



INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

JALAN GANESHA NO. 10 Gedung Labtek V Lantai 2 ☎ (022)2508135-36, 📠 (022)2500940
BANDUNG 40132

Dokumentasi Produk Tugas Akhir

Lembar Sampul Dokumen

Judul Dokumen	TUGAS AKHIR TEKNIK ELEKTRO: PENGUJIAN EFISIENSI FILTER MOF
Jenis Dokumen	DESAIN SISTEM <small>Catatan: Dokumen ini dikendalikan penyebarannya oleh Prodi Teknik Elektro ITB</small>
Nomor Dokumen	B300-TA2324.01.004
Nomor Revisi	003
Nama File	B300-TA2324.01.004-003
Tanggal Penerbitan	29 Desember 2023
Unit Penerbit	Prodi Teknik Elektro - ITB
Jumlah Halaman	64 (termasuk lembar sampul ini)

Data Pemeriksaan dan Persetujuan				
Ditulis Oleh	Nama	Elmo Ryaner Panggabean	Jabatan	Mahasiswa
	Tanggal	29 Desember 2023	Tanda Tangan	
	Nama	Muhammad Raihan Elfazri	Jabatan	Mahasiswa
	Tanggal	29 Desember 2023	Tanda Tangan	
	Nama	Gilbert Ng	Jabatan	Mahasiswa
	Tanggal	29 Desember 2023	Tanda Tangan	
Diperiksa Oleh	Nama	Ir. Akhmadi Surawijaya, S.T, M.Eng.	Jabatan	Dosen Pembimbing
	Tanggal	29 Desember 2023	Tanda Tangan	
Disetujui Oleh	Nama	Ir. Akhmadi Surawijaya, S.T, M.Eng.	Jabatan	Dosen Pembimbing
	Tanggal	29 Desember 2023	Tanda Tangan	

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	2
CATATAN SEJARAH PERBAIKAN DOKUMEN	4
1 PENGANTAR	5
1.1 RINGKASAN ISI DOKUMEN	5
1.2 TUJUAN PENULISAN DAN APLIKASI/KEGUNAAN DOKUMEN	5
1.3 REFERENSI	5
1.4 DAFTAR SINGKATAN.....	6
2 KONSEP SISTEM	7
2.1 PILIHAN SISTEM	7
2.1.1 Pilihan Sistem #1	7
2.1.2 Pilihan Sistem #2	9
2.1.3 Pilihan Sistem #3	11
2.1.4 Subblok Sistem	13
2.2 ANALISIS.....	15
2.2.1 Metode Analisis.....	15
2.2.2 Analisis Konsep.....	16
2.3 SISTEM YANG AKAN DIKEMBANGKAN.....	17
3 DESAIN SISTEM	19
3.1 PEMODELAN FUNGSIONAL SISTEM.....	19
3.1.1 Level 0.....	19
3.1.2 Level 1	19
3.1.3 Level 2.....	19
3.1.4 Level 3.....	22
3.2 DEKOMPOSISI FUNGSI SISTEM.....	23
3.2.1 Level 0.....	23
3.2.2 Level 1	23
3.2.3 Level 2.....	25
3.2.4 Level 3.....	32
3.3 PEMODELAN TINGKAH LAKU SISTEM	34
3.3.1 Sistem Keseluruhan.....	34
3.3.2 Subsistem Penyimpanan Sampel.....	37
3.3.3 Subsistem Reaktor Filter.....	38
3.3.4 Subsistem Pengukuran	39
3.3.5 Subsistem Mikrokontroler.....	40
3.3.6 Subsistem User Interface.....	41
3.3.7 Subsistem Power Supply	42
3.4 DESAIN PERANGKAT KERAS	43
3.4.1 Pilihan Komponen.....	43
3.4.2 Skematik Keseluruhan Sistem	59
3.5 DESAIN PERANGKAT LUNAK.....	59
3.5.1 User Interface	59

3.5.2	<i>Program Perhitungan Absorbansi</i>	61
3.5.3	<i>Program Subsistem Sensor Cahaya</i>	61
4	JADWAL Pengerjaan	62
5	Lampiran	64

