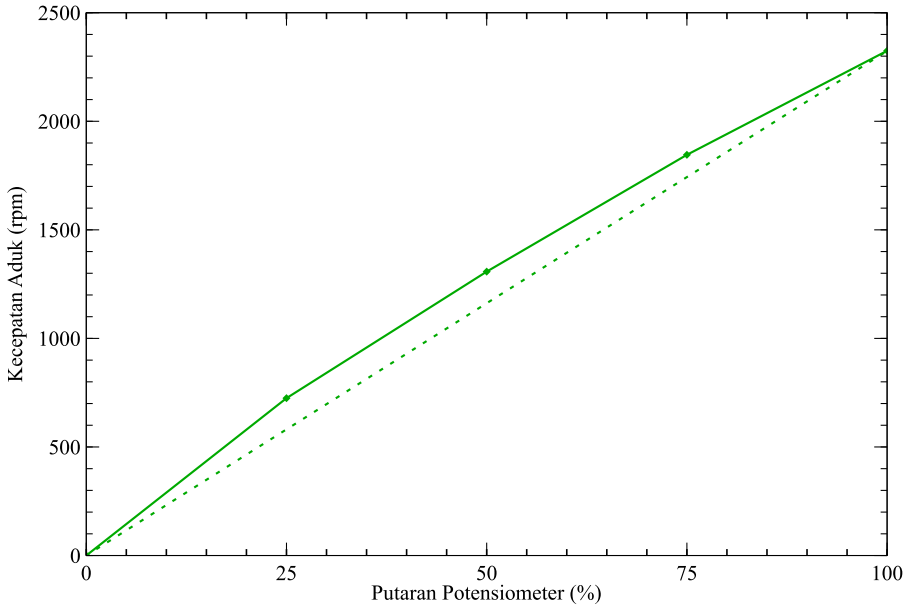
Gambar 2-2-5 Pengujian Kecepatan Aduk (Kiri: 80%, Kanan: 100%)

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Dari kelima gambar di atas, dapat dilihat nilai kecepatan aduk yang berbeda-beda dari ukuran pusaran airnya. Untuk pengujian yang lebih spesifik, digunakan tachometer digital DT-2234C+ untuk mengukur kecepatan motor pengaduk. Kecepatan aduk untuk masing-masing besaran potensio disajikan dalam tabel dan grafik sebagai berikut.

Tabel 2-2 Hasil Pengujian Kecepatan Aduk Stirrer

Putaran Potensiometer (%)	Kecepatan Aduk (rpm)
0	0
25	725
50	1308
75	1845
100	2325



Gambar 2-2-6 Grafik Linearitas Kecepatan Aduk

Selanjutnya dilakukan analisis untuk linearitas *flowrate* pompa peristaltik terhadap putaran potensio. Dapat dilihat pada gambar di atas, stirrer bersifat relatif linear.

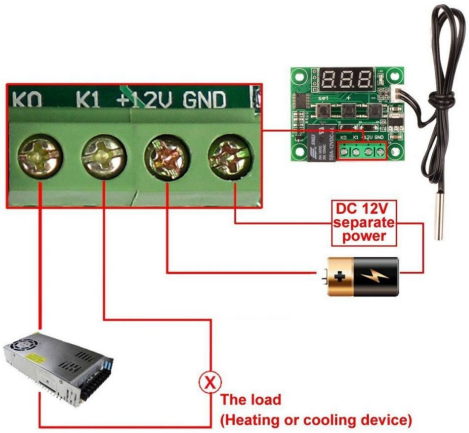
© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.2.2 Sistem Pemanas

2.2.2.1 Implementasi

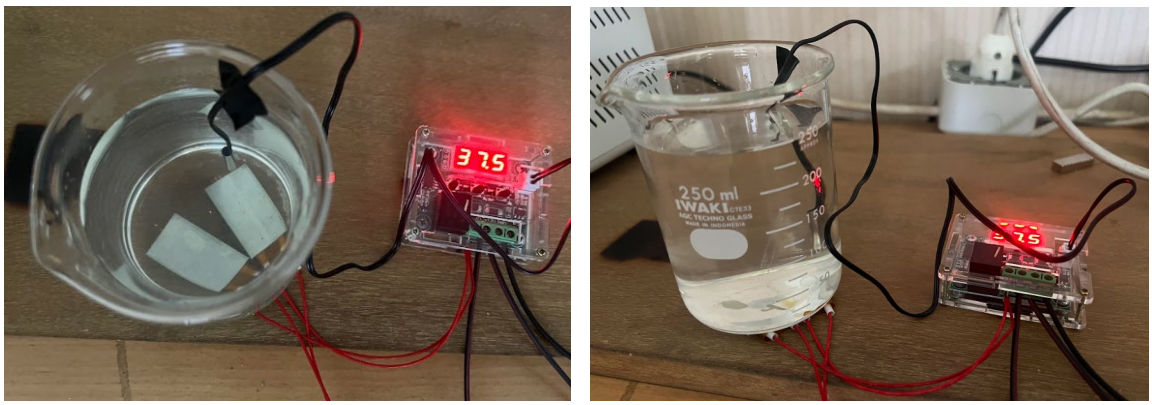
Gambar 2-2-7 PTC Heater dan W1209 Temperature Control Module

Sistem pemanas bertujuan untuk memanaskan sampel limbah dalam reaktor hingga temperatur 55°C untuk mempercepat reaksi. Sistem pemanas diimplementasikan menggunakan 2 buah PTC heater dan sebuah modul kendali temperatur W1209. PTC heater menerima input 12 V dan konsumsi daya maksimal 100 W. Modul W1209 menerima input 12 V dan terhubung dengan PTC heater sebagai relay.



Gambar 2-2-8 Skematik Sistem Pemanas

Pada praktiknya, kedua PTC heater diletakkan tepat di bawah gelas beaker. Untuk probe sensor temperatur dicelupkan ke dalam sampel.



Gambar 2-2-9 Implementasi Sistem Pemanas

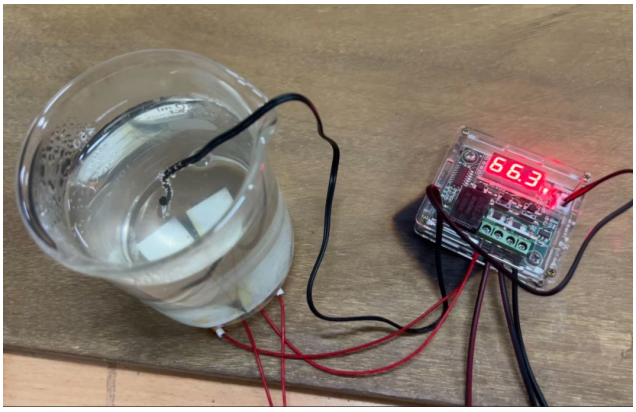
© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.2.2.2 Pengujian

Dilakukan beberapa pengujian untuk sistem pemanas, yaitu:

- Pengujian temperatur maksimum PTC *heater*
- Pengujian akurasi modul pengendalian temperatur W1209
- Pengujian waktu pemanasan untuk beberapa setpoint temperatur

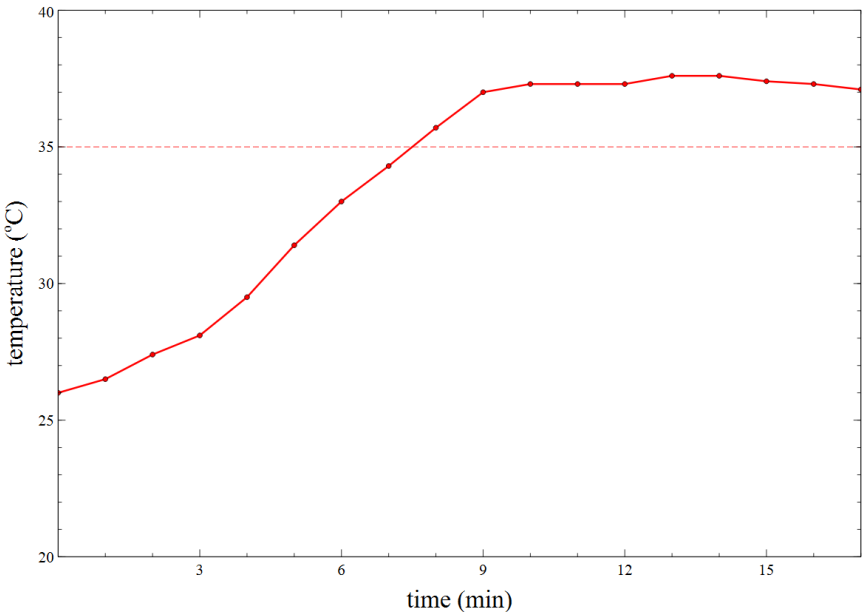
Ketiga pengujian dilakukan dengan sampel air keran sebanyak 250 mL.



Gambar 2-2-10 Temperatur Maksimum dari PTC Heater

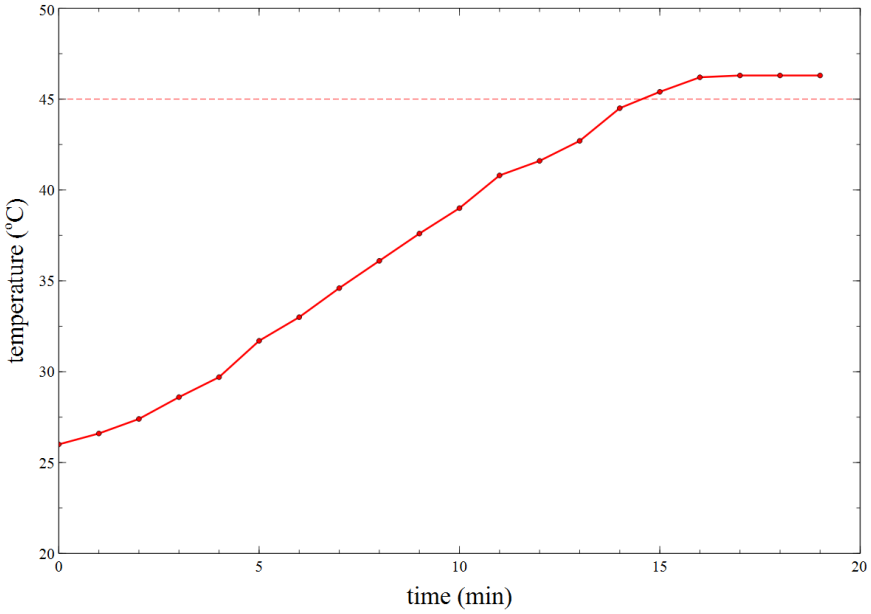
PTC *heater* dinyalakan memanaskan air sebanyak 250 mL (temperatur awal ~26° C) dan dibiarkan hingga pembacaan temperatur pada modul pengendali temperatur W1209 stagnan. Setelah diuji coba selama 45 menit, diperoleh temperatur maksimum dari penggunaan 2 PTC *heater* sebesar 66,3° C.

Selanjutnya pengujian akurasi dan waktu pemanasan. Pengujian ini dilakukan dengan mengatur nilai setpoint pada modul pengendali temperatur W1209 sebesar berturut-turut 35° C, 45° C, dan 55° C. Kemudian kedua PTC *heater* menyala dan memanaskan air sebanyak 250 mL dengan temperatur awal ~26° C. Pengujian selesai ketika nilai temperatur terbaca sudah stagnan.

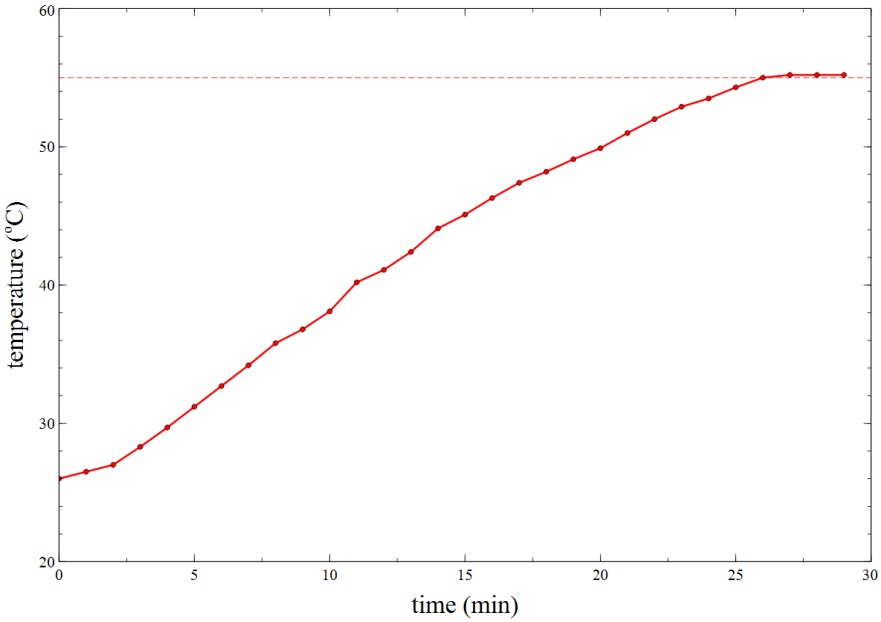


Gambar 2-2-11 Grafik Pemanasan Air dengan Kendali Temperatur (Setpoint 35° C)

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.



Gambar 2-2-12 Grafik Pemanasan Air dengan Kendali Temperatur (Setpoint 45° C)



Gambar 2-2-13 Grafik Pemanasan Air dengan Kendali Temperatur (Setpoint 55° C)

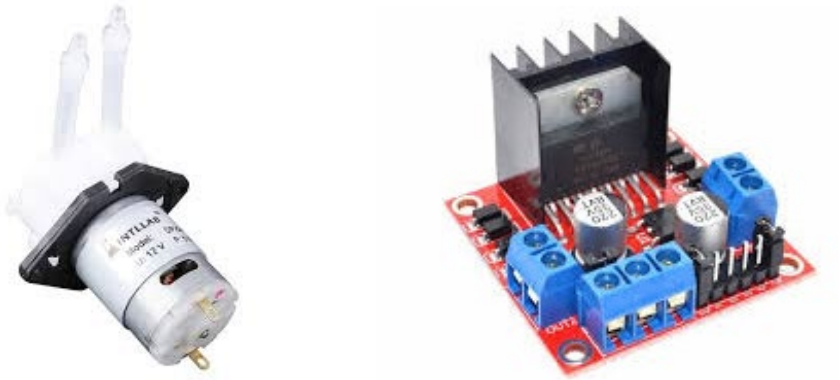
Pertama, dilakukan analisis untuk akurasi modul kendali temperatur W1209. Untuk setpoint 35° C, nilai temperatur *steady-state* yang diperoleh sebesar 37,3° C. Untuk setpoint 45° C, nilai temperatur *steady-state* yang diperoleh sebesar 46,3° C. Untuk setpoint 55° C, nilai temperatur *steady-state* yang diperoleh sebesar 55,2° C. Diperoleh akurasi modul kendali temperatur ±2,3° C.

Selanjutnya dilakukan analisis untuk waktu pemanasan PTC *heater*. Untuk setpoint 35° C, waktu pemanasan yang diperlukan selama ±8 menit. Untuk setpoint 45° C, waktu pemanasan yang diperlukan selama ±15 menit. Untuk setpoint 55° C, waktu pemanasan yang diperlukan selama ±26 menit. Semakin besar nilai temperatur yang diatur, semakin lama pula waktu pemanasan. Dari ketiga grafik dapat dilihat pula proses pemanasan relatif linear, ±1 – 1,5° C/menit.

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.2.3 Sistem Pompa

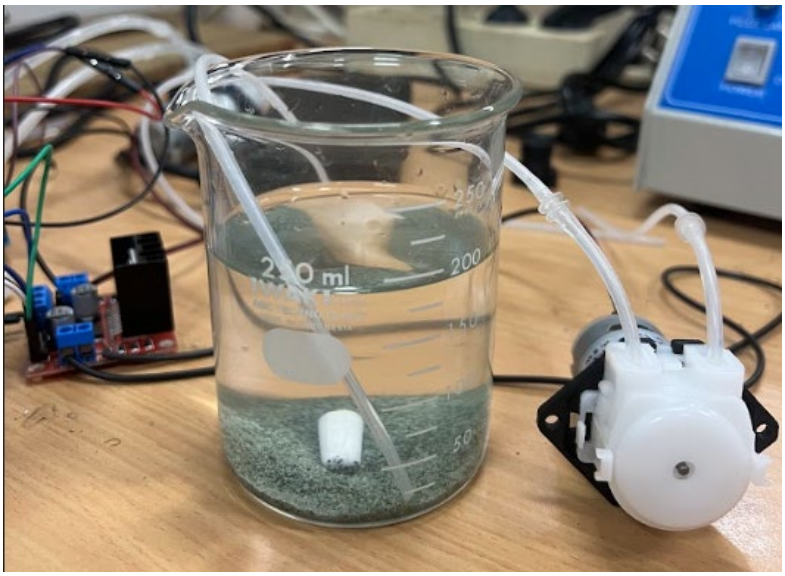
2.2.3.1 Implementasi



Gambar 2-2-14 Pompa Peristaltik dan Motor Driver L298N

Sistem pompa bertujuan untuk memompa sampel hasil filtrasi dalam reaktor ke kuvet. Sistem pompa diimplementasikan dengan pompa peristaltik dan *driver* L298N. Pompa peristaltik menerima tegangan dari rentang 0 – 12 V dengan PWM berdasarkan input pengguna dari putaran potensio di rangkaian dimmer.

Pada praktiknya, salah satu selang pompa peristaltik dicelupkan ke dalam reaktor filter dengan selang lainnya ke tengah kuvet di sistem pengukuran. Di bagian pengukuran, selang dibuat inlet dan outlet sehingga proses pergantian sampel dilakukan dengan langsung memompa sampel baru.



Gambar 2-2-15 Implementasi Sistem Pompa

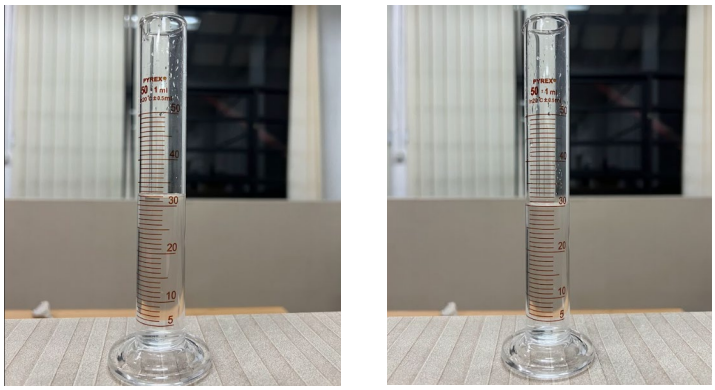
Sistem pompa akan mulai bekerja setelah proses filtrasi sampel air limbah dalam reaktor selesai. Saat pengguna memberi perintah untuk memulai pompa, *driver* L298N akan mengirimkan tegangan ke pompa berdasarkan masukan pengguna. Pengguna dapat mengatur kecepatan pompa melalui putaran potensio.

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.2.3.2 Pengujian

Pada subsistem ini dilakukan pengujian *flowrate* pompa dan potensio. Pengujian dilakukan dengan memutar potensio yang berperan sebagai rangkaian dimmer sebesar 20% hingga 100%. Selang pompa peristaltik memompa air sebanyak 50 mL dari gelas ukur selama 1 menit. Diperoleh hasil sebagai berikut.

Gambar 2-2-16 Pengujian Flowrate dengan PWM (Kiri: 20%, Tengah: 40%, Kanan: 60%)



Gambar 2-2-17 Pengujian Flowrate dengan PWM (Kiri: 80%, Kanan: 100%)

Dari kelima gambar di atas, dapat dilihat nilai *flowrate* pompa peristaltik dalam mL/menit melalui jumlah air yang berkurang dari gelas ukur. *Flowrate* untuk masing-masing nilai PWM disajikan dalam tabel dan grafik sebagai berikut.

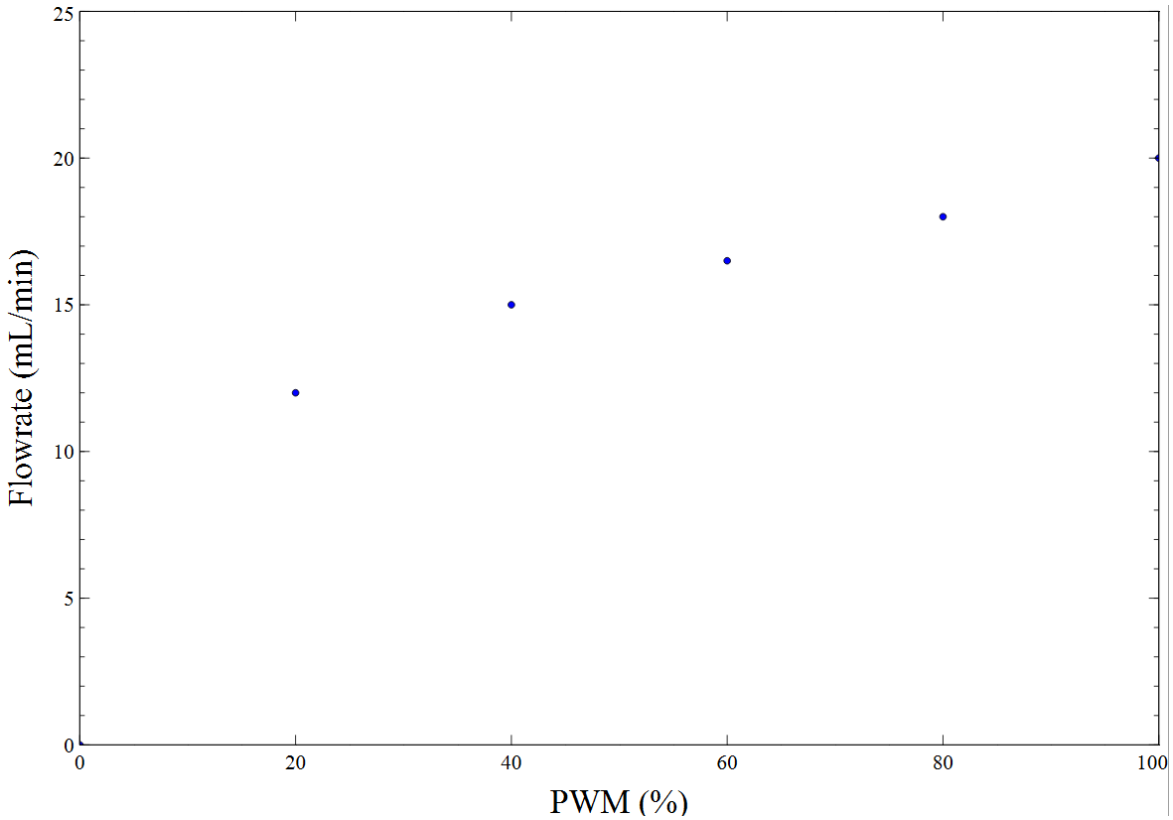
Tabel 2-3 Hasil Pengujian *Flowrate* Pompa Peristaltik

Putaran Potensio (%)	*Flowrate* (mL/menit)
0	0
20	12
40	15
60	16.5
80	18
100	20

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Sama halnya dengan pompa pada subsistem penyimpanan sampel, persamaan yang digunakan untuk menjalankan pompa peristaltik diturunkan dari rentang pompa bekerja, yaitu dari nilai 75 – 255. Sedangkan dari potensio, pembacaan berada pada rentang 0 – 1023. Oleh karena itu, agar pompa dapat langsung bekerja (*flowrate* minimum) saat potensio tepat diputar, pembacaan potensio dikonversikan sebagai berikut.

$$f = \frac{potensio}{5{,}688} + 75 \text{ (untuk bacaan potensio > 0)}$$

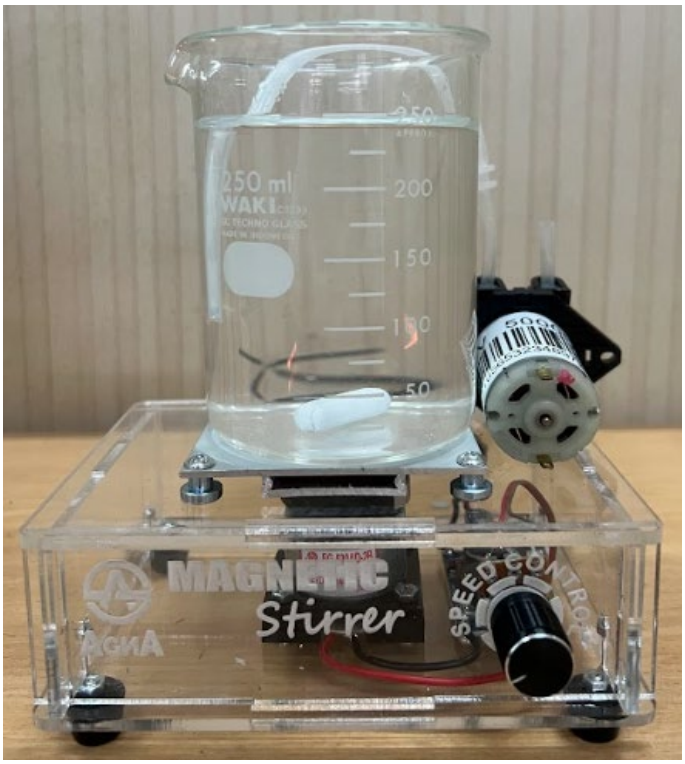


Gambar 2-2-18 Grafik Flowrate

Selanjutnya dilakukan analisis untuk *flowrate* pompa peristaltik terhadap putaran potensio. Dapat dilihat pada gambar di atas, *flowrate* pompa tidak benar-benar linear terhadap putaran potensio, terjadi peningkatan yang signifikan dari putaran 0% ke 20% kemudian peningkatan yang lebih rendah untuk putaran-putaran selanjutnya. Peningkatan yang besar dari putaran 0% ke 20% ini dapat terjadi dikarenakan pompa peristaltik yang *stalling*, akibatnya jumlah air yang dapat dipompa menjadi jauh lebih sedikit.

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.2.4 Integrasi



Gambar 2-2-19 Integrasi Reaktor Filter (*Front View*)

Gambar 2-2-20 Integrasi Reaktor Filter (*Top View*)

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

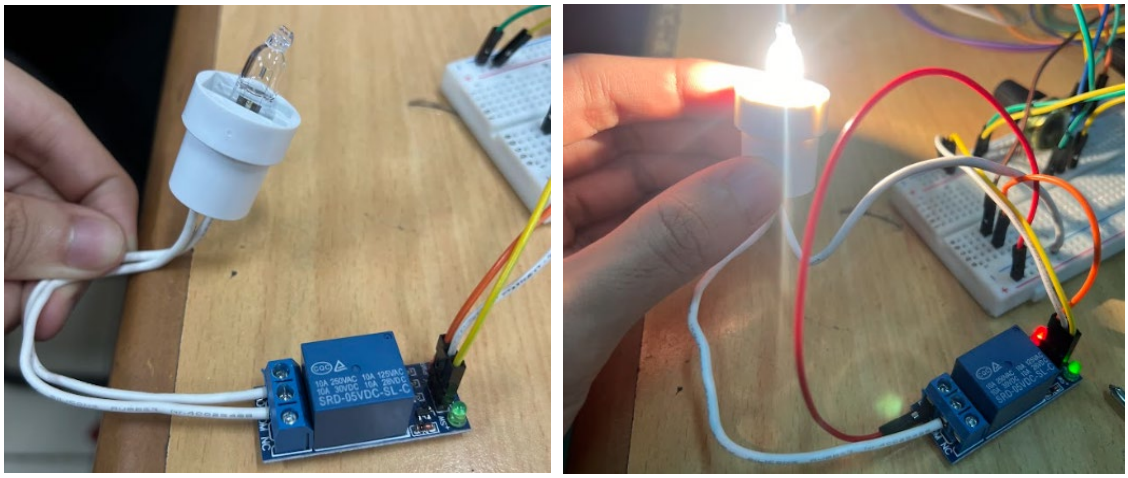
2.3 Subsistem Pengukuran

2.3.1 Sumber Cahaya

2.3.1.1 Implementasi

Gambar 2-3-1 Lampu Halogen dan Relay

Sumber cahaya menghasilkan cahaya polikromatik yang akan ditembak melalui sampel cairan limbah dalam kuvet kemudian dilakukan pengukuran terhadap intensitas cahaya yang dapat melewati sampel. Sumber cahaya diimplementasikan menggunakan lampu halogen dan relay sebagai *switch*. Jenis lampu halogen yang digunakan ber-merk OSRAM dengan nilai tegangan input sebesar 12 V dan konsumsi daya 10 W.



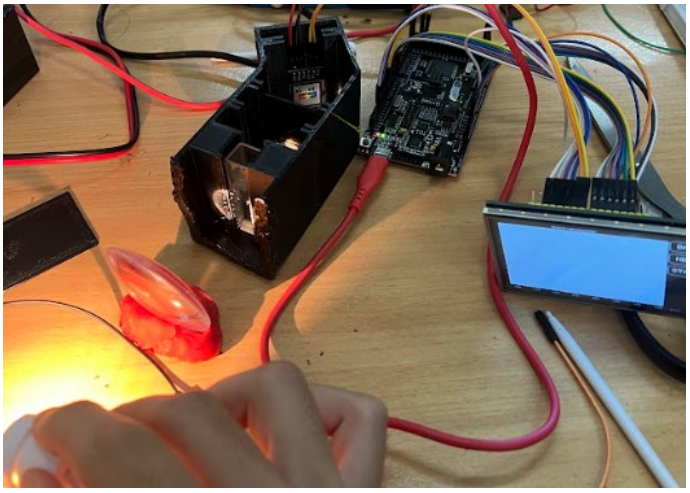
Gambar 2-3-2 Implementasi Sumber Cahaya

Sumber cahaya akan mulai bekerja setelah sampel hasil filtrasi sudah dipompa ke dalam kuvet dan pengguna memberi perintah untuk memulai pengukuran dari *user interface*. Saat pengukuran dimulai, subsistem kendali dan pengolahan data mengirimkan sinyal kendali ke relay sehingga tegangan diteruskan ke lampu halogen dan memancarkan cahaya polikromatik.

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

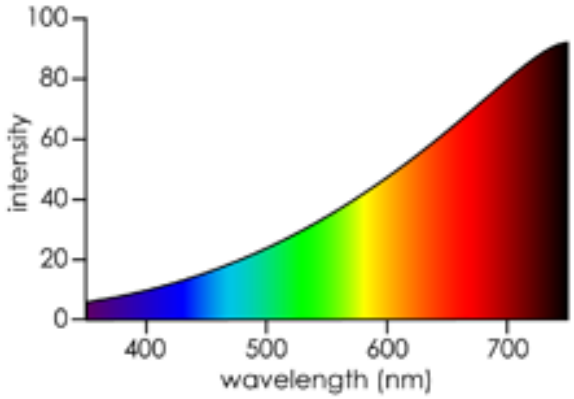
2.3.1.2 Pengujian

Pengujian terhadap sumber cahaya dilakukan dengan melihat intensitas cahaya dan rentang spektrum dari lampu halogen.

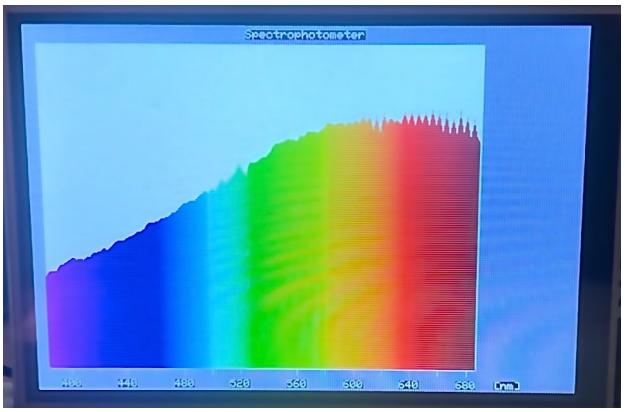


Gambar 2-3-3 Pengujian Spektrum Lampu Halogen OSRAM

Diperoleh intensitas cahaya lampu halogen OSRAM dalam spektrum cahaya tampak sebagai berikut.



Gambar 2-3-4 Referensi Rentang Spektrum Lampu Halogen



Gambar 2-3-5 Rentang Spektrum Lampu Halogen OSRAM

Intensitas cahaya yang diperoleh akan dinormalisasi agar pembacaan nilai absorbansi lebih akurat untuk semua spektrum cahaya.

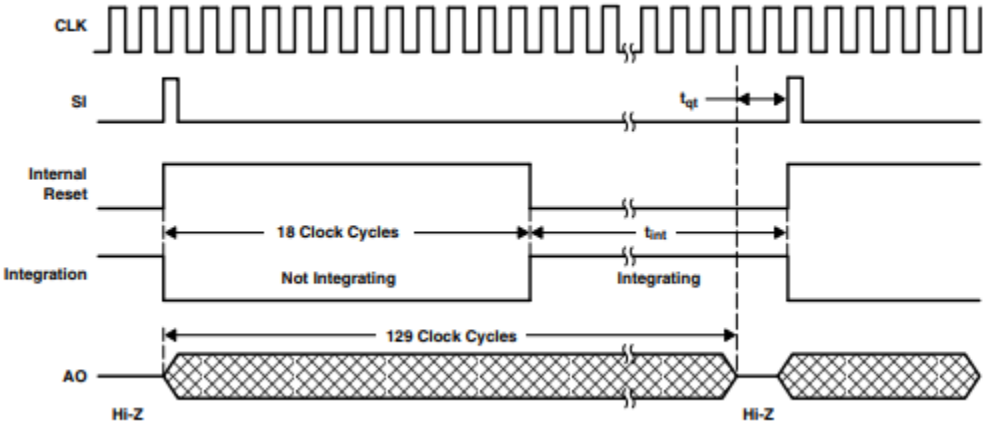
© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.3.2 Sensor Cahaya

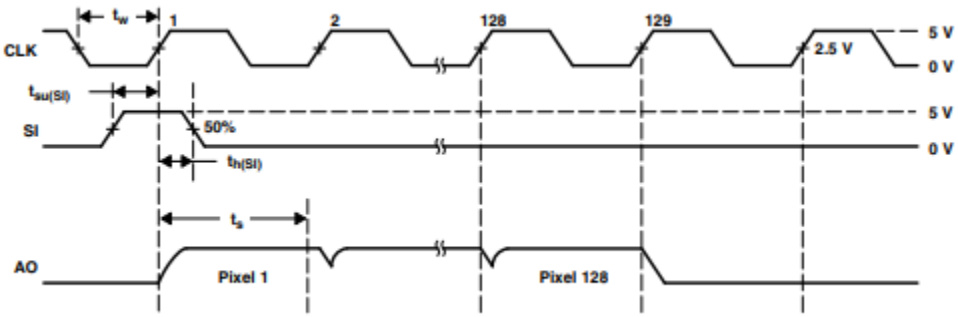
2.3.2.1 Implementasi

Gambar 2-3-6 TSL1401CL

Sensor cahaya menerima cahaya monokromatik hasil difraksi kisi dari cahaya lampu halogen yang melalui kuvet. Sensor cahaya diimplementasikan dengan sensor *linear array* TSL1401CL. Sensor ini membaca intensitas cahaya pada 128 pixel fotodioda. Sensor menerima input 5 V dari mikrokontroler dan memberikan sinyal SI dan CLK untuk kebutuhan *timing* dalam membaca data serta sinyal A0 sebagai data intensitas cahaya.



Gambar 2-3-7 Timing Waveform Sensor



Gambar 2-3-8 Operational Waveform Sensor

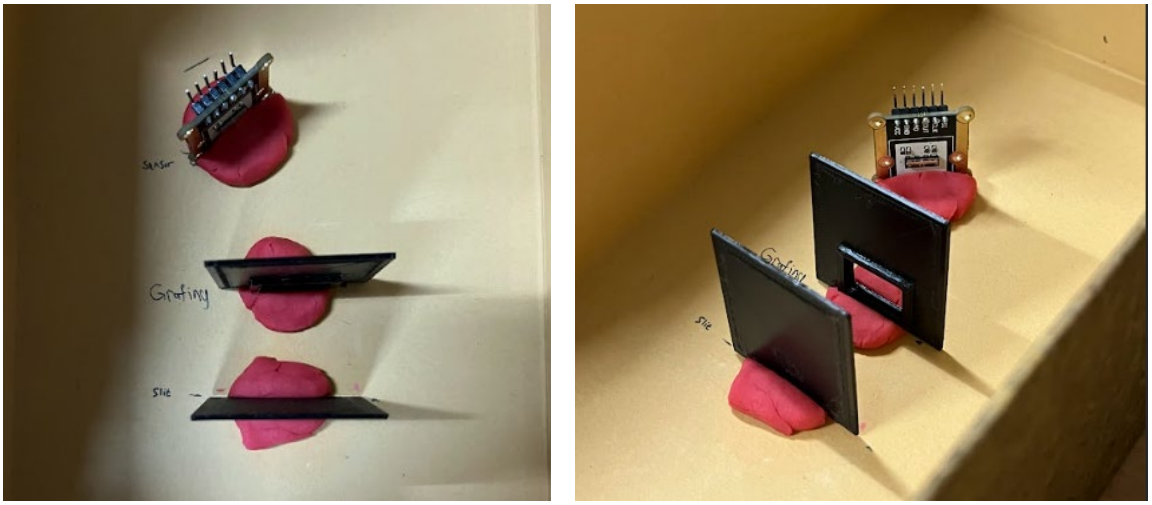
© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Untuk membaca data dari sensor, dilakukan penyesuaian *timing waveform* dan *operational waveform* di atas pada kode berikut.

```
Void getCamera(){
  digitalWrite(clk, LOW);
  digitalWrite(si, HIGH);
  digitalWrite(clk, HIGH);
  digitalWrite(si, LOW);

  int utime = micros();

  digitalWrite(clk, LOW);

  for (int j = 0; j < 128; j++){
    digitalWrite(clk, HIGH);
    digitalWrite(clk, LOW);
  }

  delayMicroseconds(exposure);

  digitalWrite(si, HIGH);
  digitalWrite(clk, HIGH);
  digitalWrite(si, LOW);

  utime = micros() - utime;

  digitalWrite(clk, LOW);

  for (int j = 0; j < 128; j++){
    delayMicroseconds(20);

    pixels[j] = analogRead(pixel_value)/4;

    digitalWrite(clk, HIGH);
    digitalWrite(clk, LOW);

    Serial.print("pixel-");
    Serial.print(j);
    Serial.print(": ");
    Serial.print(pixels[j]);
    Serial.println();
  }

  digitalWrite(clk, HIGH);
  digitalWrite(clk, LOW);

  delayMicroseconds(20);
}
```

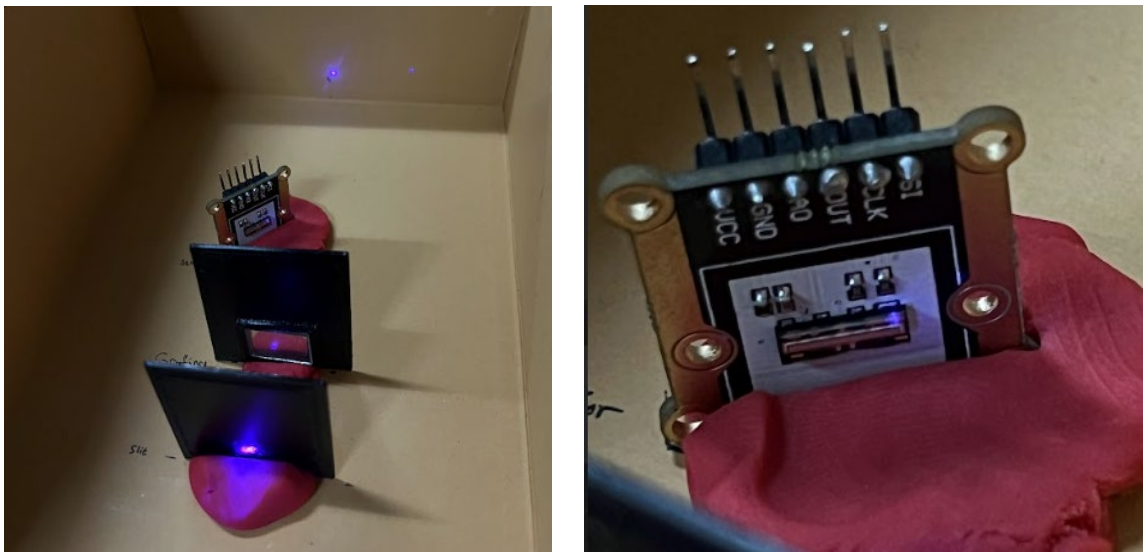

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Setelah pembacaan data intensitas dari sensor berhasil diimplementasikan, diperlukan pula konfigurasi secara fisik berkaitan dengan sudut dan jarak sensor dengan kisi difraksi. Diperlukan konfigurasi sudut dan jarak yang membuat warna merah berada pada salah satu ujung daerah aktif sensor dan warna ungu berada pada ujung daerah aktif lainnya. Diperoleh konfigurasi sudur dan jarak sebagai berikut.



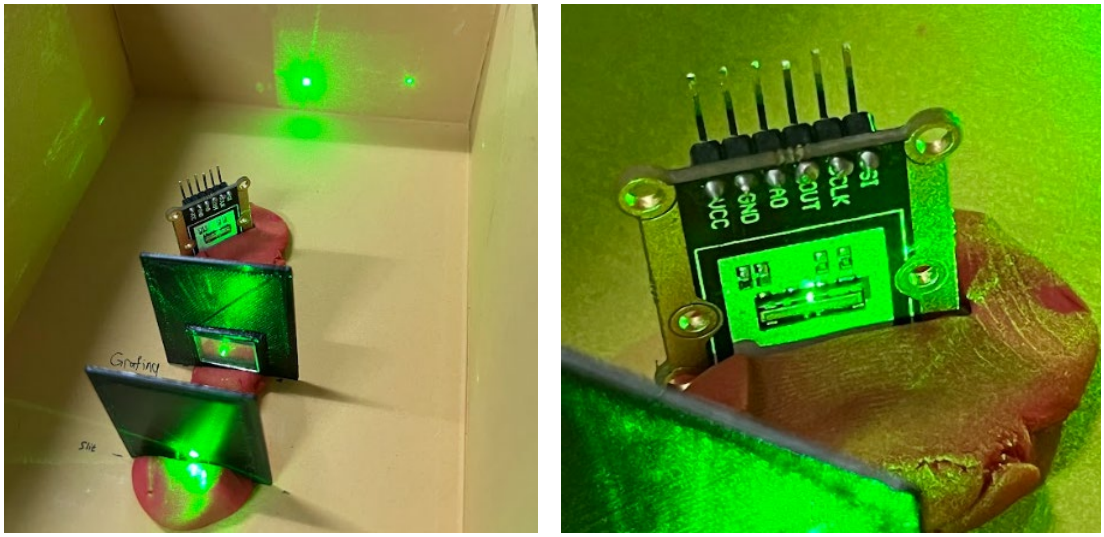
Gambar 2-3-9 Konfigurasi Fisik Sensor Pengukuran

Diperoleh jarak sensor ke kisi difraksi adalah 3,2 cm, sudut sensor terhadap kisi adalah 40º, dan *offset* sensor sebesar 2,7 cm ke kiri dari titik tengah kisi difraksi. Dengan nilai-nilai tersebut, diuji coba dengan laser dan diperoleh hasil sebagai berikut.

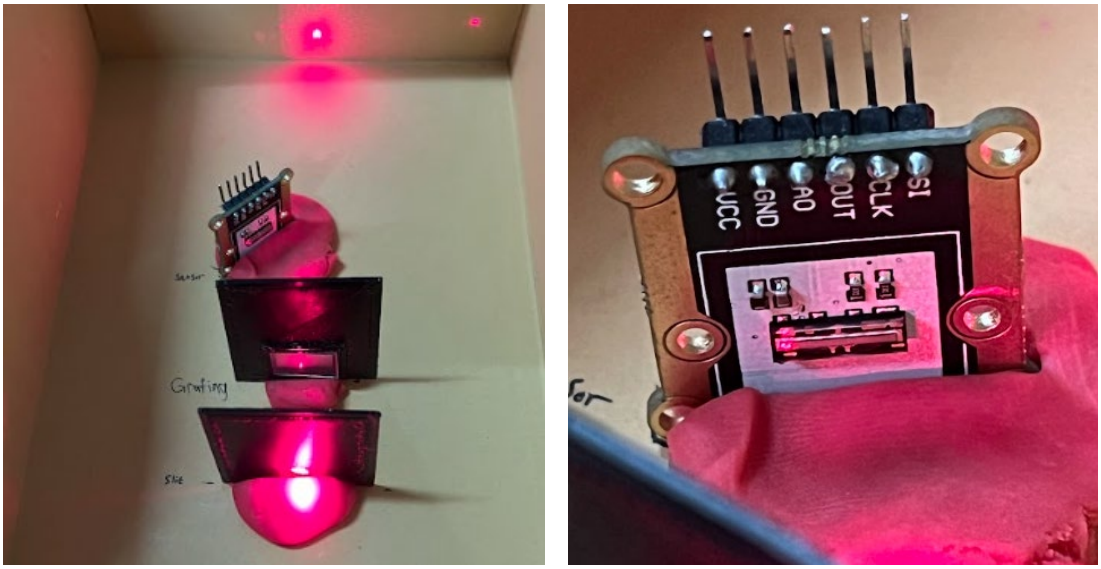


Gambar 2-3-10 Sinyal Laser Biru (~405 nm)

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.



Gambar 2-3-11 Sinyal Laser Hijau (~532 nm)



Gambar 2-3-12 Sinyal Laser Merah (~680 nm)

Dengan menggunakan nilai-nilai jarak, sudut, dan *offset* yang diperoleh sebelumnya, konfigurasi sensor cahaya secara fisik sudah cukup baik. Hal ini dapat dilihat dari laser berwarna ungu berada pada ujung kanan daerah aktif sensor, laser berwarna merah berada pada ujung kiri daerah aktif sensor, dan laser berwarna hijau berada pada tengah daerah aktif sensor. Dengan konfigurasi demikian, cahaya polikromatik dapat dilihat rentang spektrumnnya.