Catatan Sejarah Perbaikan Dokumen

VERSI, TGL, OLEH	PERBAIKAN
1.2, 29 Desember 2023, Elmo Ryaner P.	Revisi berdasarkan masukan dari dosen pembimbing (State Diagram, Pemilihan Komponen)
1.1, 27 Desember 2023, Gilbert Ng	Revisi berdasarkan masukan dari dosen penguji saat Seminar Proposal TA I (Algoritma Utama, <i>User Interface</i> , Penamaan Subblok, Pemilihan Komponen, Perhitungan Daya, Pemodelan Tingkah Laku) serta Pemodelan Fungsional Sistem dan menambah lampiran
1.0, 8 Desember 2023	Dokumen versi 1
0.1, 24 November 2023	Dokumen dibuat

1 Pengantar

1.1 Ringkasan Isi Dokumen

Dokumen B300 ini berisi desain dan perancangan dari produk yang akan dikembangkan kelompok TA232401004. Produk yang akan dikembangkan berupa modul yang mengintegrasikan tahapan-tahapan pengujian filter air limbah. Desain dan perancangan produk yang akan dikembangkan ini mengacu pada spesifikasi yang dirinci dalam dokumen B200 sebelumnya. Dokumen ini secara garis besar berisi konsep sistem, desain sistem, dan jadwal pengerjaan. Konsep sistem berisi alternatif sistem yang dapat dikembangkan, analisis dan pemilihan sistem, dan sistem yang akan dikembangkan. Desain sistem berisi dekomposisi fungsi sistem hingga level paling rendah/atomik dan pemodelan tingkah laku sistem. Jadwal pengerjaan berisi pembagian tugas dan target yang perlu dicapai dalam suatu kurun waktu selama pengerjaan Tugas Akhir II di semester genap Tahun Ajaran 2023/2024.

1.2 Tujuan Penulisan dan Aplikasi/Kegunaan Dokumen

Dokumen B300 ini dibuat dengan maksud sebagai panduan untuk memberikan gambaran terkait proses desain dan perancangan sistem yang akan dikembangkan serta tolak ukur pengembangan sistem. Selain itu, dokumen ini juga dibuat dengan maksud sebagai bentuk dokumentasi segala progres dan revisi selama pengerjaan Tugas Akhir I. Dokumen B300 ditujukan kepada dosen pembimbing tugas akhir dan tim tugas akhir Program Studi Teknik Elektro ITB sebagai salah satu komponen penilaian Tugas Akhir I, serta kepada semua pihak (dalam lingkup STEI ITB) yang ingin mengembangkan produk-produk lain yang serupa sebagai bahan referensi.

1.3 Referensi

- [1] Zhang, C., Ren, G., Wang, W., Yu, X., Yu, F., Zhang, Q., & Zhou, M., *A New Type of Continuous-Flow Heterogeneous Electro-Fenton Reactor for Tartrazine Degradation*. Elsevier B. V.: Tianjin (2019).
- [2] Lin, Z., Zhang, C., Su, P., Lü, W., Zhang, Z., Wang, X., & Hu, W., *Fenton process for treating acrylic manufacturing wastewater: Parameter optimization, performance evaluation, degradation mechanism*. MPDI: Beijing (2022).
- [3] Mondloch, Joseph E., Olga Karagiari, Omar K. Farha, and Joseph T. Hupp. *Activation of Metal–Organic Framework Materials*. CrystEngComm 15, no. 45 (2013): 9258. <https://doi.org/10.1039/c3ce41232f>.
- [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, WW., Anshori, L., Wahyuningsih, S., Saraswati, TE., Handayani, M., Suharbiansah, RSR., *Effective Indigo Carmine Adsorption Using Materials of Institute Lavoisier (MIL-101 Cr) modified Ethylenediamine compared to MIL-101-NH2*. BRIN: Bandung (2023)

1.4 Daftar Singkatan

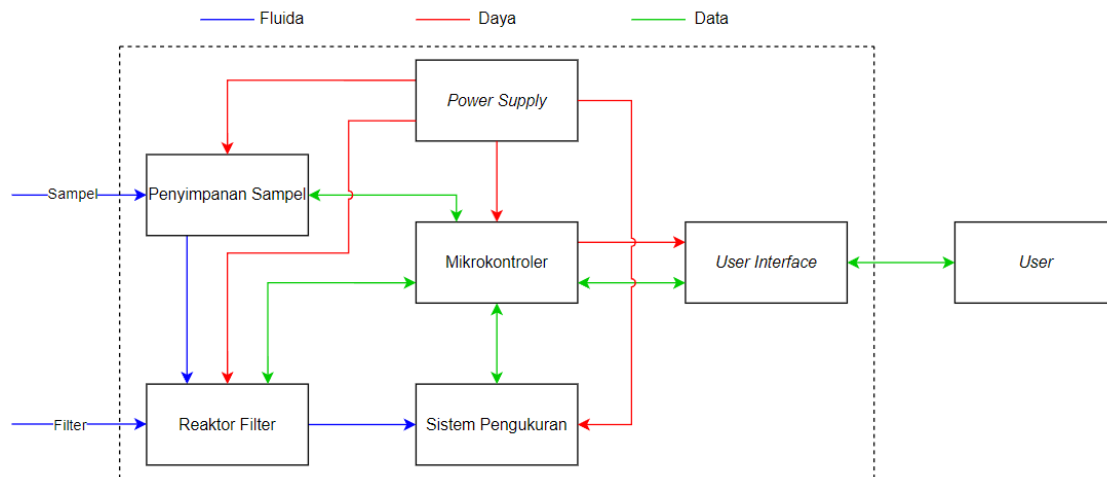
SINGKATAN	ARTI
AC	Alternating Current
BMS	Battery Management System
CD	Compact Disk
CMOS	Complementary Metal-Oxide-Semiconductor
DC	Direct Current
DIY	Do It Yourself
DPI	Dots Per Inch
DVD	Digital Versatile Disk
FSM	Finite State Machine
GND	Ground
IC	Integrated Circuit
IIC/I2C	Inter-Integrated Circuit
INR	Li-NiMnCoO ₂ (Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide)
JPEG	Joint Photographic Experts Group
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
MOF	Metal Organic Framework
MOSI	Master-Out-Slave-In
OLED	Organic Light Emitting Diodes
PTC	Positive Temperature Coefficient
PWM	Pulse Width Modulation
QVGA	Quarter Video Graphics Array
rpm	rotation per minute
SCL	Serial Clock
SD	Secure Digital
SDA	Serial Data
SDRAM	Synchronous Dynamic Random Access Memory
TFT	Thin Film Transistor
USB	Universal Serial Bus
UV	Ultraviolet
VCC	Voltage Common Collector
VGA	Video Graphics Array