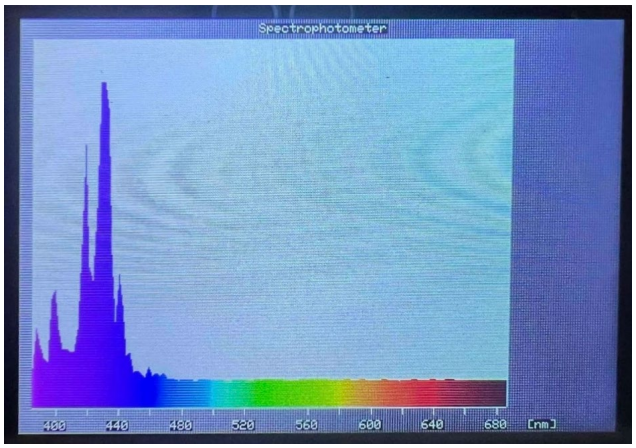
© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.3.2.2 Pengujian

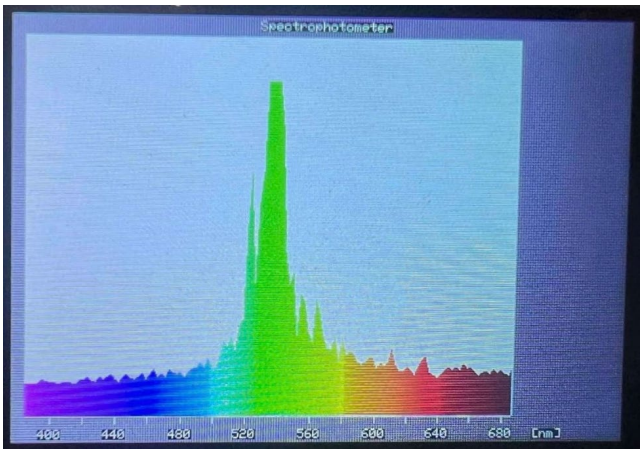
Dilakukan beberapa pengujian untuk sistem pengukuran, yaitu:

- Pengujian dengan laser biru, hijau, dan merah untuk sampel *blank*
- Pengujian dengan lampu halogen dan lampu *flash* dari HP

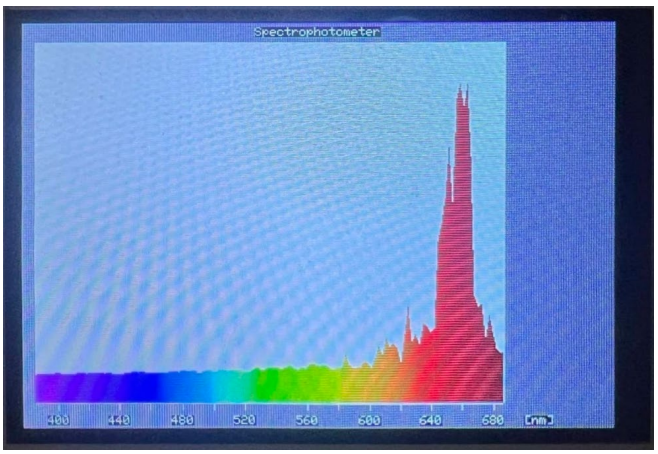
Pertama untuk pengujian spektrum dengan laser diperoleh hasil sebagai berikut, diperoleh intensitas cahaya pada panjang gelombang yang sesuai untuk ketiga laser.



Gambar 2-3-13 Rentang Spektrum Laser Biru (~405 nm)



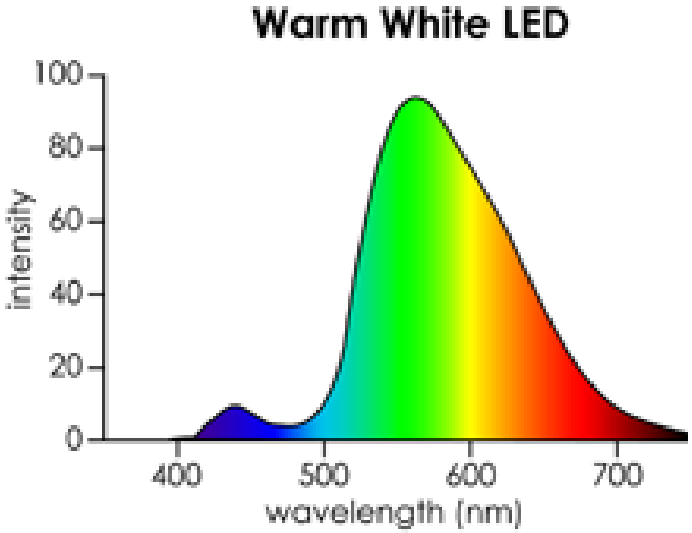
Gambar 2-3-14 Rentang Spektrum Laser Hijau (~532 nm)



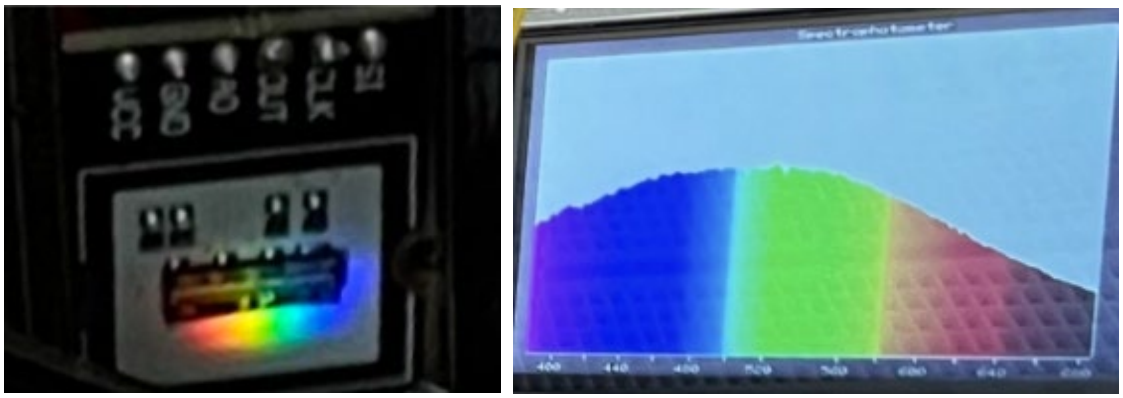
Gambar 2-3-15 Rentang Spektrum Laser Merah (~650 nm)

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

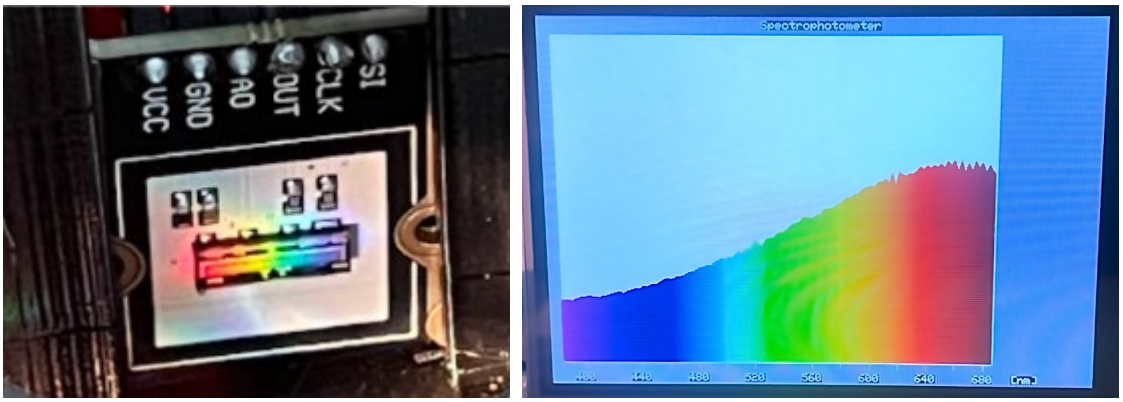
Selanjutnya dilakukan pengujian spektrum dengan sumber cahaya lampu halogen dan *flash* HP untuk sampel *blank.* Diperoleh hasil sebagai berikut, spektrum lampu halogen yang rendah di biru, tinggi di warna merah dan spektrum *flash* HP yang tinggi di warna hijau.



Gambar 2-3-16 Referensi Rentang Spektrum *Flash* HP



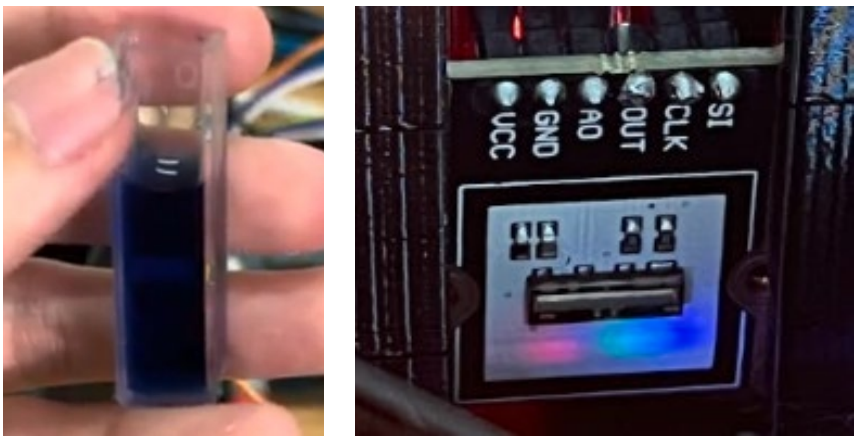
Gambar 2-3-17 Rentang Spektrum *Flash* HP



Gambar 2-3-18 Rentang Spektrum Lampu Halogen OSRAM

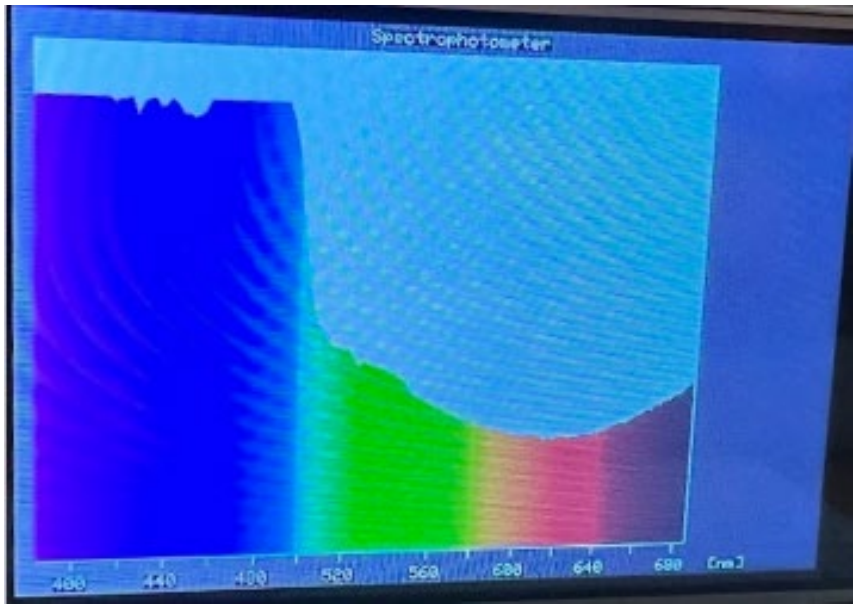
© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Berikutnya adalah pengujian untuk sampel Indigo Carmine (ungu) yang cukup pekat seperti tampak pada gambar. Diperoleh transmitansi pada sensor berbeda dengan sampel blank sebelumnya (semua spektrum warna masih lengkap). Tampak spektrum di antara hijau dan merah (~jingga) meredup bahkan sampai tidak terlihat lagi.



Gambar 2-3-19 Sampel Indigo Carmine (Ungu) dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen

Dari transmitansi yang diperoleh tersebut, intensitas cahayanya diplot dalam grafik yang diperoleh sebagai berikut.

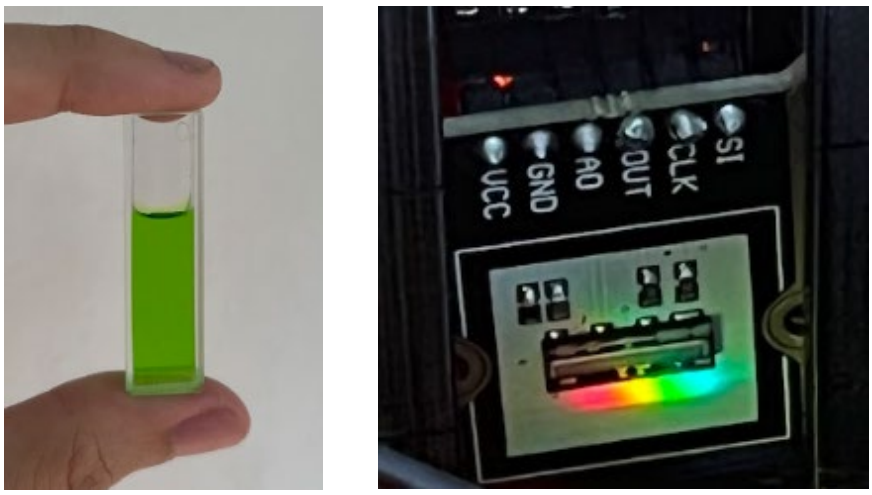


Gambar 2-3-20 Transmitansi Indigo Carmine (Ungu) dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen

Pada grafik yang diperoleh, tampak transmitansi sampel Indigo Carmine tinggi pada spektrum ungu hingga ungu – biru, meredup pada hijau dan merah, dan paling rendah pada warna jingga.

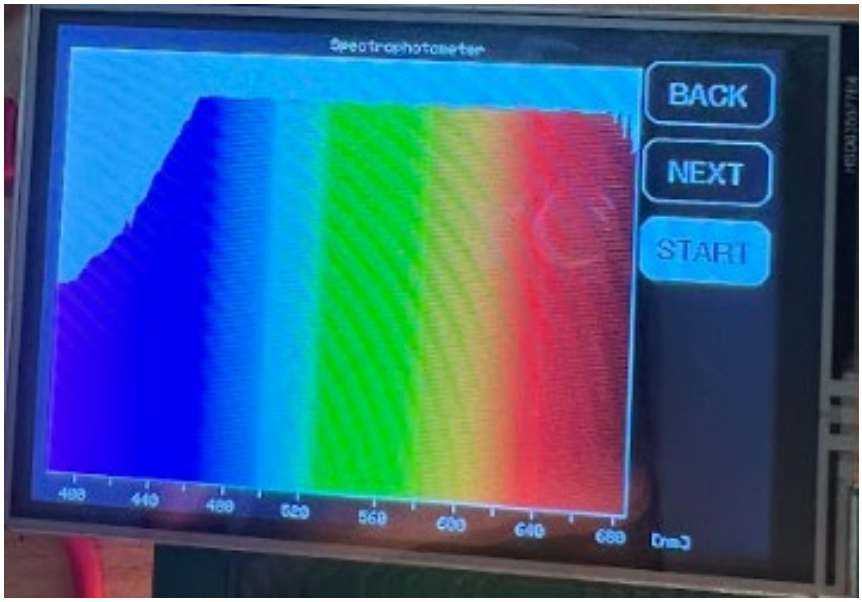
© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Pengujian untuk sampel warna hijau seperti tampak pada gambar. Diperoleh transmitansi pada sensor berbeda dengan sampel blank sebelumnya (semua spektrum warna masih lengkap). Tampak spektrum berwarna ungu hingga ungu – biru meredup bahkan sampai tidak terlihat lagi.



Gambar 2-3-21 Sampel Hijau dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen

Dari transmitansi yang diperoleh tersebut, intensitas cahayanya diplot dalam grafik yang diperoleh sebagai berikut.

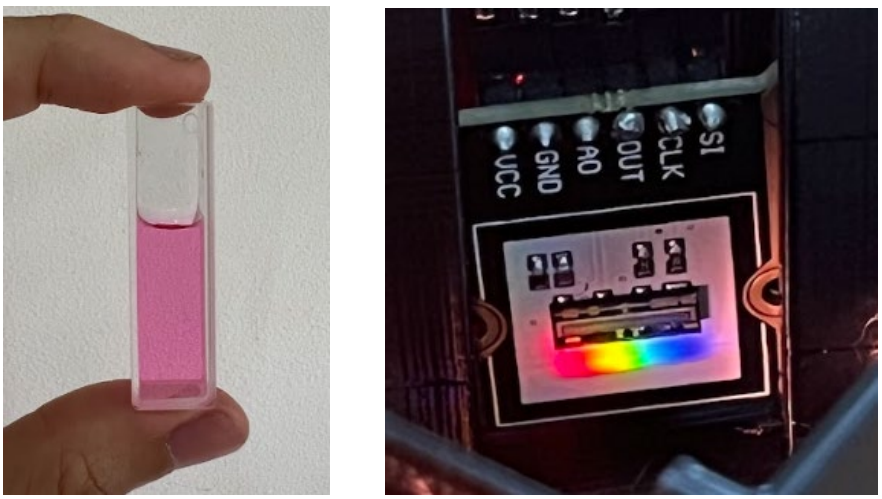


Gambar 2-3-22 Transmitansi Sampel Hijau dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen

Pada grafik yang diperoleh, tampak transmitansi sampel hijau tinggi pada spektrum biru hingga merah, meredup pada rentang ungu – biru, dan paling rendah pada warna ungu.

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Pengujian untuk sampel warna merah muda seperti tampak pada gambar. Diperoleh transmitansi pada sensor berbeda dengan sampel blank sebelumnya (semua spektrum warna masih lengkap). Tampak spektrum berwarna ungu – biru hingga hijau – jingga meredup bahkan sampai tidak terlihat lagi.



Gambar 2-3-23 Sampel Merah Muda dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen

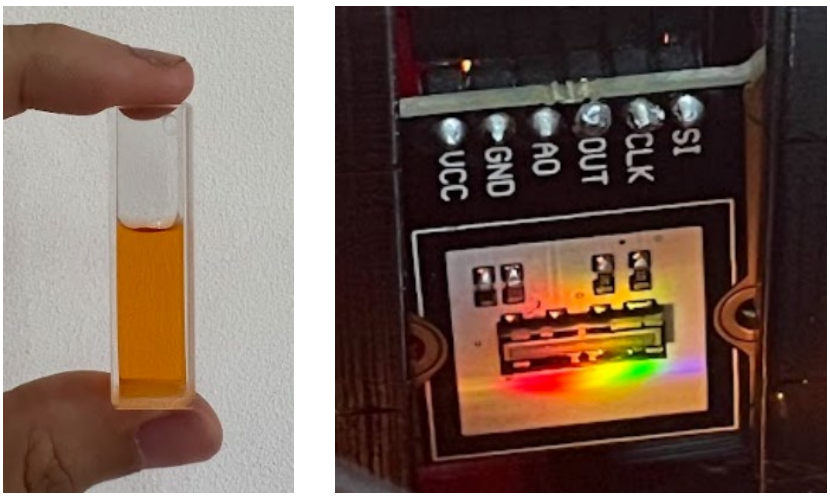
Dari transmitansi yang diperoleh tersebut, intensitas cahayanya diplot dalam grafik yang diperoleh sebagai berikut.

Gambar 2-3-24 Transmitansi Sampel Merah Muda dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen

Pada grafik yang diperoleh, tampak transmitansi sampel merah muda tinggi pada spektrum ungu dan jingga – merah, meredup pada rentang ungu – biru dan hijau – jingga, dan paling rendah pada warna biru – hijau.

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Pengujian untuk sampel warna jingga seperti tampak pada gambar. Diperoleh transmitansi pada sensor berbeda dengan sampel blank sebelumnya (semua spektrum warna masih lengkap). Tampak spektrum berwarna ungu hingga biru – hijau meredup bahkan sampai tidak terlihat lagi.



Gambar 2-3-25 Sampel Jingga dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen

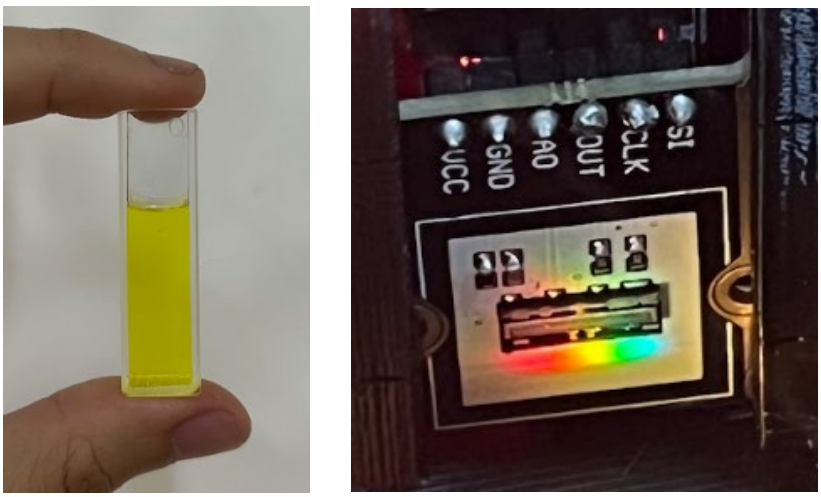
Dari transmitansi yang diperoleh tersebut, intensitas cahayanya diplot dalam grafik yang diperoleh sebagai berikut.

Gambar 2-3-26 Transmitansi Sampel Jingga dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen

Pada grafik yang diperoleh, tampak transmitansi sampel jingga tinggi pada spektrum hijau – jingga hingga merah, meredup pada rentang biru hingga biru – hijau, dan paling rendah pada warna ungu.

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Pengujian untuk sampel warna kuning seperti tampak pada gambar. Diperoleh transmitansi pada sensor berbeda dengan sampel blank sebelumnya (semua spektrum warna masih lengkap). Tampak spektrum berwarna ungu hingga biru – hijau meredup bahkan sampai tidak terlihat lagi.



Gambar 2-3-27 Sampel Kuning dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen

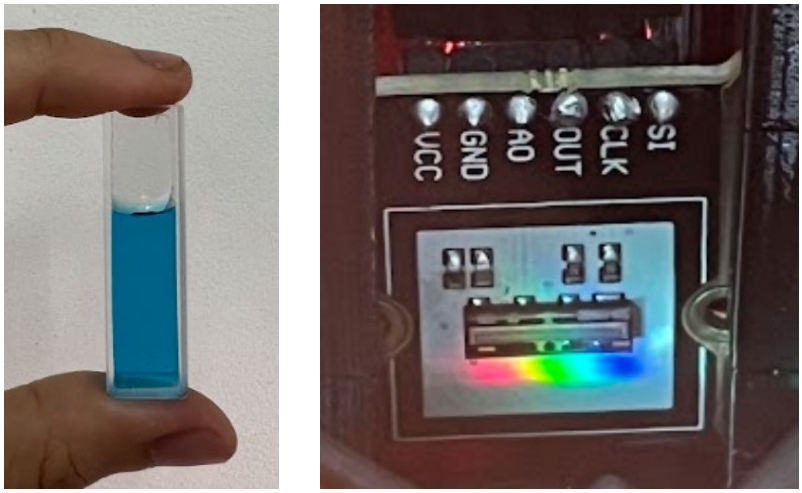
Dari transmitansi yang diperoleh tersebut, intensitas cahayanya diplot dalam grafik yang diperoleh sebagai berikut.

Gambar 2-3-28 Transmitansi Sampel Kuning dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen

Pada grafik yang diperoleh, tampak transmitansi sampel kuning tinggi pada spektrum hijau hingga merah, meredup pada rentang biru - hijau, dan paling rendah pada warna ungu.