2 Konsep Sistem

2.1 Pilihan Sistem

2.1.1 Pilihan Sistem #1

2.1.1.1 Arsitektur Utama

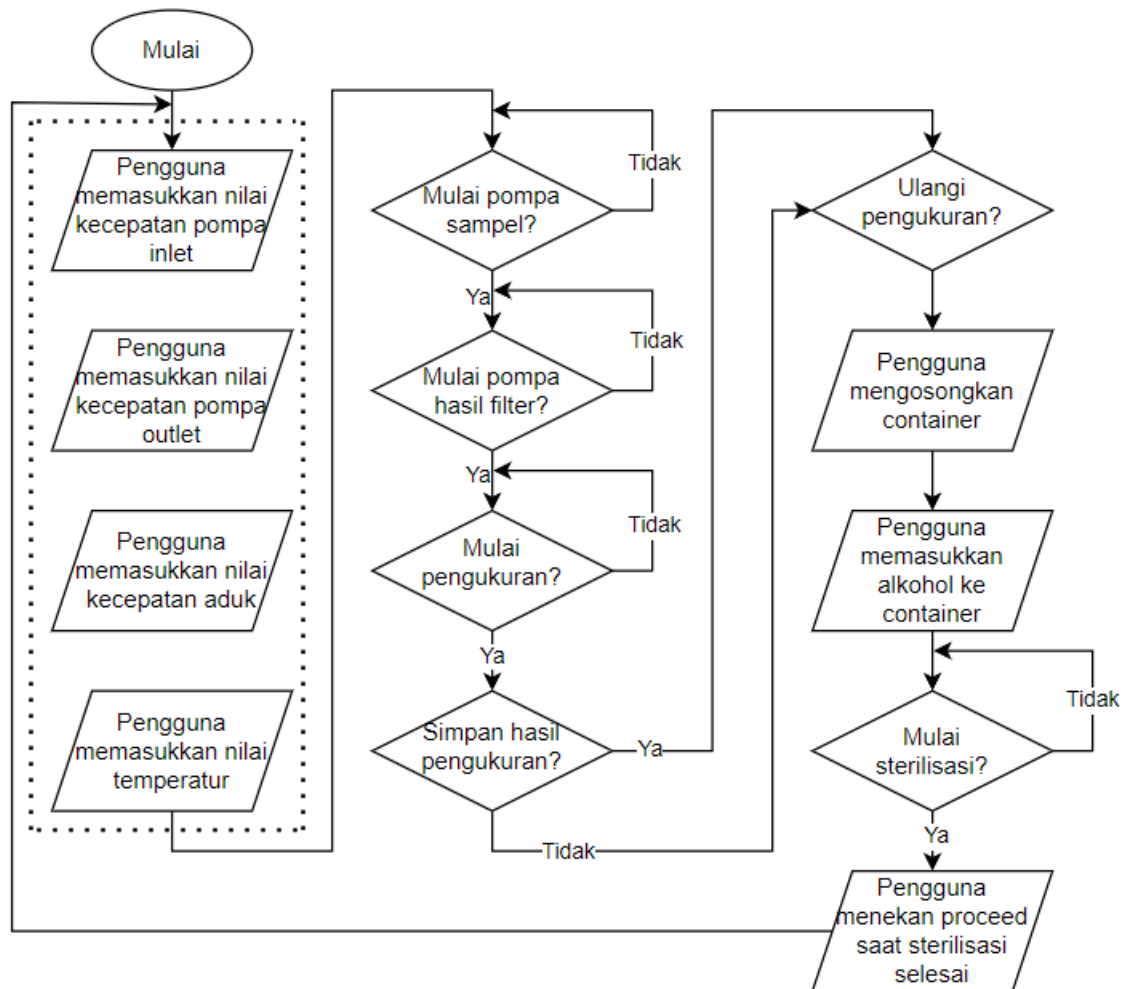


Gambar 2-1 Arsitektur Pilihan Sistem 1

Pada pilihan sistem ini, terdapat tempat penyimpanan sampel, reaktor filter, sistem pengukuran, sistem kendali, dan *power supply*. Penyimpanan sampel menggunakan suatu media penyimpanan untuk menampung sampel air limbah yang akan difilter. Selanjutnya sampel air limbah tersebut akan dipompa menuju reaktor filter dengan kecepatan yang dapat diatur oleh pengguna. Dalam reaktor filter, terdapat aktuator-aktuator yang dapat mengatur temperatur, kecepatan aduk, dan kecepatan pompa. Pemfilteran akan berlangsung dalam reaktor filter. Setelah pemfilteran, hasil filter akan dipompa ke sistem pengukuran. Sampel yang sudah difilter akan masuk ke dalam kuvet kuarsa dan kemudian ditembakkan dengan sumber cahaya polikromatik yang didispersi menjadi cahaya monokromatik menggunakan kisi difraksi. Di sisi lain kuvet terdapat sensor yang membaca nilai absorbansi sampel hasil filter terhadap panjang gelombang cahaya. Hasil tersebut akan dikirim ke mikrokontroler dan ditampilkan pada *user interface*. Data yang diperoleh tersebut dapat disimpan ke dalam *SD card* sesuai kebutuhan pengguna. Setelah tindak lanjut data diberikan, pengguna dapat melakukan pengukuran berulang dengan mengubah parameter lainnya.