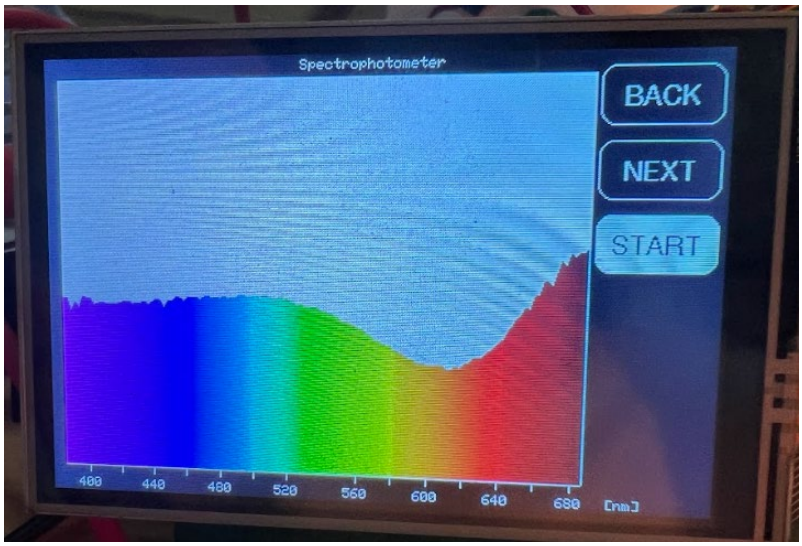
© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Pengujian untuk sampel warna biru seperti tampak pada gambar. Diperoleh transmitansi pada sensor berbeda dengan sampel blank sebelumnya (semua spektrum warna masih lengkap). Tampak spektrum berwarna jingga meredup bahkan sampai tidak terlihat lagi.



Gambar 2-3-29 Sampel Biru dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen

Dari transmitansi yang diperoleh tersebut, intensitas cahayanya diplot dalam grafik yang diperoleh sebagai berikut.

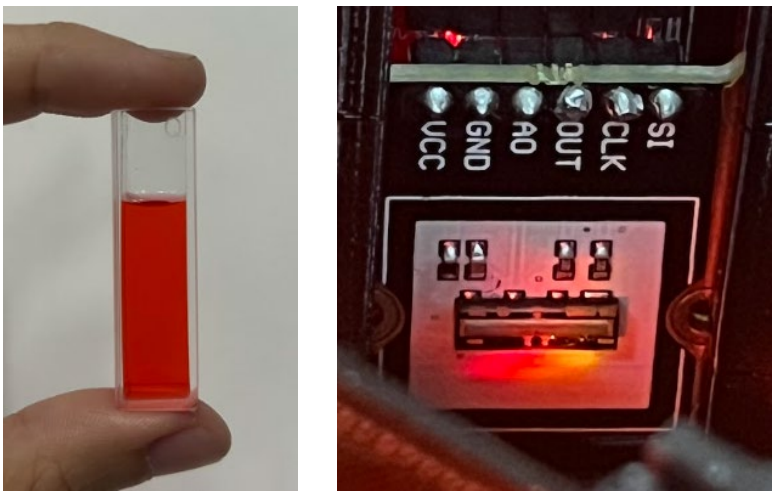


Gambar 2-3-30 Transmitansi Sampel Biru dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen

Pada grafik yang diperoleh, tampak transmitansi sampel biru tinggi pada spektrum ungu, biru, dan merah, meredup pada rentang hijau – jingga, dan paling rendah pada warna jingga.

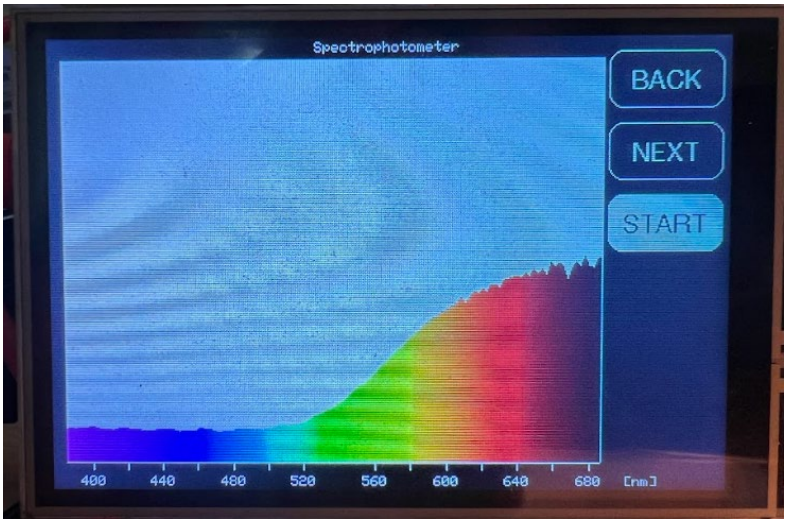
© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Pengujian untuk sampel warna merah seperti tampak pada gambar. Diperoleh transmitansi pada sensor berbeda dengan sampel blank sebelumnya (semua spektrum warna masih lengkap). Tampak semua spektrum warna selain jingga dan merah meredup bahkan sampai tidak terlihat lagi.



Gambar 2-3-31 Sampel Merah dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen

Dari transmitansi yang diperoleh tersebut, intensitas cahayanya diplot dalam grafik yang diperoleh sebagai berikut.

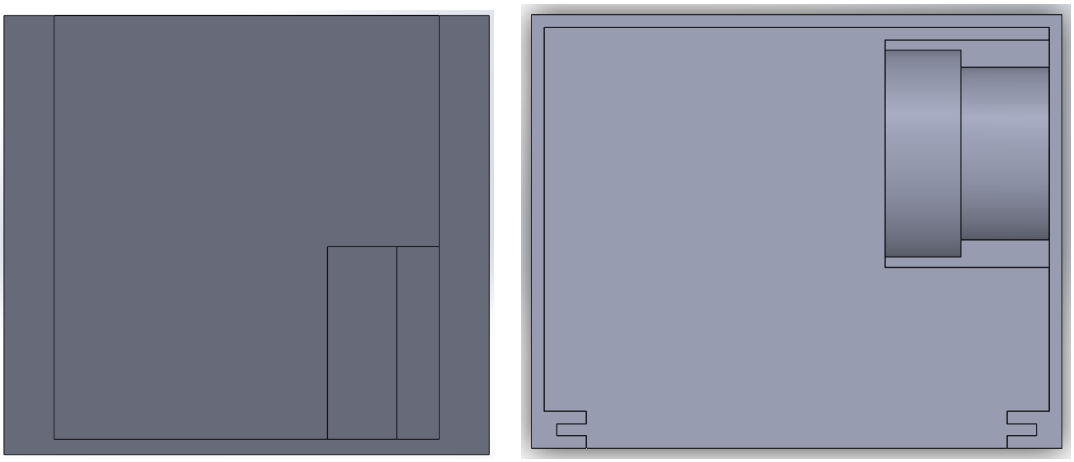


Gambar 2-3-32 Transmitansi Sampel Merah dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen

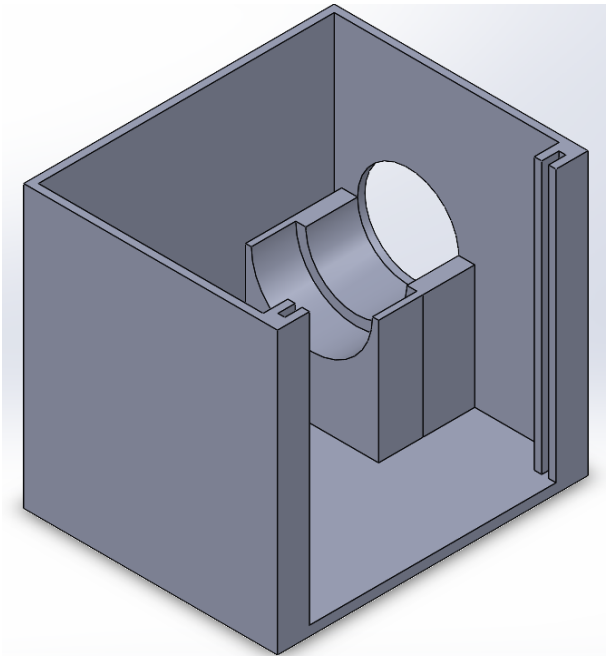
Pada grafik yang diperoleh, tampak transmitansi sampel merah tinggi pada spektrum jingga – merah hingga merah, meredup pada rentang kuning – jingga, dan paling rendah pada warna ungu hingga hijau.

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

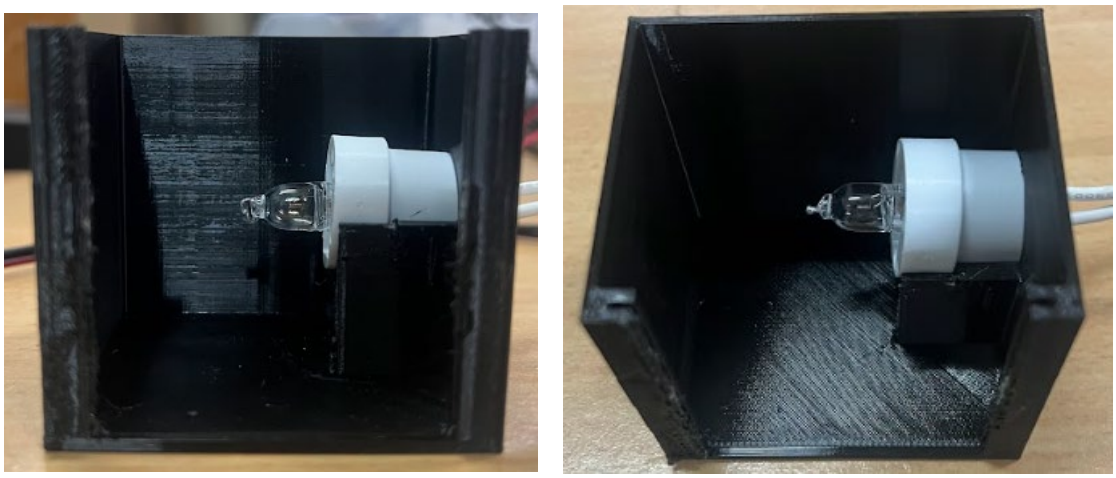
2.3.3 Integrasi



Gambar 2-3-33 Desain 3D Sumber Cahaya

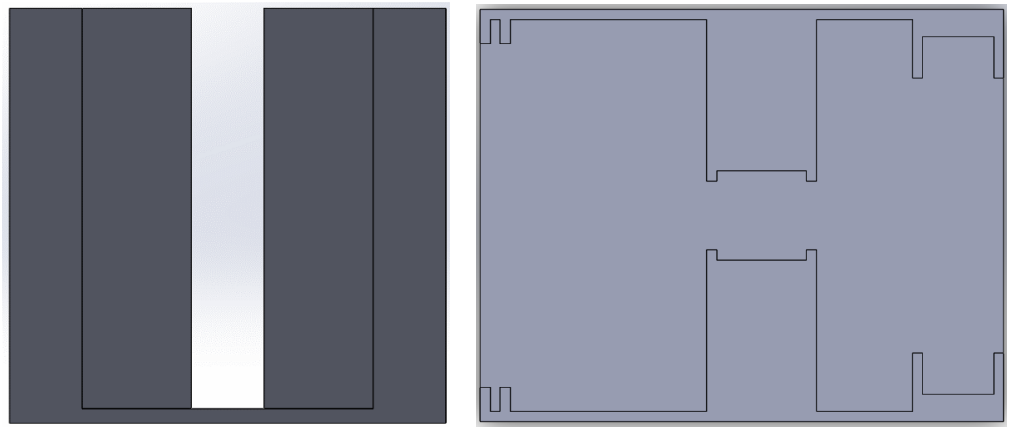


Gambar 2-3-34 Desain 3D Sumber Cahaya

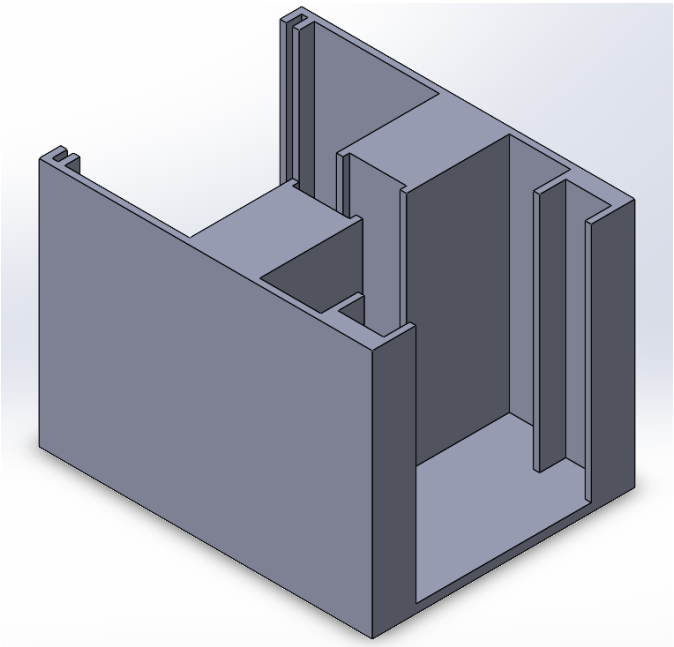


Gambar 2-3-35 Sumber Cahaya Hasil Cetak 3D

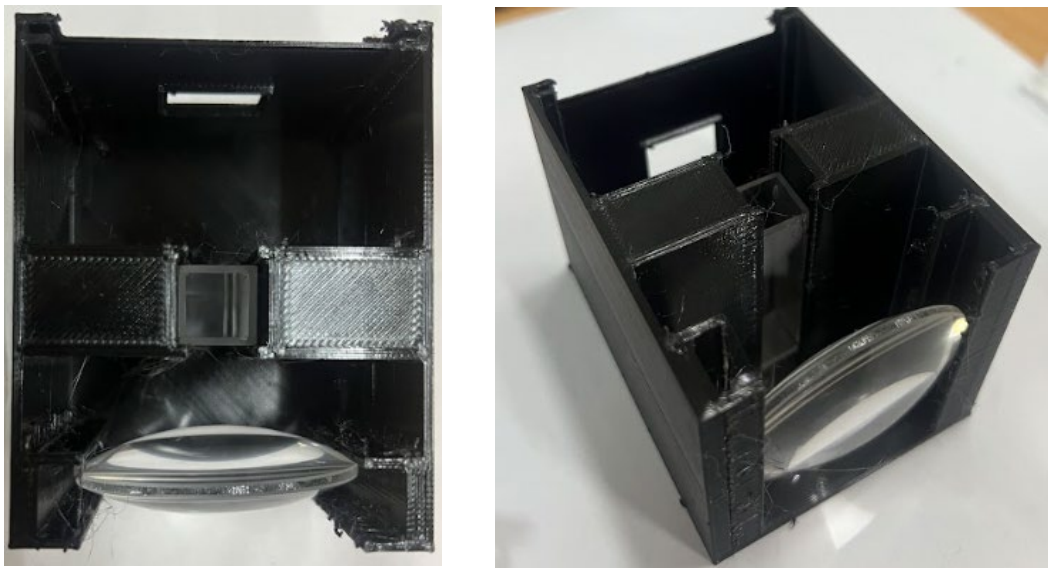
© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.



Gambar 2-3-36 Desain 3D Difraksi Cahaya

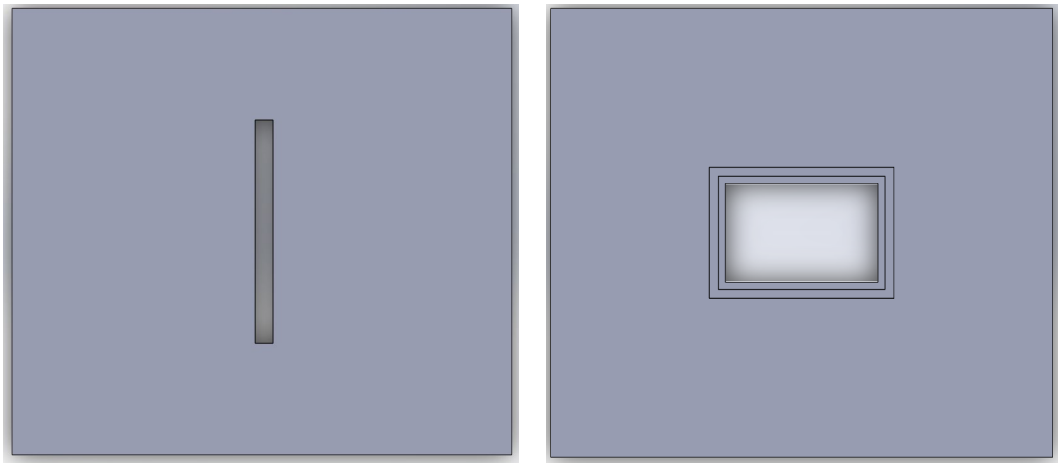


Gambar 2-3-37 Desain 3D Difraksi Cahaya



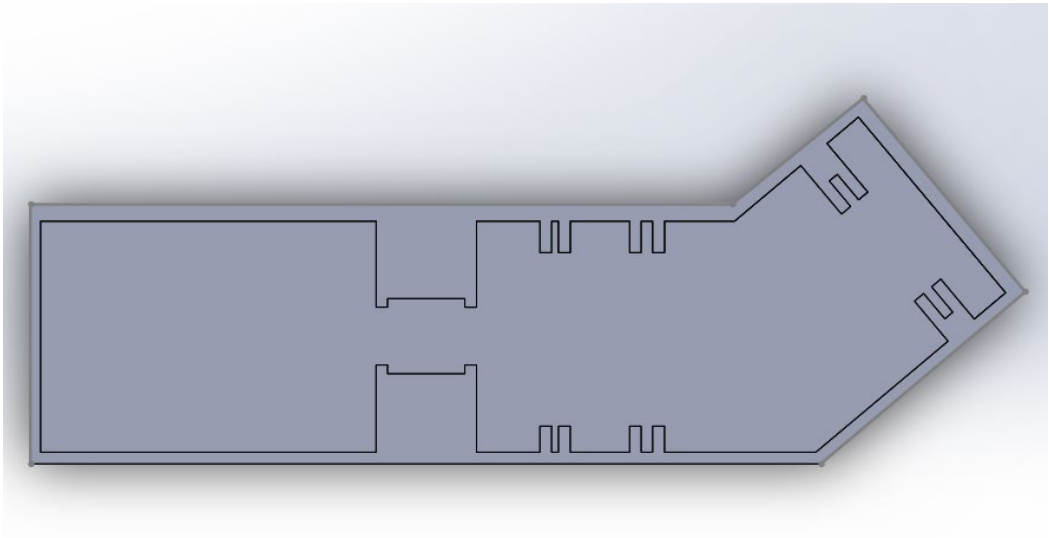
Gambar 2-3-38 Difraksi Cahaya Hasil Cetak 3D

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.



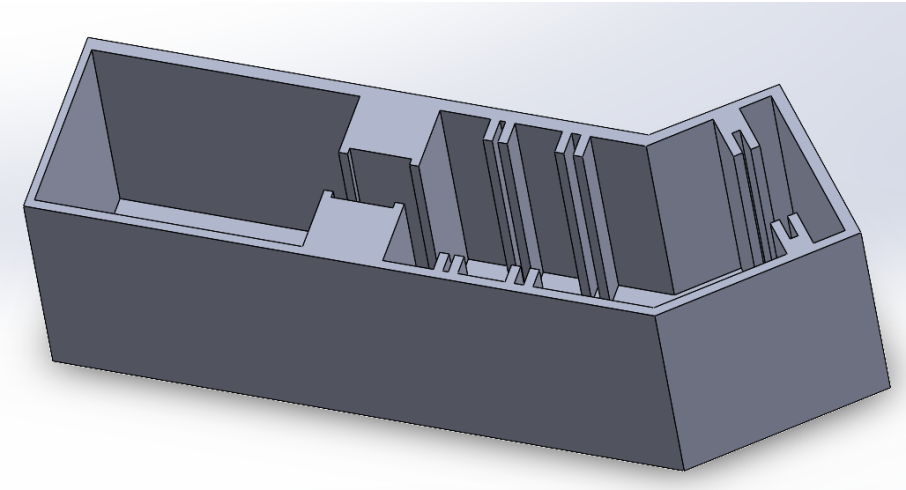
Gambar 2-3-39 Desain 3D Celah dan Kisi

Gambar 2-3-40 Celah dan Kisi Hasil Cetak 3D

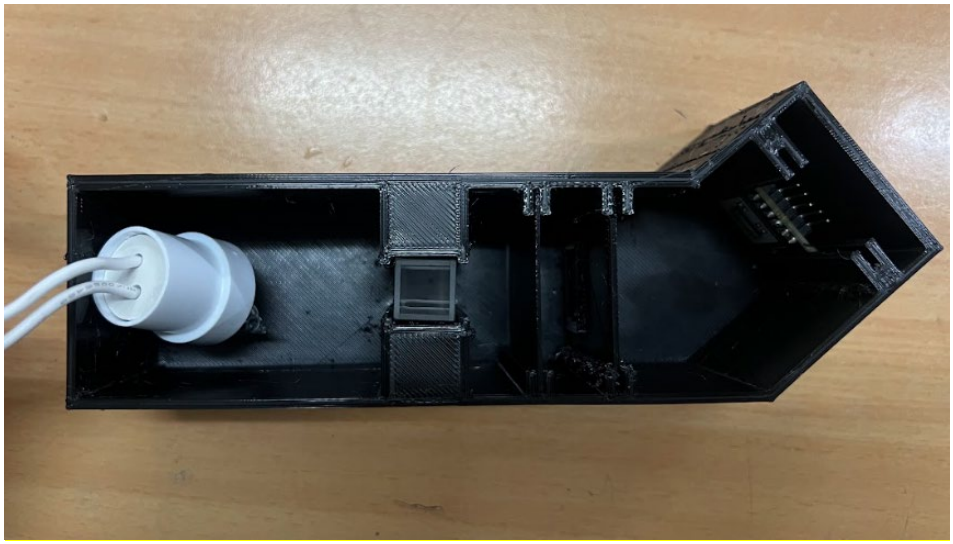


Gambar 2-3-41 Desain 3D Integrasi Subsistem Pengukuran (*Top View*)

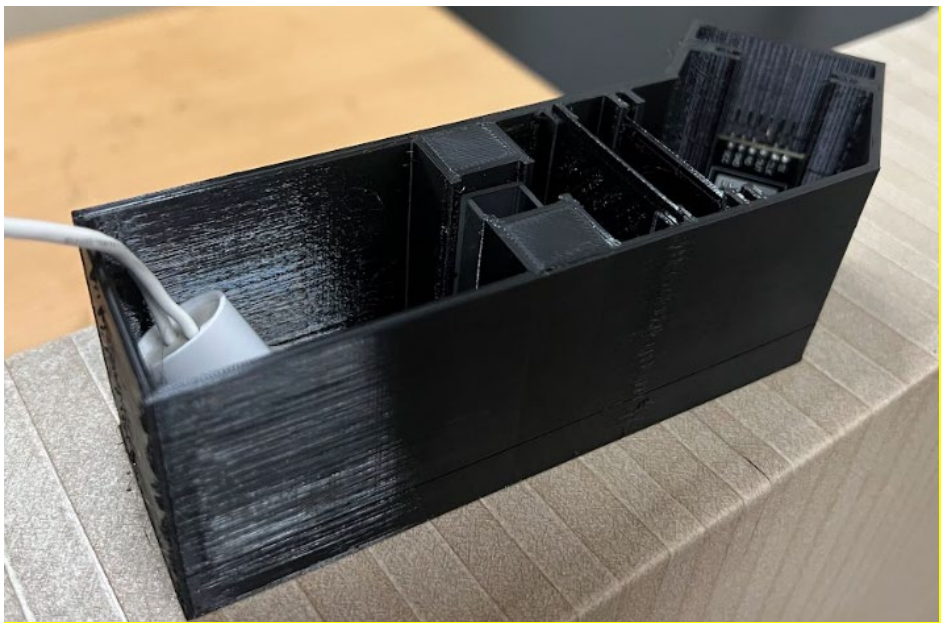
© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.



Gambar 2-3-42 Desain 3D Integrasi Subsistem Pengukuran (*Side View)*



Gambar 2-3-43 Integrasi Subsistem Pengukuran (*Top View*)



Gambar 2-3-44 Integrasi Subsistem Pengukuran (*Side View*)

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

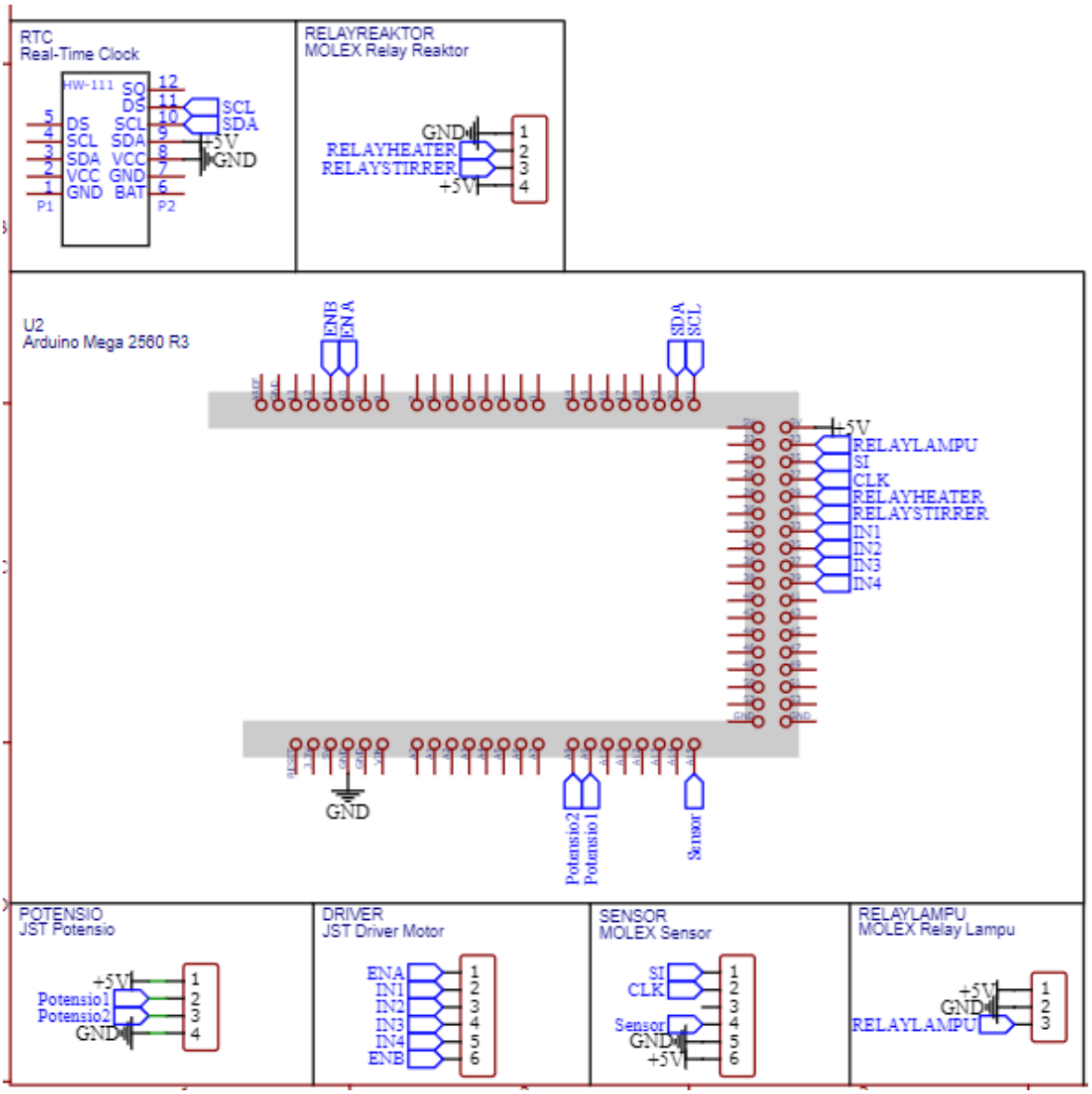
2.4 Subsistem Kendali dan Pengolahan Data

2.4.1 Implementasi

Implementasi subsistem kendali dan pengolahan data mencakup implementasi *hardware* dan *software.* Subbab ini menjelaskan tentang implementasi akhir serta hal-hal yang berhubungan dengan pengujian.

2.4.1.1 Hardware

2.4.1.1.1 Arduino Mega 2560



Gambar 2-4-1 Skematik Mikrokontroler

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.4.1.1.2 SD Card Reader + DS3231 Real Time Clock

Gambar 2-4-2 DS3231 Real Time Clock

SD Card Reader digunakan untuk membaca isi SD Card dan menulis data hasil pengujian ke SD Card dalam bentuk .txt. Modul ini terintegrasi di dalam TFT Shield sehingga layar LCD dan SD Card tidak dapat dipisah. Ditambahkan modul Real Time Clock untuk penamaan file berdasarkan waktu pengujian dilaksanakan. Modul ini menggunakan protokol komunikasi I2C ke mikrokontroler. Proses penyimpanan data adalah sebagai berikut:

1. Modul SD Card mengambil tanggal dan waktu saat ini dari modul *real time clock* (RTC).
2. Mikrokontroler membuat nama file berdasarkan tanggal dan waktu saat ini dalam format "data_YYYMMDD_HH-MM-SS.csv".
3. Modul ini mencoba membuka berkas baru dengan nama berkas yang telah dibuat pada kartu SD untuk penulisan (SD.open(fileName, FILE_WRITE)).
4. Jika file berhasil dibuka, modul SD Card akan menulis data ke dalam memori, termasuk parameter nilai piksel.
5. Program menutup file setelah menulis data.
6. Mikrokontroler mencoba membuka kembali file untuk dibaca dan mencetak isinya ke monitor Serial.

2.4.1.2 Software

Program untuk implementasi subsistem kendali dan pengolahan data terdapat pada file **"tugas_akhir.ino"** yang berisi program utama dengan rincian sebagai berikut:

- Mikrokontroler mengendalikan nyala atau matinya pompa, sensor temperatur, dan *magnetic stirrer* pada tahap persiapan sampel dan pemfilteran.
- Pada state Grafik, mikrokontroler akan mengambil data dari sensor cahaya lalu diolah menjadi grafik spektrum cahaya dan ditampilkan di modul Display.
- Pada state SimpanData, jika user memilih untuk menyimpan data hasil pengujian, mikrokontroler akan menulis setiap parameter pengukuran ke dalam file .txt.

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.4.1.2.1 Struktur Data

Tabel 2-4 Daftar Tipe Data (menu_functions.cpp)

Nama Fungsi	Subfungsi/tipe
showmsgXY	int x, int y, int sz, const GFXfont *f, const char *msg
drawCentreString	const char *buf, int x, int y, int sz
Fungsi Menu User Interface	
drawMenu	int state, fillScreen, showmsgXY, initButton, drawButton
persiapanSampel	int state, fillScreen, showmsgXY, initButton, drawButton
pemfilteran	int state, fillScreen, showmsgXY, initButton, drawButton
pengukuran	int state, fillScreen, showmsgXY, initButton, drawButton
drawGraph	int state, fillScreen, setTextColor, drawCentreString, initButton, drawButton
drawResults	int state, fillScreen, showmsgXY, initButton, drawButton
drawSave	int state, fillScreen, showmsgXY, initButton, drawButton
drawPrompt	int state, fillScreen, showmsgXY, initButton, drawButton

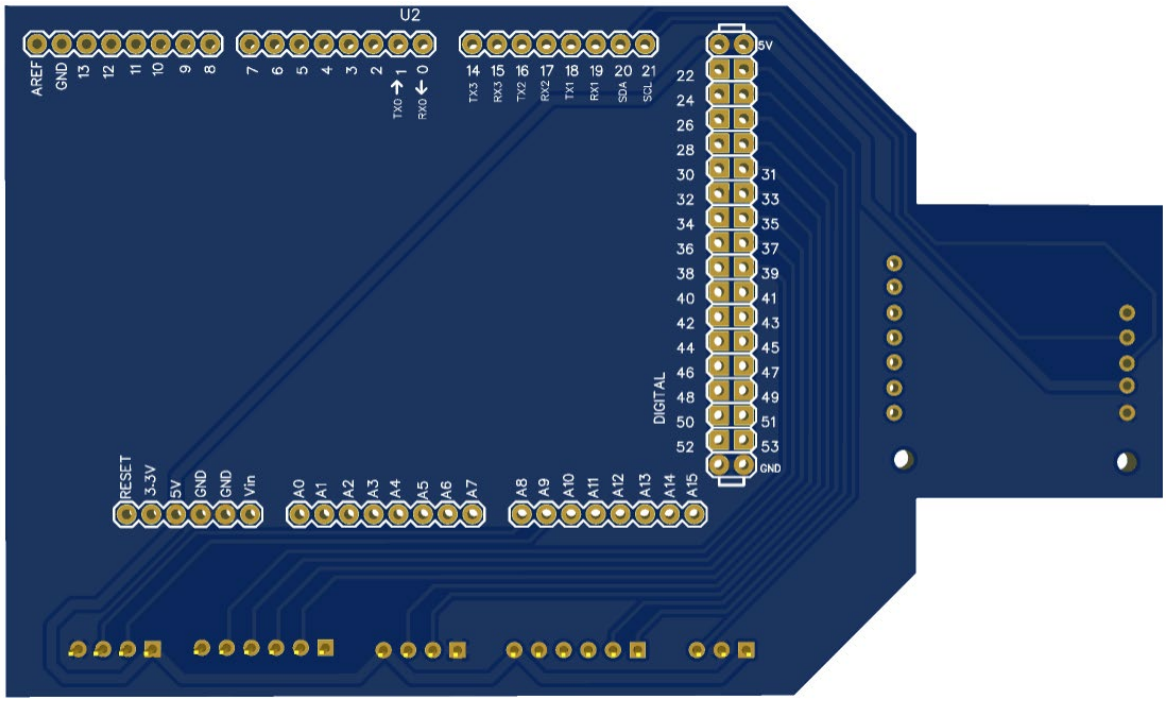
2.4.1.2.2 Alamat Perangkat I2C

Tabel 2-5 Daftar Alamat untuk Komunikasi dengan Perangkat I2C

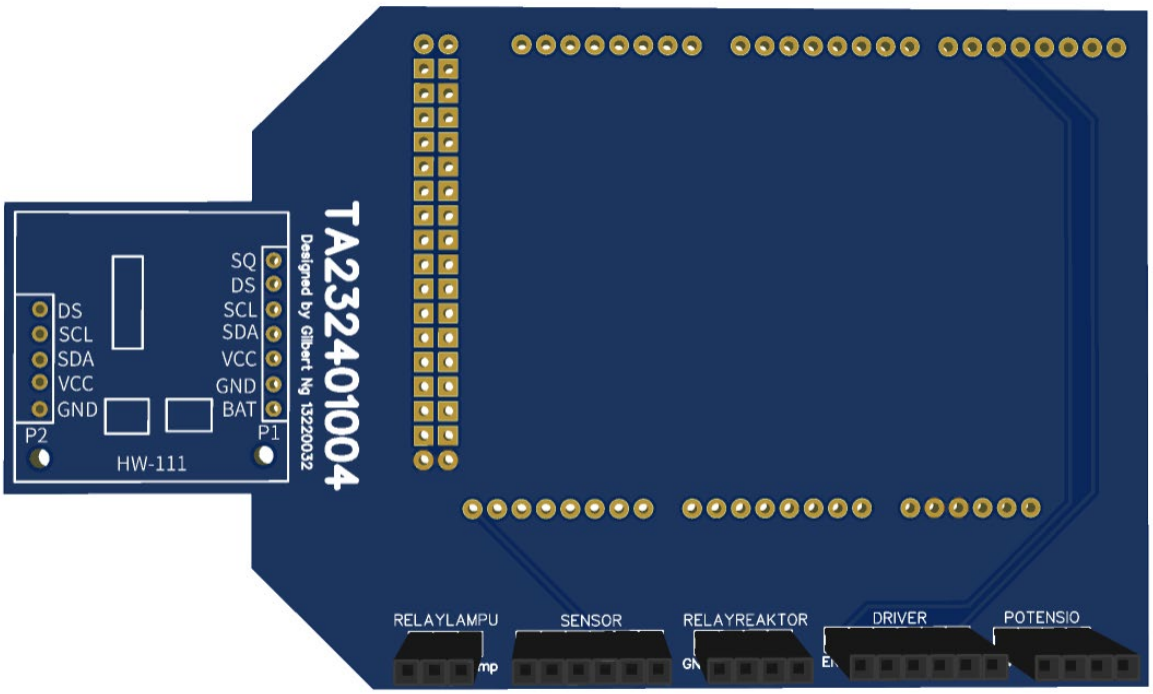
Nama Perangkat	Alamat I2C
Modul Real Time Clock	0x68
Sensor Daya INA219	0x40

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.4.1.3 Integrasi



Gambar 2-4-3 PCB Integrasi Sistem Kendali Pusat (*Top Layer*)



Gambar 2-4-4 PCB Integrasi Sistem Kendali Pusat (*Bottom Layer*)

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.4.2 Pengujian

2.4.2.1 Finite State Machine

Tabel 2-6 Pengujian FSM

State	Input	Next State	Hasil Pengujian
Idle	Calibrate	Calibrate	SUCCESS
	Start	Pre-pump Idle	SUCCESS
Pre-pump Idle	Start	Pump	SUCCESS
Pump	Stop	Pre-filter Idle	SUCCESS
Pre-filter Idle	Start	Filter	SUCCESS
Filter	Stop	Pre-measure Idle	SUCCESS
Pre-measure Idle	Start	Measure	SUCCESS
Measure	Stop	Pre-save Idle	SUCCESS
Pre-flush Idle	Start	Flush	SUCCESS
Flush	Stop	Idle	SUCCESS
Pre-Save Idle	Yes	Pre-Prompt Save	SUCCESS
	No	Pre-Prompt No Save	SUCCESS
Pre-Prompt Idle	Yes	Pre-pump Idle	SUCCESS
	No	Idle	SUCCESS

2.4.2.2 Manajemen Penyimpanan

Pengujian juga dilakukan untuk memeriksa read/write kartu SD. Pengujian dilakukan dengan menguji modul kartu SD eksternal yang terhubung ke papan mikrokontroler. Hasil pengukuran disimpan ke dalam file .csv yang terdiri dari dua atribut: panjang gelombang dan absorbansi. Penamaan file dilakukan secara otomatis dengan membuat nama file berdasarkan tanggal dan waktu saat dilakukan penyimpanan data dalam format "data_YYYMMDD_HH-MM-SS.csv". Modul SD Card Reader kemudian mencoba membuka berkas baru dengan nama berkas yang telah dibuat pada kartu SD untuk penulisan (SD.open(fileName, FILE_WRITE)). Jika file berhasil dibuka, modul SD Card akan menulis data ke dalam memori. File ini kemudian dapat dibuka di aplikasi editor spreadsheet untuk melakukan pengolahan data lebih lanjut.

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

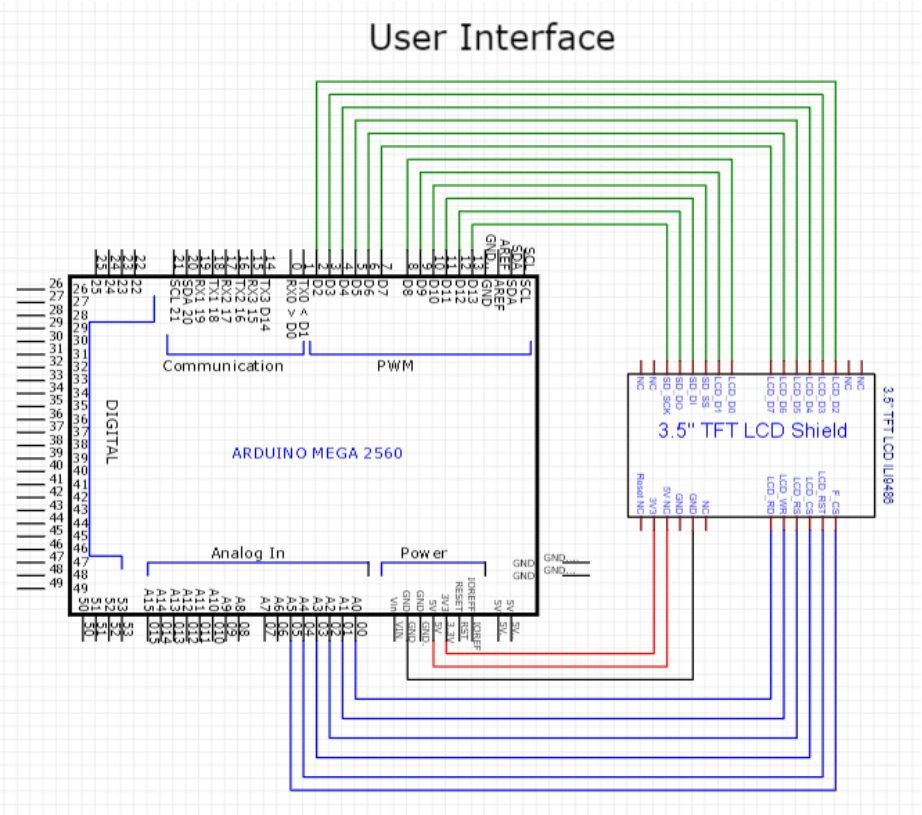
2.5 Subsistem User Interface

2.5.1 Implementasi

2.5.1.1 Hardware

Gambar 2-5-1 ILI9486 TFT LCD 3,5” Resistive Touchscreen

User interface berperan sebagai penghubung antara pengguna dengan sistem. Perangkat keras (*hardware*) *user interface* diimplemenasikan menggunakan 3,5” ILI9488 TFT LCD Touchscreen Display dilengkapi dengan *stylus*. LCD ini dapat langsung dihubungkan ke Arduino Mega seperti gambar skematik di bawah ini.



Gambar 2-5-2 Skematik *User Interface*

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.5.1.2 Software

Perangkat lunak (*software*) untuk implementasi subsistem antarmuka pengguna terdiri dari:

- File **"tugas_akhir.ino"** berisi program utama.
- File **"menu_functions.cpp"** berisi fungsi-fungsi yang berhubungan dengan perpindahan menu.
- File **"menu_functions.h"** merupakan header file dari menu_functions.cpp

Tampilan LCD diatur oleh subprogram pada file **"menu_functions.h"** dan **"menu_functions.cpp"** yang terdiri dari fungsi-fungsi dengan penjelasan sebagai berikut:

Tabel 2-7 Daftar Fungsi Subprogram Tampilan LCD

State	Nama Fungsi	Parameter (tipe)	Keterangan
Semua state	fillScreen()	color (uint16_t)	Melakukan *refresh* layar dengan mengatur seluruh layar berwarna hitam.
	showmsgXY()	int x, int y, int sz, const GFXfont *f, const char *msg	Menampilkan teks pada posisi tertentu dengan ukuran teks dan font tertentu
	drawCentreString()	const char *buf, int x, int y, int sz	Mengambil text bounds lalu melakukan centering pada teks
Fungsi Menu			
Idle	drawMenu()	state (int)	Menampilkan layar saat pertama kali alat dinyalakan.
Pump1	persiapanSampel()	state (int)	Menampilkan dua tombol, yaitu "ON" dan "OFF" untuk menyalakan atau mematikan pompa pada subsistem persiapan sampel.
Filter	pemfilteran()	state (int)	Menampilkan dua tombol, yaitu "ON" dan "OFF" untuk menyalakan atau mematikan reaktor.
Pump2	pengukuran()	state (int)	Menampilkan dua tombol, yaitu "ON" dan "OFF" untuk menyalakan atau mematikan pompa pada subsistem pemfilteran.
Measure	drawGraph()	state (int)	Terdapat tombol "START" untuk mengambil data dari sensor cahaya lalu menampilkan grafik absorbansi cahaya.
Result	drawResults()	state (int)	Menampilkan hasil perhitungan absorbansi sesuai data yang didapatkan sebslumnya.

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Save	drawSave()	state (int)	Menampilkan tombol “YES” dan “NO” yang dapat dipilih user jika ingin menyimpan data hasil eksperimen ke memori.
Prompt	drawPrompt()	state (int)	Menampilkan prompt apakah user ingin mengulang percobaan atau tidak

2.5.2 Pengujian

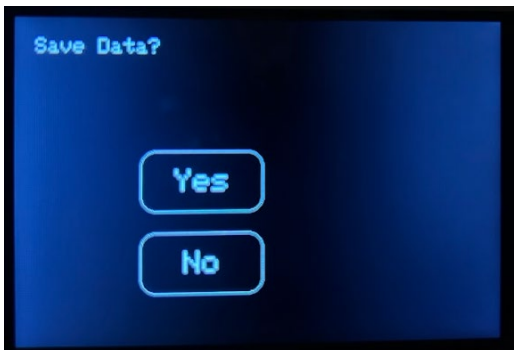
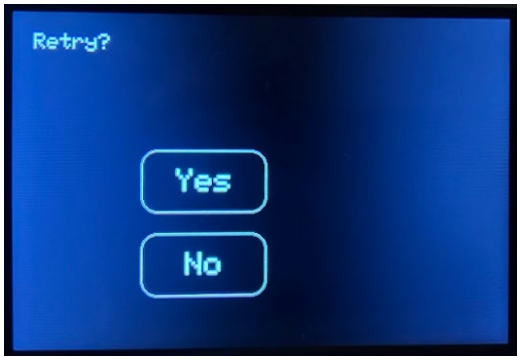
Tabel 2-8 Pengujian User Interface

Tampilan LCD	Input	Respons LCD
Menu Utama 	Mulai	Pindah ke menu Tahap 1
Tahap 1 	Back, Next, ON, OFF	**Back:** Pindah ke menu utama **Next:** Pindah ke menu Tahap 2 **ON:** Menyalakan pompa 1 **OFF:** Mematikan pompa 1

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Tampilan LCD	Input	Respons LCD
Tahap 2 	Back, Next, Start, Stop	**Back:** Pindah ke menu Tahap 1 **Next:** Pindah ke menu Tahap 3 **Start:** Menyalakan reaktor **Stop:** Mematikan reaktor
Tahap 3 	Back, Next, ON, OFF	**Back:** Pindah ke menu Tahap 2 **Next:** Pindah ke menu Spektrofotometer **ON:** Menyalakan pompa 2 **OFF:** Mematikan pompa 2
Spektrofotometer 	Back, Next, Start	**Back:** Pindah ke menu Tahap 3 **Next:** Pindah ke menu Spektrofotometer

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

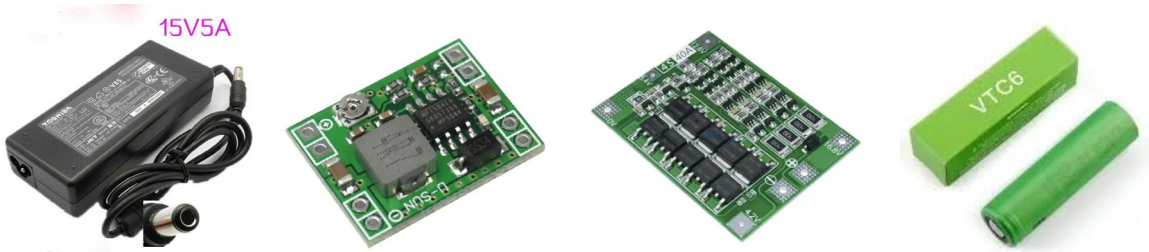
Hasil	Back, Next	**Back:** Pindah ke menu Spektrofotometer **Next:** Pindah ke menu Save
Save  	Yes, No	**Yes:** Pindah ke menu Prompt **No:** Pindah ke menu Prompt
Prompt  	Yes, No	**Yes:** Pindah ke Menu Tahap 1 **No:** Pindah ke Menu utama

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.6 Subsistem Power Supply

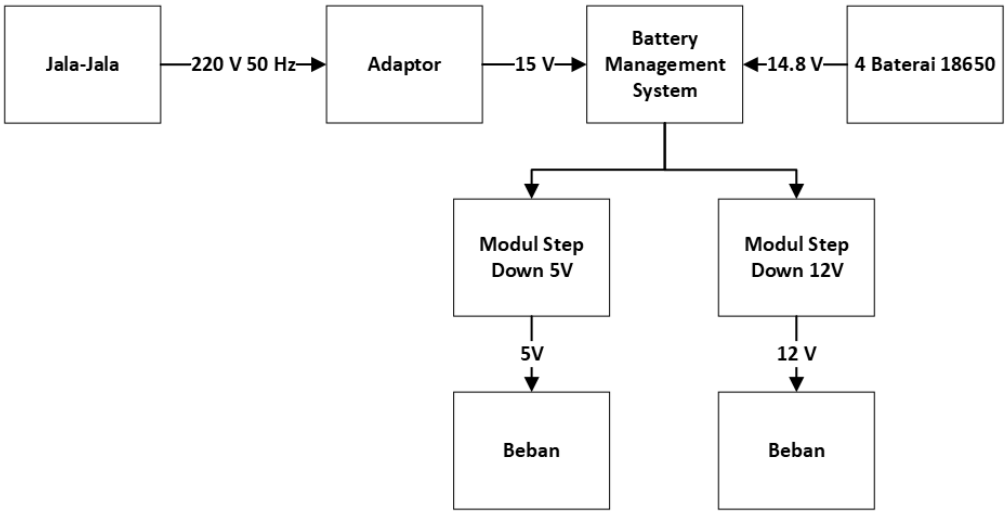
2.6.1 Implementasi

Subsistem *Power supply* memiliki fungsi sebagai penyedia daya untuk seluruh sistem lain. Subsistem ini mendapatkan tenaga listrik melalui 2 sumber, yaitu jala-jala dan baterai. Baterai berfungsi sebagai penyuplai daya utama, dan jala-jala berfungsi untuk mengisi daya baterai, serta sebagai penyuplai daya alternatif. Subsistem ini diimplementasikan dengan menyambungkan beberapa komponen, yaitu adaptor, Battery Management System (BMS), Baterai, dan Modul Step Down. Adaptor berfungsi sebagai penghubung antara jala-jala dengan subsistem, BMS berfungsi untuk mengatur kinerja baterai dan mencegah kerusakan, baterai berfungsi sebagai penyuplai sumber daya, dan modul step down berfungsi untuk mengatur tegangan output.



Gambar 2-6-1 Adaptor, Modul Step Down, BMS, dan Baterai Subsistem *Power supply*

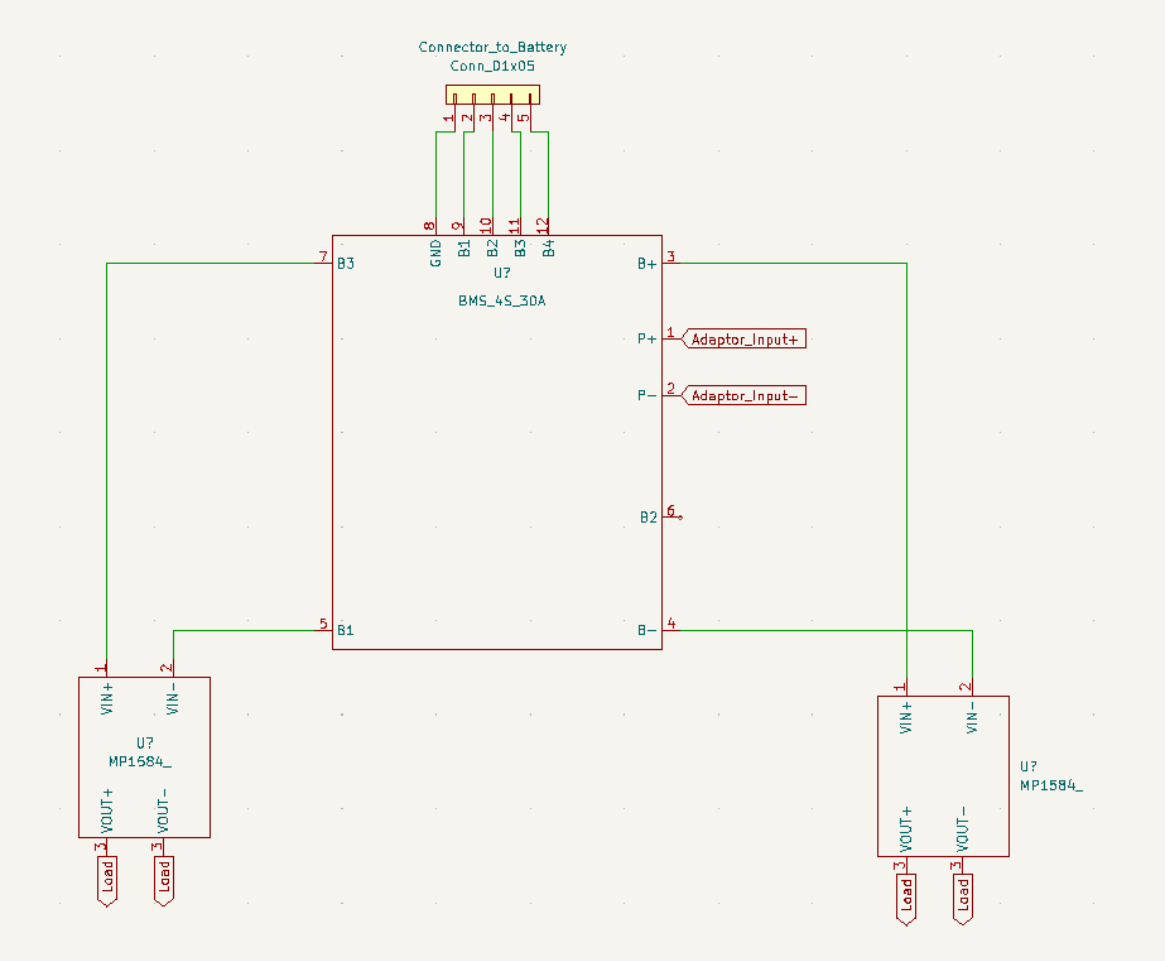
Pertama-tama, adaptor *power supply* dihubungkan ke jala-jala, dan ujung jack dengan dudukan soket. Dudukan soket lalu dihubungkan ke BMS melalui kabel yang disolder. Setelah itu, BMS dihubungkan ke baterai dengan 4 kabel yang tersedia (gunakan tempat baterai untuk lebih aman). Akhirnya, hubungkan output BMS dengan modul step down melalui kabel yang disolder. Tegangan keluaran dari modul step down dapat diatur dengan memutar potensiometer di modul dengan obeng. Jumlah modul step down yang dipakai adalah dua, satu untuk output 5V, dan satunya lagi untuk output 12 V.



Gambar 2-6-2 Penyusunan Komponen Subsistem *Power supply*

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Sistem *Power Supply* tidak memakai PCB. Hal ini karena salah satu komponen *power supply*, BMS 4S 30A, tidak memiliki input berupa pin yang dapat dihubungkan dengan PCB, melainkan input yang berupa logam datar. Oleh karena itu, komponen akan dipasang dengan dilem pada sebuah dudukan. Skematik hanya akan dipakai untuk menjelaskan secara sederhana hubungan antara komponen sistem *power supply*.



Gambar 2-6-3 Skematik Sederhana *Power supply*

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

2.6.2 Pengujian

Terdapat 3 pengujian yang perlu dilakukan: uji output sistem, uji *Discharging Rate*, dan uji *Charging Rate*. Uji output sistem dilakukan dengan mengukur tegangan output sistem, sedangkan uji *Discharging Rate* dan *Charging Rate* dilakukan dengan mengukur perubahan tegangan baterai saat dipakai sampai habis dan diisi sampai penuh. Keduanya memiliki pengaruh pada ketahanan kapasitas baterai. Semakin besar *Discharging Rate* dan *Charging Rate*, maka kapasitas baterai akan semakin cepat terkuras setiap penggunaan dan pengisian baterai.

2.6.2.1 Pengujian Output Sistem

Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan output kedua modul step down, dan output berhasil mencapai 5 V dan 12V yang dibutuhkan.

Gambar 2-6-4 Pengujian Output Subsistem *Power supply*

Mengingat bahwa dibutuhkan *power supply* yang bisa disuplai dengan baterai dan jala-jala, dilakukan percobaan pengukuran output dalam 3 situasi: dengan baterai, dengan jala-jala, dan dengan keduanya. Percobaan dengan baterai dan menggunakan kedua sumber (baterai dan jala) menghasilkan output yang konsisten. Akan tetapi, saat hanya memakai jala-jala saja tanpa dipasang baterai, subsistem mengeluarkan output yang tidak stabil dan selalu berubah-ubah. Oleh karena itu, baterai patutnya menjadi komponen penting subsistem yang tidak bisa dipisah. Sepatutnya pula, baterai tidak dihabisi agar dapat tetap bekerja saat diisi. Jika baterai telah habis dan output sistem tidak stabil saat dipasangkan jala-jala, sepatutnya sistem dibiarkan mengisi baterai terlebih dahulu.

2.6.2.2 Pengujian *Discharging Rate*

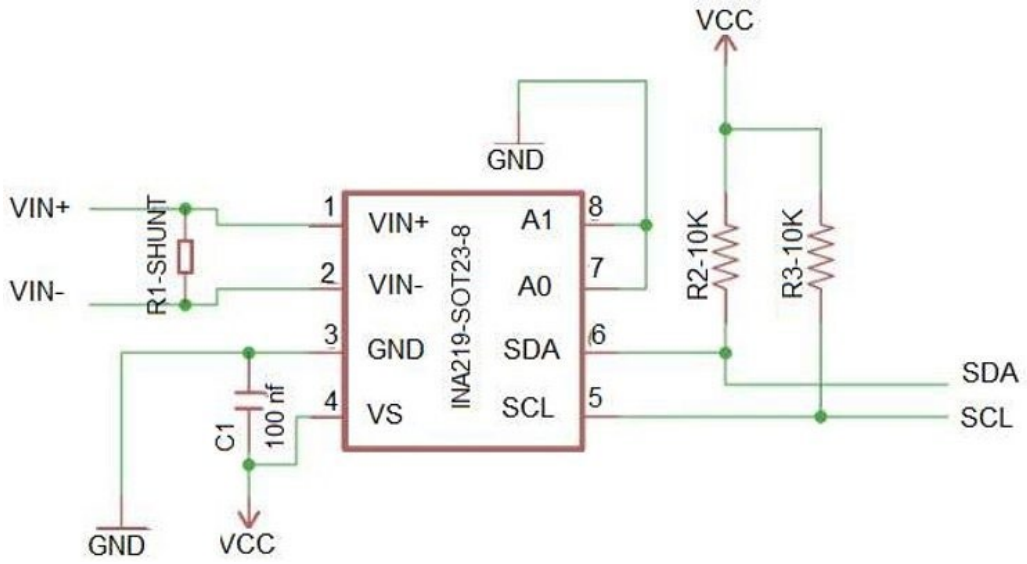
Discharging Rate adalah pengujian tegangan baterai dan arus saat digunakan sebagai sumber tegangan dalam sistem *power supply*. Pengujian ini dilakukan untuk melihat perubahan tegangan baterai seiring waktu dan lama waktu kapasitas baterai dapat bertahan sampai habis.

Kedua tes ini digunakan memakai INA219. INA219 adalah IC monitor arus, daya , dan tegangan yang digunakan untuk mengukur arus yang melalui suatu shunt resistor dan

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

mengukur konsumsi daya serta tegangan. INA219 bekerja dengan memakai konsep *voltage divider*. INA219 menerima arus melalui Vin+ dan Vin-, yang memiliki shunt resistor bernilai bernilai 0.1 Ω. Kedua pin mengukur perbedaan tegangan yang dimiliki (shunt voltage), dan menentukan arus yang melewati shunt resistor dan INA219 dengan hukum Ohm (I = V/R). Terdapat 6 input yang dimiliki INA219, yaitu:

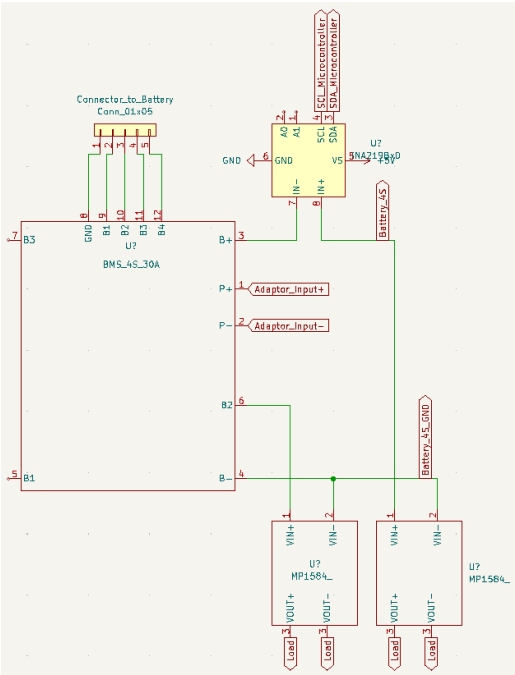
- VCC: Sumber tegangan yang diapakai INA219 untuk bekerja, dapat bekerja dengan input 3.3-5V.
- GND: Titik referensi 0V
- SCL: Serial Clock Line, menyinkronisasi clock kedua devais
- SDA: Serial Data Line, mengirim dan menerima data
- Vin+: input yang mengukur tegangan sebelum shunt resistor (load voltage)
- Vin-: input yang mengukur tegangan setelah shunt resistor (bus voltage)



Gambar 2-6-5 Skematik INA219 Wattmeter

INA219 Dipakai dengan menjadi penghubung antara baterai dengan BMS untuk mengukur tegangan dan arus baterai.

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

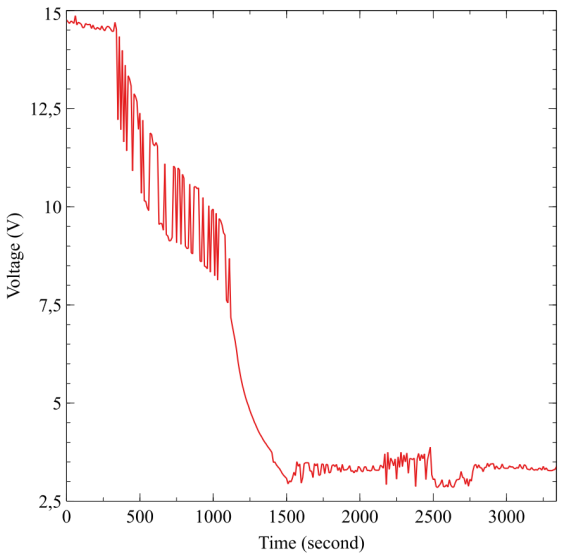


Gambar 2-6-6 Skematik Sederhana *Power supply* Saat Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menambahkan INA219 antara BMS dan Baterai. Hasil pengujian discharging dilakukan dengan kondisi sebagai berikut:

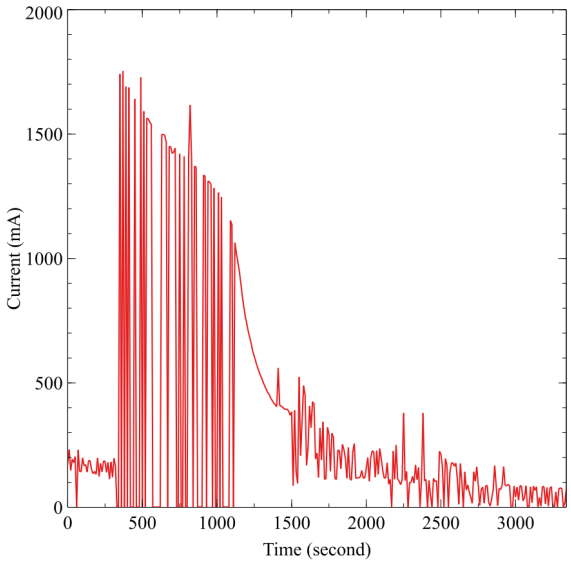
- *Power supply* dipasang ke pompa selama 5 menit, lalu heater selama 30 menit, dan ke lampu halogen selama 5 menit dalam satu kali iterasi
- Pengambilan data dilakukan setiap 10 detik (10 seconds/take)
- Data yang dilihat adalah tegangan beban dan arus

Hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut:



Gambar 2-6-7 Hasil Pengujian *Discharging Rate* Tegangan Baterai

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.



Gambar 2-6-8 Hasil Pengujian *Discharging Rate* Arus Baterai

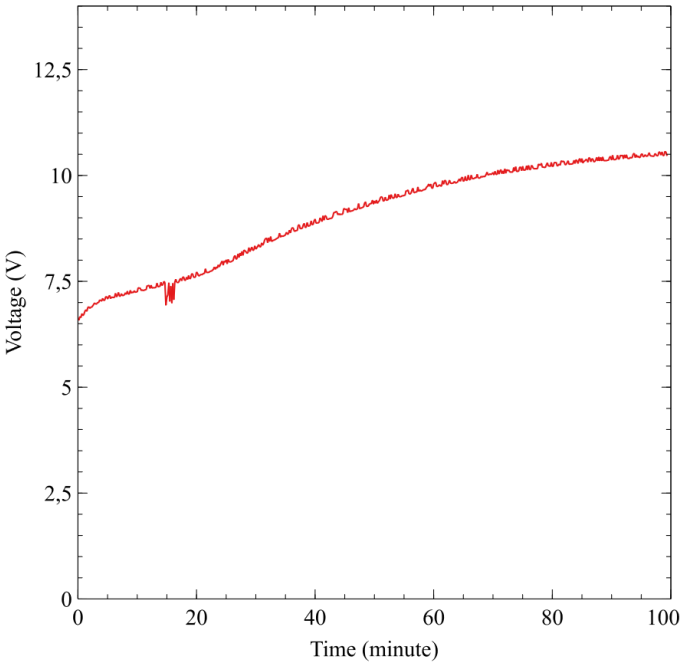
Pada 5 menit pertama, *power supply* dapat menyuplai pompa dengan baik. Akan tetapi, saat dihubungkan dengan heater, terjadi penurunan drastis pada tegangan dan perubahan besar pada arus. Tegangan tidak dapat bertahan 1 iterasi penggunaan heater. Setelah 30 menit, *power supply* dihubungkan dengan halogen, akan tetapi, halogen hanya berkedip dan tidak menyala. Iterasi kedua harus dibatalkan karena daya dan arus yang dideteksi sudah tidak memiliki nilai yang tinggi (baterai habis).

Setelah selesai, dilakukan pengukuran tegangan setiap baterai. Baterai yang terhubung dengan pin B1 memiliki tegangan 34.1 mV, baterai B2 0.741 V, baterai B3 0.941 V, dan baterai 4 3.699 V. Terlihat bahwa B1 mengalami pengurasan kapasitas tertinggi, dan baterai B4 hampir tidak terpengaruh oleh pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa beban yang setiap baterai tanggung tidaklah sama, dengan prioritas baterai B1 yang dihabiskan.

2.6.2.3 Pengujian *Charging Rate*

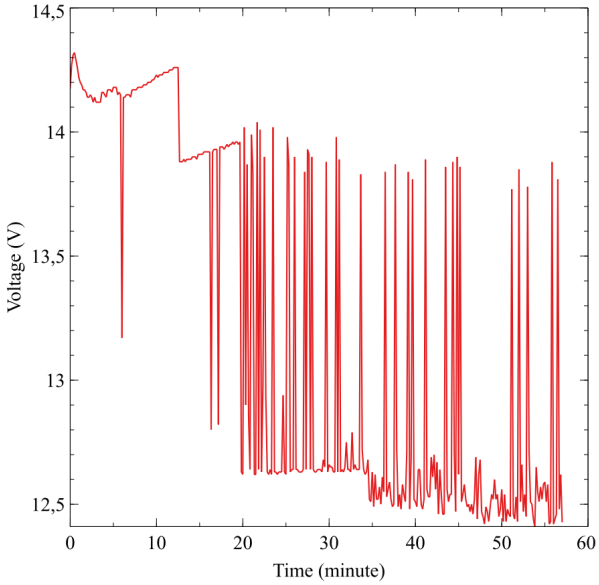
Charging Rate adalah pengujian tegangan baterai saat diisi dayanya. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan agar baterai dapat memulihkan kapasitasnya. Pengujian *Charging Rate* dilakukan dengan melihat tegangan baterai saat dilakukan pengisian daya baterai. Hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut:

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.



Gambar 2-6-9 Hasil Pengujian *Charging Rate* Tegangan Baterai

Terlihat terdapat peningkatan tegangan baterai. Akan tetapi, baterai tidak dapat mencapai 14.8 V dalam waktu 2 jam dan terlihat bahwa kenaikan tegangan mulai berkurang saat melewati 10 V. Saat pengujian diselesaikan dan baterai diukur, baterai B1 memiliki tegangan 0.411 V, baterai B2 memiliki tegangan 3.261 V, baterai B3 memiliki tegangan 3.317 V, dan baterai 4 memiliki tegangan 3.79 V. Terlihat bahwa baterai B1 tidak mengalami kenaikan sesuai. Hal ini karena baterai B1 telah rusak dan tidak bisa dipakai. Untuk memastikan, diulangi pengujian *Charging Rate* yang kedua, tetapi hasilnya memiliki banyak kejanggalan.



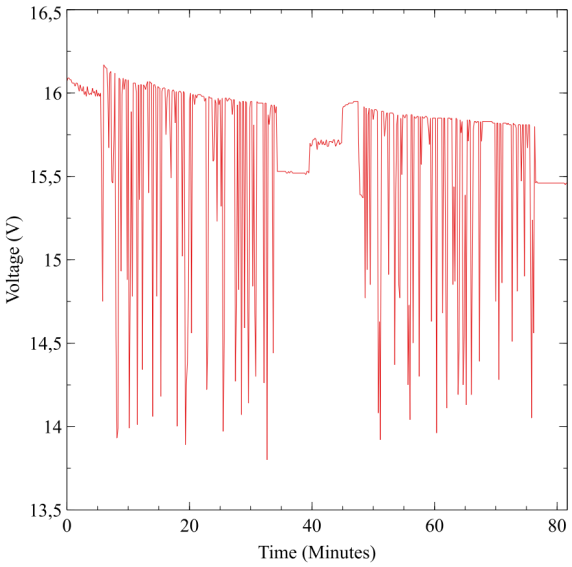
Gambar 2-6-10 Lanjutan Hasil Pengujian *Charging Rate* Tegangan Baterai

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

Tiba-tiba, tegangan naik ke 14.25 V, dan, mulai menurun dengan pola yang tidak teratur, tapi cenderung menurun dan terjadi penurunan cukup drastis dari waktu ke waktu. Hal ini terjadi mungkin karena kerusakan baterai B1, sehingga tegangan baterai total tidak teratur. Hasil menunjukkan bahwa *power supply* belum dapat bekerja secara optimal dengan baterai saja, dan pengisian daya yang dilakukan belum sesuai dengan ekspektasi. Oleh karena itu, diputuskan perlunya modifikasi penggunaan *power supply* (Adaptor harus dipasang ke jala jala) atau penambahan kapasitas/jumlah baterai.

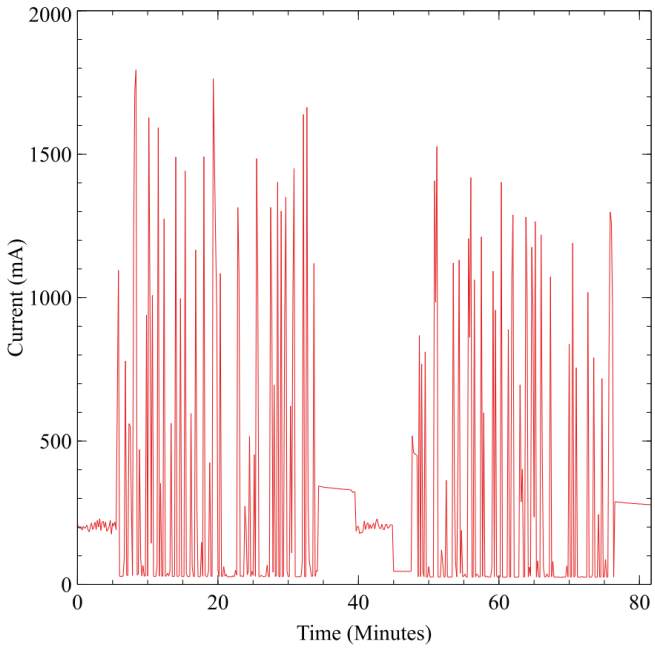
2.6.2.4 Pengujian *Discharging Rate* dengan 2 Sumber Tegangan

Karena kemampuan *power supply* dengan baterai saja dibuktikan tidak cukup, maka akan dilakukan pengujian dengan penambahan 1 sumber tegangan, yaitu jala-jala. Output jala-jala akan dialirkan ke addaptor yang akan mengubah tegangan 220 V AC 50 Hz menjadi 15 V DC dan mengalirkannya ke BMS.



Gambar 2-6-11 Hasil Pengujian *Discharging Rate* Tegangan Baterai dengan Jala-Jala

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.



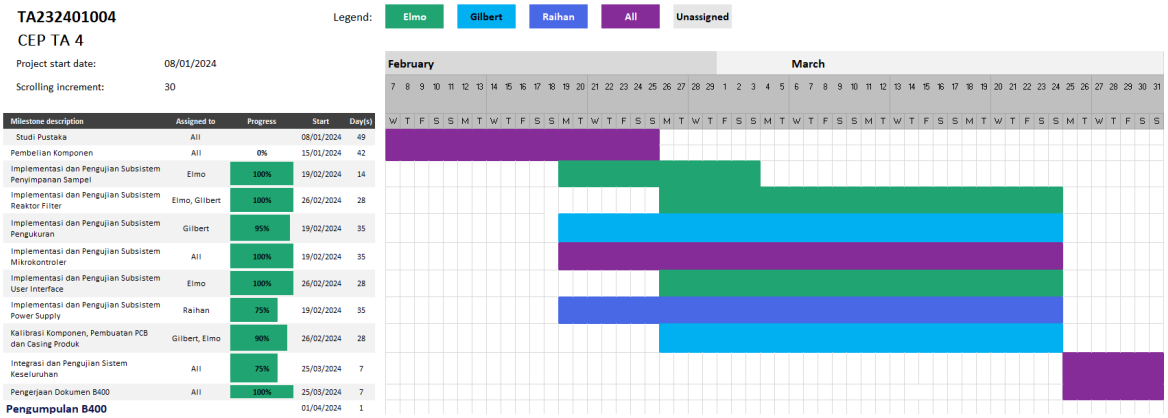
Gambar 2-6-12 Hasil Pengujian *Discharging Rate* Arus Baterai dengan Jala-Jala

Terlihat bahwa tidak seperti dengan hasil pengujian sebelumnya, Tegangan dari jala-jala dapat membantu kinerja baterai sehingga baterai tidak mengalami perubahan tegangan yang drastis dan semua komponen yang disuplai dapat bekerja dengan baik. PTC heater menurunkan tegangan dan menarik arus dari *power supply* yang paling besar, meskipun jumlahnya berubah-ubah. Setelah PTC, komponen yang memiliki beban besar adalah lampu halogen. Dari ketiga komponen, pompa memiliki beban terkecil. Melihat kinerja sistem, dapat dipastikan bahwa sistem *power supply* yang menggunakan adaptor dan jala-jala dapat memenuhi kebutuhan.

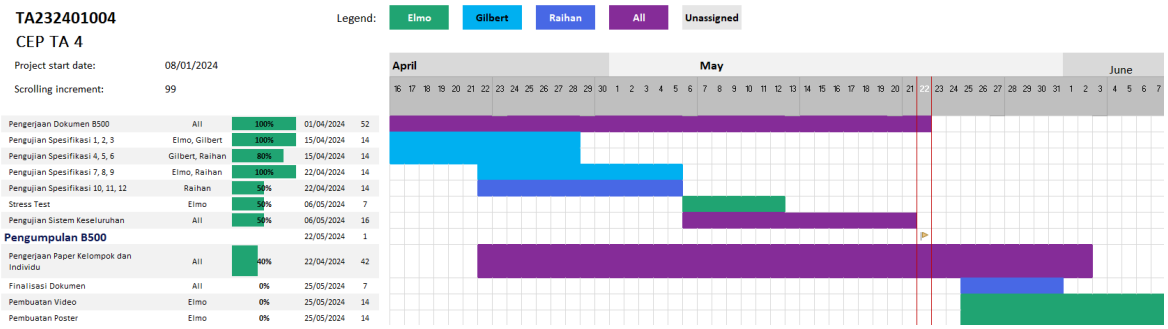
© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

3 Analisis Pengerjaan Implementasi

Subbab ini membahas perbandingan timeline pengerjaan Tugas Akhir II TA232401004 yang telah dibuat dalam bentuk Gantt Chart dengan kondisi nyata. Progres pengerjaan ini dijelaskan per subsistem dan *person in charge*.



Gambar 3-1 Gantt Chart Pengerjaan Tugas Akhir Bulan Februari - Maret 2024



Gambar 3-2 Gantt Chart Pengerjaan Tugas Akhir Pertengahan April – Awal Juni 2024

Pengerjaan implementasi dan pengujian subsistem berjalan lebih lama dari seharusnya, yaitu tiga bulan dibandingkan dengan perkiraan awal yaitu 4 sampai 5 minggu. Hal ini disebabkan oleh perubahan jadwal pengumpulan dokumen B400 yang seharusnya sudah dikumpul pada tanggal 1 April 2024 diubah menjadi 22 Mei 2024, bersamaan dengan pengumpulan dokumen B500, sehingga didapatkan waktu yang lebih lama untuk mengerjakan implementasi dan pengujian subsistem. Meskipun demikian, terdapat berbagai masalah yang dihadapi dalam implementasi, antara lain:

- Subsistem Reaktor Filter, di mana elemen pemanas menyebabkan bagian atas casing pengaduk meleleh sehingga diperlukan insulasi untuk memproteksi casing pengaduk.
- Subsistem Pengukuran, di mana dibutuhkan iterasi pengukuran yang sangat banyak sampai mendapatkan penempatan setiap komponen yang tepat sehingga menampilkan grafik transmitansi yang cukup akurat.
- Subsistem *power supply*, di mana modul BMS tidak dapat bekerja dengan baik jika baterai tidak terpasang serta pengujian yang kurang baik akibat kapasitas baterai yang tidak cukup. Akan tetapi dengan menambahkan jala-jala serta baterai, subsistem *power supply* terbukti dapat memenuhi kebutuhan.

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

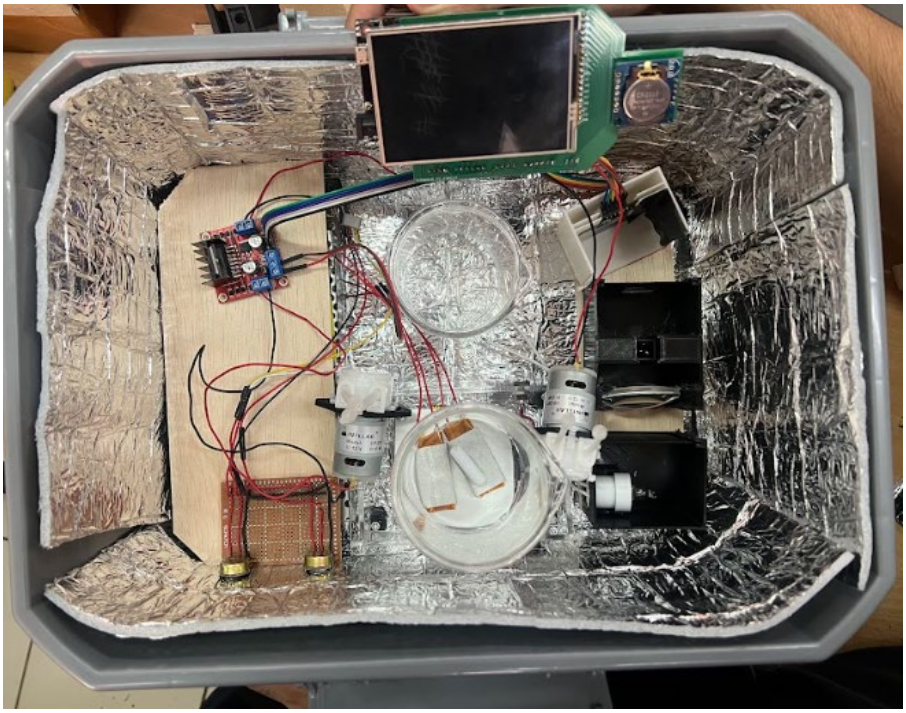
Proses kalibrasi setiap komponen, pembuatan PCB dan casing, serta integrasi dan pengujian sistem keseluruhan dilakukan dengan durasi yang lebih lama dari perkiraan, yaitu 6 minggu dibandingkan dengan 4 minggu. Hal ini disebabkan oleh desain PCB yang berulang akibat ketidaktepatan pinout serta proses pemesanan cetak PCB dari luar negeri yang membutukan waktu yang sangat lama. Selain itu, terdapat masalah-masalah di luar prediksi saat dilakukan integrasi, seperti kurangnya komponen tambahan yaitu pemfokus cahaya yang dapat memfokuskan spektrum cahaya ke sensor cahaya.

Pada tahap pengujian spesifikasi, setiap proses pengujian dilakukan telat dari yang sudah dijadwalkan, namun berdurasi lebih cepat. Setiap spesifikasi dapat diuji dengan baik, namun pada beberapa pengujian kurang akurat karena keterbatasan waktu. Pengujian akurasi, presisi, user testing, dan finalisasi sistem berjalan lebih lama karena integrasi sistem yang belum selesai sehingga tidak dapat diselesaikan dengan tepat waktu. Selain itu, pengujian dengan filter MOF tidak sempat dilakukan karena keterbatasan waktu sehingga hanya dilakukan pengujian dengan pewarna makanan saja.

Pengerjaan paper kelompok dan individu dimulai 4 minggu dari yang dijadwalkan, namun dapat diselesaikan sebelum batas pengumpulan. Dengan demikian, finalisasi dokumen, pembuatan video dan poster produk pun diperkirakan dapat diselesaikan sebelum batas pengerjaan Tugas Akhir.

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

4 Hasil Akhir



Gambar 4-1 Hasil Akhir Produk Sementara (*Top View*)

Gambar 4-2 Hasil Akhir Produk Sementara (*Front View*)

© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

5 Lampiran

5.1 Source Code main.ino

```
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Fonts/FreeSans9pt7b.h>
#include <Fonts/FreeSans12pt7b.h>
#include <MCUFRIEND_kbv.h>
#include <TouchScreen.h>
#include <SPI.h>
#include <SdFat.h>
#include <uRTCLib.h>
#include "menu_functions.h"


// uRTCLib rtc;
uRTCLib rtc(0x68);

char daysOfTheWeek[7][12] = {"Sunday", "Monday", "Tuesday",
"Wednesday", "Thursday", "Friday", "Saturday"};

#define MINPRESSURE 200
#define MAXPRESSURE 1000

// Spectrophotometer
#define clk          27                // clock pin
#define si           25                // start integration pin
#define pixel_value  A15               // pixel brightness pin

const int chipSelect = 53; // Pin connected to the CS pin of SD card
module

int factor = 4;
long exposure;
int pixels[128];
int i, j;

SdFs SD;
File dataFile; // File object to write data
MCUFRIEND_kbv tft;
Adafruit_GFX_Button start, stop, mode, refresh, keypad;
Adafruit_GFX_Button on, off, back_btn, next_btn;
Adafruit_GFX_Button btn1, btn2, btn3, btn4;
Adafruit_GFX_Button yes, no;

// Pompa 1
int enA = 10; // PWM
int in1 = 31;
int in2 = 33;
// Pompa 2
int in3 = 35;
int in4 = 37;
int enB = 11; // PWM

// Potensiometer
int speed1, speed2;

// Relay
int relay1 = 23;
int relay2 = 25;
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

```
int relay3 = 27;

// Menu
int state;

// ALL Touch panels and wiring is DIFFERENT
// copy-paste results from TouchScreen_Calibr_native.ino
const int XP = 8, XM = A2, YP = A3, YM = 9; //320x480 ID=0x9488
const int TS_LEFT = 947, TS_RT = 65, TS_TOP = 908, TS_BOT = 128;

TouchScreen ts = TouchScreen(XP, YP, XM, YM, 300);

int pixel_x, pixel_y;     //Touch_getXY() updates global vars
bool Touch_getXY(void)
{
    TSPoint p = ts.getPoint();
    pinMode(YP, OUTPUT);      //restore shared pins
    pinMode(XM, OUTPUT);
    digitalWrite(YP, HIGH);   //because TFT control pins
    digitalWrite(XM, HIGH);
    bool pressed = (p.z > MINPRESSURE && p.z < MAXPRESSURE);
    if (pressed) {
      pixel_x = map(p.y, 947, 65, 0, 480);
      pixel_y = map(p.x, 908, 128, 0, 320);
    }
    return pressed;
}

#define BLACK   0x0000
#define BLUE    0x001F
#define RED     0xF800
#define GREEN   0x07E0
#define CYAN    0x07FF
#define MAGENTA 0xF81F
#define YELLOW  0xFFE0
#define WHITE   0xFFFF
#define GRAY1   0xB9B9B9
#define GRAY2   0x4C4C4C

////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//////////////////

void setup(void)
{
    // Turn off relay
    pinMode(relay1, OUTPUT);
    pinMode(relay2, OUTPUT);
    pinMode(relay3, OUTPUT);

    digitalWrite(relay1, HIGH);
    digitalWrite(relay2, HIGH);
    digitalWrite(relay3, HIGH);

    // Set all the motor control pins to outputs
    pinMode(enA, OUTPUT);
    pinMode(enB, OUTPUT);
    pinMode(in1, OUTPUT);
    pinMode(in2, OUTPUT);
    pinMode(in3, OUTPUT);
    pinMode(in4, OUTPUT);
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

```
    // Turn off motors - Initial state
    digitalWrite(in1, LOW);
    digitalWrite(in2, LOW);
    digitalWrite(in3, LOW);
    digitalWrite(in4, LOW);

    Serial.begin(115200);

    URTCLIB_WIRE.begin();

    // rtc.set(second, minute, hour, dayOfWeek, dayOfMonth, month,
year)
    // set day of week (1=Sunday, 7=Saturday)
    rtc.refresh();

    Serial.print("Current Date & Time: 20");
    Serial.print(rtc.year());
    Serial.print('/');
    Serial.print(rtc.month());
    Serial.print('/');
    Serial.print(rtc.day());

    Serial.print(" (");
    Serial.print(daysOfTheWeek[rtc.dayOfWeek()-1]);
    Serial.print(") ");

    Serial.print(rtc.hour());
    Serial.print(':');
    Serial.print(rtc.minute());
    Serial.print(':');
    Serial.println(rtc.second());

    pinMode(si, OUTPUT);
    pinMode(clk, OUTPUT);
    pinMode(pixel_value, INPUT);

    uint16_t ID = tft.readID();
    Serial.print("TFT ID = 0x");
    Serial.println(ID, HEX);

    if (ID == 0xD3D3) ID = 0x9486; // write-only shield
    tft.begin(ID);
    tft.setRotation(1);            // Landscape
    drawMenu();

    // Initialize SD card
    if (!SD.begin(chipSelect)) {
      Serial.println("SD card initialization failed!");
    } else {
      Serial.println("SD card initialized successfully.");
    }
}

void loop(void)
{
  // Main Menu
  if(state == 0){

    rtc.refresh();
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

```
    bool down = Touch_getXY();

    start.press(down && start.contains(pixel_x, pixel_y));
    mode.press(down && mode.contains(pixel_x, pixel_y));


    if (start.justPressed()) {
        start.drawButton(true);
        persiapanSampel();
    }

    if (mode.justPressed()) {
        mode.drawButton(true);
        drawStart();
    }
  }

  // Menu Start
  else if (state == 1){
    bool down = Touch_getXY();
    back_btn.press(down && back_btn.contains(pixel_x, pixel_y));
    next_btn.press(down && next_btn.contains(pixel_x, pixel_y));

    if (back_btn.justReleased())
        back_btn.drawButton();

    if (back_btn.justPressed()) {
        back_btn.drawButton(true);
        drawMenu();
    }
  }

  // Tahap 1
  else if (state == 2){
    bool down = Touch_getXY();
    back_btn.press(down && back_btn.contains(pixel_x, pixel_y));
    next_btn.press(down && next_btn.contains(pixel_x, pixel_y));
    on.press(down && on.contains(pixel_x, pixel_y));
    off.press(down && off.contains(pixel_x, pixel_y));

    tft.fillRect(180, 160, 20, 10, GREEN);
    tft.fillRect(180, 240, 20, 10, RED);

    if (back_btn.justReleased())
        back_btn.drawButton();

    if (next_btn.justReleased())
        next_btn.drawButton();

    if (back_btn.justPressed()) {
        back_btn.drawButton(true);
        drawMenu();
    }

    if (next_btn.justPressed()) {
        next_btn.drawButton(true);
        pemfilteran();
    }

    if (on.justPressed()) {
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

```
        off.drawButton(false);
        on.drawButton(true);
        digitalWrite(in1, LOW);
            digitalWrite(in2, HIGH);
    }

    if (off.justPressed()) {
        off.drawButton(true);
        on.drawButton(false);
        digitalWrite(in1, LOW);
            digitalWrite(in2, LOW);
    }

    speed1 = analogRead(A9);
    if(speed1 != 0){
      speed1 = (speed1+255)/5;
    }
    analogWrite(enA, speed1);
  }

  // Tahap 2
  else if (state == 3){
    bool down = Touch_getXY();
    back_btn.press(down && back_btn.contains(pixel_x, pixel_y));
    next_btn.press(down && next_btn.contains(pixel_x, pixel_y));
    start.press(down && start.contains(pixel_x, pixel_y));
    stop.press(down && stop.contains(pixel_x, pixel_y));

    if (back_btn.justReleased())
        back_btn.drawButton();

    if (next_btn.justReleased())
        next_btn.drawButton();

    if (start.justReleased())
        start.drawButton();

    if (stop.justReleased())
        stop.drawButton();

    if (back_btn.justPressed()) {
        back_btn.drawButton(true);
        persiapanSampel();
    }

    if (next_btn.justPressed()) {
        next_btn.drawButton(true);
        pengukuran();
    }

    if (start.justPressed()) {
        start.drawButton(true);
        digitalWrite(relay1, LOW);
        digitalWrite(relay2, LOW);

    }

    if (stop.justPressed()) {
        stop.drawButton(true);
        digitalWrite(in3, LOW);
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

```
            digitalWrite(in4, LOW);
        digitalWrite(relay1, HIGH);
        digitalWrite(relay2, HIGH);
    }
  }

  // Tahap 3
  else if (state == 4){
    bool down = Touch_getXY();
    back_btn.press(down && back_btn.contains(pixel_x, pixel_y));
    next_btn.press(down && next_btn.contains(pixel_x, pixel_y));
    on.press(down && on.contains(pixel_x, pixel_y));
    off.press(down && off.contains(pixel_x, pixel_y));

    tft.fillRect(180, 160, 20, 10, GREEN);
    tft.fillRect(180, 240, 20, 10, RED);

    if (back_btn.justReleased())
        back_btn.drawButton();

    if (next_btn.justReleased())
        next_btn.drawButton();

    if (back_btn.justPressed()) {
        back_btn.drawButton(true);
        pemfilteran();
    }

    if (next_btn.justPressed()) {
        next_btn.drawButton(true);
        drawGraph();
    }

    if (on.justPressed()) {
        on.drawButton(true);
        off.drawButton(false);
        digitalWrite(in3, LOW);
            digitalWrite(in4, HIGH);
    }

    if (off.justPressed()) {
        on.drawButton(false);
        off.drawButton(true);
        digitalWrite(in3, LOW);
            digitalWrite(in4, LOW);
    }

    speed2 = analogRead(A8);
    if(speed2 != 0){
      speed2 = speed2 / 5.68 + 75;
    }
    analogWrite(enB, speed2);
  }

  // Grafik Spektrofotometer
  else if (state == 5){
    bool down = Touch_getXY();
    back_btn.press(down && back_btn.contains(pixel_x, pixel_y));
    next_btn.press(down && next_btn.contains(pixel_x, pixel_y));
    start.press(down && start.contains(pixel_x, pixel_y));
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

```
    // Background Putih
    tft.drawLine(10, 300, 10 + 380, 300, tft.color565(255, 255, 255));
    tft.drawLine(10 + 19 + 0 * 50.6, 300, 10 + 19 + 0 * 50.6, 305,
tft.color565(255, 255, 255));
    tft.drawLine(10 + 19 + 0.5 * 50.6, 300, 10 + 19 + 0.5 * 50.6, 305,
tft.color565(255, 255, 255));
    tft.drawLine(10 + 19 + 1.0 * 50.6, 300, 10 + 19 + 1.0 * 50.6, 305,
tft.color565(255, 255, 255));
    tft.drawLine(10 + 19 + 1.5 * 50.6, 300, 10 + 19 + 1.5 * 50.6, 305,
tft.color565(255, 255, 255));
    tft.drawLine(10 + 19 + 2.0 * 50.6, 300, 10 + 19 + 2.0 * 50.6, 305,
tft.color565(255, 255, 255));
    tft.drawLine(10 + 19 + 2.5 * 50.6, 300, 10 + 19 + 2.5 * 50.6, 305,
tft.color565(255, 255, 255));
    tft.drawLine(10 + 19 + 3.0 * 50.6, 300, 10 + 19 + 3.0 * 50.6, 305,
tft.color565(255, 255, 255));
    tft.drawLine(10 + 19 + 4.0 * 50.6, 300, 10 + 19 + 4.0 * 50.6, 305,
tft.color565(255, 255, 255));
    tft.drawLine(10 + 19 + 4.5 * 50.6, 300, 10 + 19 + 4.5 * 50.6, 305,
tft.color565(255, 255, 255));
    tft.drawLine(10 + 19 + 5.0 * 50.6, 300, 10 + 19 + 5.0 * 50.6, 305,
tft.color565(255, 255, 255));
    tft.drawLine(10 + 19 + 5.5 * 50.6, 300, 10 + 19 + 5.5 * 50.6, 305,
tft.color565(255, 255, 255));
    tft.drawLine(10 + 19 + 6.0 * 50.6, 300, 10 + 19 + 6.0 * 50.6, 305,
tft.color565(255, 255, 255));
    tft.drawLine(10 + 19 + 6.5 * 50.6, 300, 10 + 19 + 6.5 * 50.6, 305,
tft.color565(255, 255, 255));
    tft.drawLine(10 + 19 + 7.0 * 50.6, 300, 10 + 19 + 7.0 * 50.6, 305,
tft.color565(255, 255, 255));

    tft.fillRect(10,15,382,285,0xFFFF);

    if (back_btn.justReleased())
        back_btn.drawButton();

    if (next_btn.justReleased())
        next_btn.drawButton();

    if (start.justReleased())
        start.drawButton();

    if (back_btn.justPressed()) {
        back_btn.drawButton(true);
        pengukuran();
    }

    if (next_btn.justPressed()) {
        next_btn.drawButton(true);
        drawResults();
    }

    if (start.justPressed()) {
        digitalWrite(relay3, LOW);
        exposure = 1;                        // Integrations-Interval
[0,255] ms

        Serial.print("Exposure = ");
        Serial.println(exposure);
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

```
        start.drawButton(true);
        getCamera();
        delay(2000);
        digitalWrite(relay3, HIGH);
        // Spektrum Warna
        for(i = 0; i < 128; i++){
            if(i >= 0 && i < 32){
                tft.drawLine(10 + 3*i, 299, 10 + 3*i, 299 - pixels[i],
tft.color565(255 - int((255.0/32.0) * (float(i) + 1.0/3.0)), 0, 255));
                tft.drawLine(10 + 3*i + 1, 299, 10 + 3*i + 1, 299 -
(pixels[i] + (1.0/3.0) * (pixels[i+1] - pixels[i])), tft.color565(255
- int((255.0/32.0) * (float(i) + 2.0/3.0)), 0, 255));
                tft.drawLine(10 + 3*i + 2, 299, 10 + 3*i + 2, 299 -
(pixels[i] + (2.0/3.0) * (pixels[i+1] - pixels[i])), tft.color565(255
- int((255.0/32.0) * i), 0, 255));
            }

            if(i >= 32 && i < 48){
                tft.drawLine(10 + 3*i, 299, 10 + 3*i, 299 - pixels[i],
tft.color565(0, int((255.0/16.0) * (i - 32)),255));
                tft.drawLine(10 + 3*i + 1, 299, 10 + 3*i + 1, 299 -
(pixels[i] + (1.0/3.0) * (pixels[i+1] - pixels[i])), tft.color565(0,
int((255.0/16.0) * (i - 32 + 1.0/3.0)), 255));
                tft.drawLine(10 + 3*i + 2, 299, 10 + 3*i + 2, 299 -
(pixels[i] + (2.0/3.0) * (pixels[i+1] - pixels[i])), tft.color565(0,
int((255.0/16.0) * (i - 32 + 2.0/3.0)), 255));
            }

            if(i >= 48 && i < 61){
                tft.drawLine(10 + 3*i, 299, 10 + 3*i, 299 - pixels[i],
tft.color565(0, 255, 255 - int((255.0/13.0) * (i - 48))));
                tft.drawLine(10 + 3*i + 1, 299, 10 + 3*i + 1, 299 -
(pixels[i] + (1.0/3.0) * (pixels[i+1] - pixels[i])), tft.color565(0,
255, 255 - int((255.0/13.0) * (i - 48 + 1.0/3.0))));
                tft.drawLine(10 + 3*i + 2, 299, 10 + 3*i + 2, 299 -
(pixels[i] + (2.0/3.0) * (pixels[i+1] - pixels[i])), tft.color565(0,
255, 255 - int((255.0/13.0) * (i - 48 + 2.0/3.0))));
            }

            if(i >= 61 && i < 82){
                tft.drawLine(10 + 3*i, 299, 10 + 3*i, 299 - pixels[i],
tft.color565(0 + int((255.0/21.0) * (i - 61)), 255, 0));
                tft.drawLine(10 + 3*i + 1, 299, 10 + 3*i + 1, 299 -
(pixels[i] + (1.0/3.0) * (pixels[i+1] - pixels[i])), tft.color565(0 +
int((255.0/21.0) * (i - 61 + 1.0/3.0)), 255, 0));
                tft.drawLine(10 + 3*i + 2, 299, 10 + 3*i + 2, 299 -
(pixels[i] + (2.0/3.0) * (pixels[i+1] - pixels[i])), tft.color565(0 +
int((255.0/21.0) * (i - 61 + 2.0/3.0)), 255, 0));
            }

            if(i >= 82 && i < 107){
                tft.drawLine(10 + 3*i, 299, 10 + 3*i, 299 - pixels[i],
tft.color565(255, 255 - int((255.0/25.0) * (i - 82)), 0));
                tft.drawLine(10 + 3*i + 1, 299, 10 + 3*i + 1, 299 -
(pixels[i] + (1.0/3.0) * (pixels[i+1] - pixels[i])), tft.color565(255,
255 - int((255.0/25.0) * (i - 82 + 1.0/3.0)), 0));
                tft.drawLine(10 + 3*i + 2, 299, 10 + 3*i + 2, 299 -
(pixels[i] + (2.0/3.0) * (pixels[i+1] - pixels[i])), tft.color565(255,
255 - int((255.0/25.0) * (i - 82 + 2.0/3.0)), 0));
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

```
            }

            if(i >= 107 && i < 127){
                tft.drawLine(10 + 3*i, 299, 10 + 3*i, 299 - pixels[i],
tft.color565(255 - int((255.0/34.0) * (i - 107)), 0, 0));
                tft.drawLine(10 + 3*i + 1, 299, 10 + 3*i + 1, 299 -
(pixels[i] + (1.0/3.0) * (pixels[i+1] - pixels[i])), tft.color565(255
- int((255.0/34.0) * (i - 107 + 1.0/3.0)), 0, 0));
                tft.drawLine(10 + 3*i + 2, 299, 10 + 3*i + 2, 299 -
(pixels[i] + (2.0/3.0) * (pixels[i+1] - pixels[i])), tft.color565(255
- int((255.0/34.0) * (i - 107 + 2.0/3.0)), 0, 0));
            }

            if(i == 127){
                tft.drawLine(10 + 3*i, 299, 10 + 3*i, 299 - pixels[i],
tft.color565(0 + int((255.0/34.0) * (i - 107)), 255, 255));
            }
        }
        delay(5000);
    }
  }

  // Hasil
  else if (state == 6){
    bool down = Touch_getXY();
    back_btn.press(down && back_btn.contains(pixel_x, pixel_y));
    next_btn.press(down && next_btn.contains(pixel_x, pixel_y));

    if (back_btn.justReleased())
        back_btn.drawButton();

    if (next_btn.justReleased())
        next_btn.drawButton();

    if (back_btn.justPressed()) {
        back_btn.drawButton(true);
        drawGraph();
    }

    if (next_btn.justPressed()) {
        next_btn.drawButton(true);
        drawSave();
    }
  }

  // Simpan Data
  else if (state == 7){
    bool down = Touch_getXY();
    yes.press(down && yes.contains(pixel_x, pixel_y));
    no.press(down && no.contains(pixel_x, pixel_y));

    if (yes.justReleased())
        yes.drawButton();

    if (no.justReleased())
        no.drawButton();

    if (yes.justPressed()) {
        yes.drawButton(true);
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

```
        int year = rtc.year();
        int month = rtc.month();
        int day = rtc.day();
        int hour = rtc.hour();
        int minute = rtc.minute();
        int second = rtc.second();
        char fileName[50];

        sprintf(fileName, "data_20%02d%02d%02d_%02d-%02d-%02d.csv",
year, month, day, hour, minute, second);
        Serial.println(fileName);

        // Create a new file on the SD card
        dataFile = SD.open(fileName, FILE_WRITE);

        if (dataFile) {
          Serial.print("Writing to file...");

          dataFile.println("PARAMETER");
          dataFile.print("Exposure: ");
          dataFile.println(exposure);

          dataFile.println("HASIL");

          for(int j = 0; j < 128; j++)
          {
            dataFile.println(pixels[j]);
          }

          // close the file:
          dataFile.close();
          Serial.println("done.");
        } else {
          // if the file didn't open, print an error:
          Serial.println("Error opening file!");
        }

        // re-open the file for reading:
        dataFile = SD.open(fileName);
        if (dataFile) {
          Serial.println(fileName);

          // read from the file until there's nothing else in it:
          while (dataFile.available()) {
            Serial.write(dataFile.read());
          }
          // close the file:
          dataFile.close();
        } else {
          // if the file didn't open, print an error:
          Serial.println("Error opening file!");
        }
        drawPrompt();
    }

    if (no.justPressed()) {
        no.drawButton(true);
        drawPrompt();
    }
  }
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

```
  // Prompt Ulang
  else if (state == 8){
    bool down = Touch_getXY();
    yes.press(down && yes.contains(pixel_x, pixel_y));
    no.press(down && no.contains(pixel_x, pixel_y));

    if (yes.justReleased())
        yes.drawButton();

    if (no.justReleased())
        no.drawButton();

    if (yes.justPressed()) {
        yes.drawButton(true);
        drawGraph();
    }

    if (no.justPressed()) {
        no.drawButton(true);
        drawMenu();
    }
  }
}

// Mengambil Data Sensor dari TSL1401
void getCamera(){
  digitalWrite(clk, LOW);
  digitalWrite(si, HIGH);
  digitalWrite(clk, HIGH);
  digitalWrite(si, LOW);
  digitalWrite(clk, LOW);

  for (int j = 0; j < 128; j++){
    digitalWrite(clk, HIGH);
    digitalWrite(clk, LOW);
  }

  delayMicroseconds(exposure);

  digitalWrite(si, HIGH);
  digitalWrite(clk, HIGH);
  digitalWrite(si, LOW);
  digitalWrite(clk, LOW);

  for (int j = 0; j < 128; j++){
    delayMicroseconds(20);

    pixels[j] = analogRead(pixel_value) / factor;    // Brightness
range [0,255]
    Serial.print("pixel-");
    Serial.print(j);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(pixels[j]);
    Serial.println();
    digitalWrite(clk, HIGH);
    digitalWrite(clk, LOW);
  }

  delayMicroseconds(20);
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

```
  // digitalWrite(clk, LOW);
  // digitalWrite(si, HIGH);
  // digitalWrite(clk, HIGH);
  // digitalWrite(si, LOW);

  // int utime = micros();

  // digitalWrite(clk, LOW);

  // for (int j = 0; j < 128; j++){
  //   digitalWrite(clk, HIGH);
  //   digitalWrite(clk, LOW);
  // }

  // delayMicroseconds(exposure);

  // digitalWrite(si, HIGH);
  // digitalWrite(clk, HIGH);
  // digitalWrite(si, LOW);

  // utime = micros() - utime;

  // digitalWrite(clk, LOW);

  // for (int j = 0; j < 128; j++){
  //   delayMicroseconds(20);

  //   pixels[j] = analogRead(pixel_value)/4;

  //   digitalWrite(clk, HIGH);
  //   digitalWrite(clk, LOW);

  //   Serial.print("pixel-");
  //   Serial.print(j);
  //   Serial.print(": ");
  //   Serial.print(pixels[j]);
  //   Serial.println();
  // }

  // digitalWrite(clk, HIGH);
  // digitalWrite(clk, LOW);

  // delayMicroseconds(20);
}
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

5.2 Source Code menu_functions.cpp

```
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <MCUFRIEND_kbv.h>
#include <Fonts/FreeSans9pt7b.h>
#include <Fonts/FreeSans12pt7b.h>

// Adafruit GFX
extern Adafruit_GFX_Button start, stop, mode, refresh, keypad;
extern Adafruit_GFX_Button on, off, back_btn, next_btn;
extern Adafruit_GFX_Button btn1, btn2, btn3, btn4;
extern Adafruit_GFX_Button yes, no;

// MCUFRIEND
extern MCUFRIEND_kbv tft;

// Menu
extern int state;

#define BLACK   0x0000
#define BLUE    0x001F
#define RED     0xF800
#define GREEN   0x07E0
#define CYAN    0x07FF
#define MAGENTA 0xF81F
#define YELLOW  0xFFE0
#define WHITE   0xFFFF
#define GRAY1   0xB9B9B9
#define GRAY2   0x4C4C4C

void showmsgXY(int x, int y, int sz, const GFXfont *f, const char
*msg)
{
    int16_t x1, y1;
    uint16_t wid, ht;
    tft.setFont(f);
    tft.setCursor(x, y);
    tft.setTextColor(WHITE);
    tft.setTextSize(sz);
    tft.print(msg);
}

void drawCentreString(const char *buf, int x, int y, int sz)
{
    int16_t x1, y1;
    uint16_t w, h;
    tft.setFont(NULL);
    tft.getTextBounds(buf, x, y, &x1, &y1, &w, &h); //calc width of
new string
    tft.setCursor(x - w / 2, y);
    tft.setTextSize(sz);
    tft.print(buf);
}

/*
void drawTemp(byte x, byte y, float temp)
{
  char buf[16];
  dtostrf(temp, 6, 1, buf);
  showmsgXY(x, y, 2, &FreeSans12pt7b, buf);
}
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

```
*/

void drawMenu()
{
    state = 0;
    tft.fillScreen(BLACK);

    showmsgXY(20, 40, 1, &FreeSans12pt7b, "Welcome");
    showmsgXY(20, 80, 1, &FreeSans12pt7b, "Penguji Efisiensi Filter
MOF");
    start.initButton(&tft, 240, 180, 120, 60, WHITE, BLACK, WHITE,
"Mulai", 1);
    start.drawButton(false);
    mode.initButton(&tft, 240, 260, 120, 60, WHITE, BLACK, WHITE,
"Test", 1);
    mode.drawButton(false);
}


void drawStart()
{
    state = 1;
    tft.fillScreen(BLACK);

    showmsgXY(20,40,1,&FreeSans12pt7b,"Component Test");
    back_btn.initButton(&tft, 430, 30, 80, 40, WHITE, BLACK, WHITE,
"BACK", 1);
    back_btn.drawButton(false);
}


void persiapanSampel()
{
    state = 2;
    tft.fillScreen(BLACK);
    showmsgXY(20, 40, 1, &FreeSans12pt7b, "Tahap 1");
    showmsgXY(20, 80, 1, &FreeSans12pt7b, "Persiapan Sampel");
    back_btn.initButton(&tft, 430, 30, 80, 40, WHITE, BLACK, WHITE,
"BACK", 1);
    next_btn.initButton(&tft, 340, 30, 80, 40, WHITE, BLACK, WHITE,
"NEXT", 1);
    on.initButton(&tft, 120, 160, 100, 60, WHITE, BLACK, WHITE, "ON",
1);
    off.initButton(&tft, 120, 240, 100, 60, WHITE, BLACK, WHITE,
"OFF", 1);

    back_btn.drawButton(false);
    next_btn.drawButton(false);
    on.drawButton(false);
    off.drawButton(false);
}

void pemfilteran()
{
    state = 3;
    tft.fillScreen(BLACK);
    showmsgXY(20, 40, 1, &FreeSans12pt7b, "Tahap 2");
    showmsgXY(20, 80, 1, &FreeSans12pt7b, "Pemfilteran");
    back_btn.initButton(&tft, 430, 30, 80, 40, WHITE, BLACK, WHITE,
"BACK", 1);
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

```
    next_btn.initButton(&tft, 340, 30, 80, 40, WHITE, BLACK, WHITE,
"NEXT", 1);
    start.initButton(&tft, 120, 160, 100, 60, WHITE, BLACK, WHITE,
"Start", 1);
    stop.initButton(&tft, 120, 240, 100, 60, WHITE, BLACK, WHITE,
"Stop", 1);

    back_btn.drawButton(false);
    next_btn.drawButton(false);
    start.drawButton(false);
    stop.drawButton(false);
}

void pengukuran()
{
    state = 4;
    tft.fillScreen(BLACK);
    showmsgXY(20, 40, 1, &FreeSans12pt7b, "Tahap 3");
    showmsgXY(20, 80, 1, &FreeSans12pt7b, "Pengukuran");
    back_btn.initButton(&tft, 430, 30, 80, 40, WHITE, BLACK, WHITE,
"BACK", 1);
    next_btn.initButton(&tft, 340, 30, 80, 40, WHITE, BLACK, WHITE,
"NEXT", 1);
    on.initButton(&tft, 120, 160, 100, 60, WHITE, BLACK, WHITE, "ON",
1);
    off.initButton(&tft, 120, 240, 100, 60, WHITE, BLACK, WHITE,
"OFF", 1);

    back_btn.drawButton(false);
    next_btn.drawButton(false);
    on.drawButton(false);
    off.drawButton(false);
}

void drawGraph()
{
    state = 5;
    tft.fillScreen(BLACK);

    tft.setTextColor(tft.color565(255, 255, 255),tft.color565(0, 0,
0));
    drawCentreString("Spectrophotometer", 240, 3, 1);
    drawCentreString("400", 10 + 19, 310,1);
    drawCentreString("440", 10 + 19 + 1 * 50.6, 310,1);
    drawCentreString("480", 10 + 19 + 2 * 50.6, 310,1);
    drawCentreString("520", 10 + 19 + 3 * 50.6, 310,1);
    drawCentreString("560", 10 + 19 + 4 * 50.6, 310,1);
    drawCentreString("600", 10 + 19 + 5 * 50.6, 310,1);
    drawCentreString("640", 10 + 19 + 6 * 50.6, 310,1);
    drawCentreString("680", 10 + 19 + 7 * 50.6, 310,1);
    drawCentreString("[nm]", 420, 310,1);

    tft.setFont(&FreeSans9pt7b);
    back_btn.initButton(&tft, 435, 30, 80, 40, WHITE, BLACK, WHITE,
"BACK", 1);
    next_btn.initButton(&tft, 435, 80, 80, 40, WHITE, BLACK, WHITE,
"NEXT", 1);
    start.initButton(&tft, 435, 130, 80, 40, WHITE, BLACK, WHITE,
"START", 1);
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

```
    back_btn.drawButton(false);
    next_btn.drawButton(false);
    start.drawButton(false);
}

void drawResults()
{
    state = 6;
    tft.fillScreen(BLACK);
    showmsgXY(20, 40, 1, &FreeSans12pt7b, "Hasil");

    back_btn.initButton(&tft, 430, 30, 80, 40, WHITE, BLACK, WHITE,
"BACK", 1);
    next_btn.initButton(&tft, 340, 30, 80, 40, WHITE, BLACK, WHITE,
"NEXT", 1);

    back_btn.drawButton(false);
    next_btn.drawButton(false);
}

void drawSave()
{
    state = 7;
    tft.fillScreen(BLACK);
    showmsgXY(20, 40, 1, &FreeSans12pt7b, "Save Data?");

    yes.initButton(&tft, 180, 160, 120, 60, WHITE, BLACK, WHITE,
"Yes", 1);
    no.initButton(&tft, 180, 240, 120, 60, WHITE, BLACK, WHITE, "No",
1);

    yes.drawButton(false);
    no.drawButton(false);
}

void drawPrompt()
{
    state = 8;
    tft.fillScreen(BLACK);
    showmsgXY(20, 40, 1, &FreeSans12pt7b, "Retry?");

    yes.initButton(&tft, 180, 160, 120, 60, WHITE, BLACK, WHITE,
"Yes", 1);
    no.initButton(&tft, 180, 240, 120, 60, WHITE, BLACK, WHITE, "No",
1);

    yes.drawButton(false);
    no.drawButton(false);
}
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

5.3 Source Code menu_functions.h

```
// Header file
#ifndef MENU_FUNCTIONS_H
#define MENU_FUNCTIONS_H

  // Show Message
  void showmsgXY(int x, int y, int sz, const GFXfont *f, const char
*msg);

  // Draw Center Ctring
  void drawCentreString(const char *buf, int x, int y, int sz);

  // Menu Utama
  void drawMenu();

  // Menu Tahap 1
  void persiapanSampel();

  // Menu Tahap 2
  void pemfilteran();

  // Menu Tahap 3
  void pengukuran();

  // Menu Grafik Spektrofotometer
  void drawGraph();

  // Menu Hasil
  void drawResults();

  // Menu Prompt Penyimpanan Data
  void drawSave();

  // Menu Prompt Pengulangan Pengujian
  void drawPrompt();

#endif
```

5.4 Source Code INA219

```
#include <Wire.h>  //saat kita menggunakan komunikasi I2C
#include <Adafruit_INA219.h>  //memanggil library dari INA219

Adafruit_INA219 ina219; //memberikan nama pada modul sensor dengan
nama "ina219"

//membuat variabel yang akan dipakai untuk perhitungan, tipe datanya
adalah bilangan desimal
float shuntvoltage = 0;
float busvoltage = 0;
float current_mA = 0;
float loadvoltage = 0;
float power_mW = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600); //komunikasi dengan serial monitor
  while (!Serial) { // menunggu sampai serial monitor terbuka
      delay(1);
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.

```
  }
  uint32_t currentFrequency; //mengatur current frequency
  if (! ina219.begin()) { //inisiasi untuk memulai modul sensor ina219
    Serial.println("Failed to find INA219 chip"); //jika gagal akan
ada tulisan tsb
    while (1) { delay(10); } //jika gagal, program tidak akan lanjut
  }
  Serial.print("Bus Voltage
(V)");Serial.print(",");Serial.print("Shunt Voltage
(mV)");Serial.print(",");Serial.print("Load
Voltage(V)");Serial.print(",");Serial.print("Current
(mA)");Serial.print(",");Serial.print("Power
(mW)");Serial.println(""); //jika berhasil akan ada tulisan tsb
}

void loop() {
  //mengambil data dan disimpan dalam variabel yang telah disediakan
  shuntvoltage = ina219.getShuntVoltage_mV();
  busvoltage = ina219.getBusVoltage_V();
  current_mA = ina219.getCurrent_mA();
  power_mW = ina219.getPower_mW();
  loadvoltage = busvoltage + (shuntvoltage / 1000);

  //menampilkan hasil pengukuran
   Serial.print(busvoltage);
Serial.print(",");Serial.print(shuntvoltage);Serial.print(",");Serial.
print(loadvoltage);Serial.print(",");Serial.print(current_mA);Serial.p
rint(",");Serial.print(power_mW);

  Serial.println("");
  delay(10000);
  }
```


© 2024 Prodi Teknik Elektro-ITB. Pengungkapan dan penggunaan seluruh isi dokumen hanya dapat dilakukan atas ijin tertulis Prodi Teknik Elektro - ITB Jalan Ganesha 10 Bandung, 40132 Indonesia.