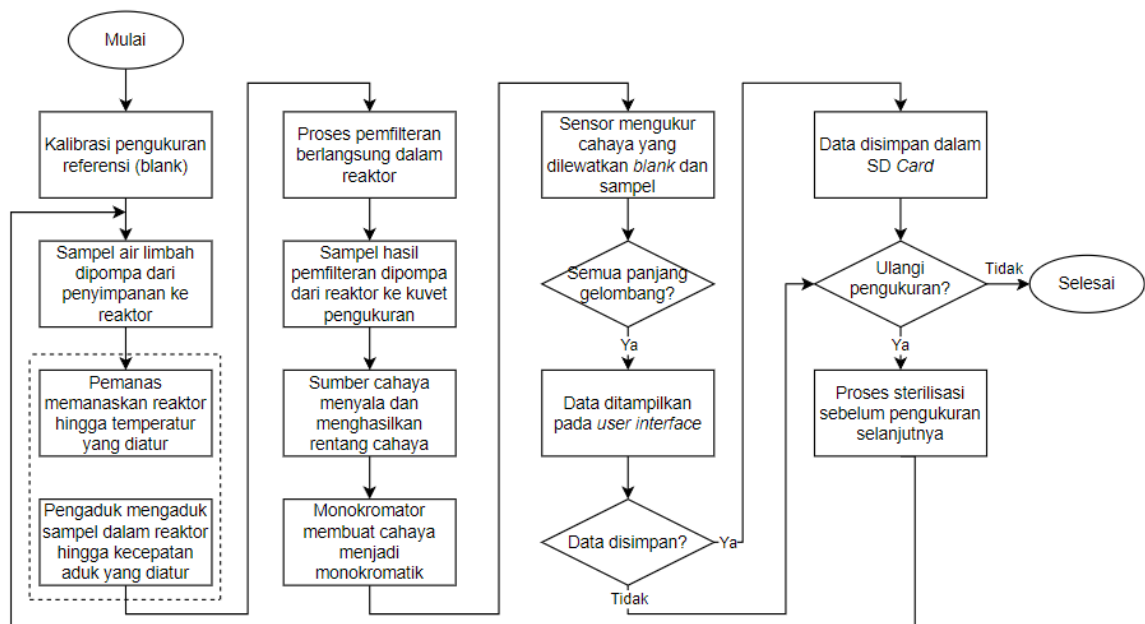
2.1.1.2 User Interaction

Cara kerja pilihan sistem ini adalah pertama pengguna memasukkan sampel air limbah ke dalam tempat penyimpanan sampel dan bahan filter ke dalam reaktor filter. Kemudian pengguna memasukkan parameter-parameter yang diinginkan, meliputi kecepatan pompa inlet dan outlet, temperatur, dan kecepatan aduk. Setelah semua konfigurasi parameter selesai, pengguna memberi perintah melalui *user interface* untuk memulai proses pemfilteran hingga pengukuran. Sampel air limbah akan dipompa dari penyimpanan sampel menuju reaktor filter dan mengalami pemfilteran. Sampel yang sudah difilter tersebut kemudian dipompa ke dalam sistem pengukuran dan diukur nilai absorbansinya. Grafik nilai absorbansi sampel hasil filter terhadap panjang gelombang cahaya akan ditampilkan pada *user interface*.



Gambar 2-2 Diagram Alir User Interaction Pilihan Sistem 1

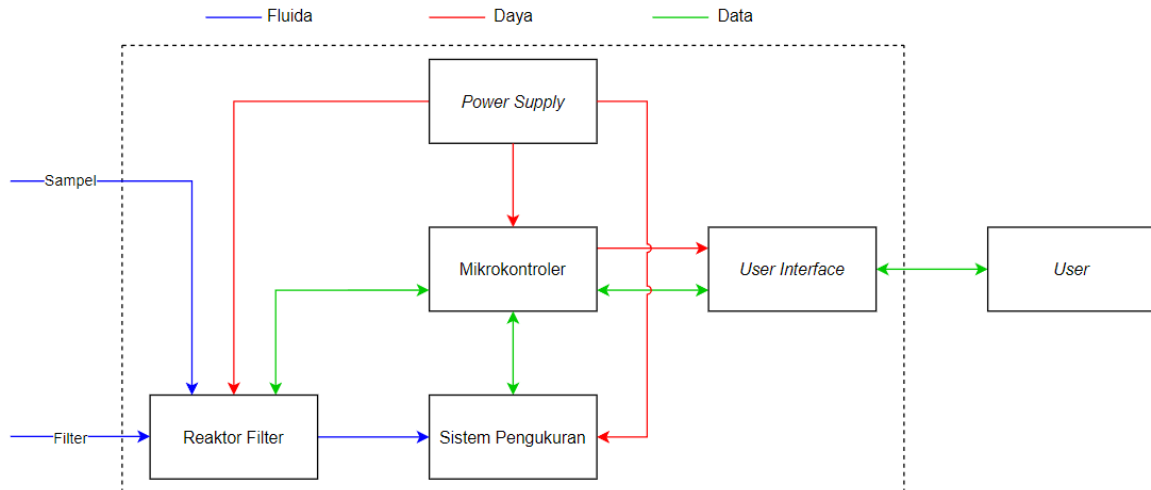
2.1.1.3 Algoritma Utama



Gambar 2-3 Algoritma Utama Pilihan Sistem 1

2.1.2 Pilihan Sistem #2

2.1.2.1 Arsitektur Utama

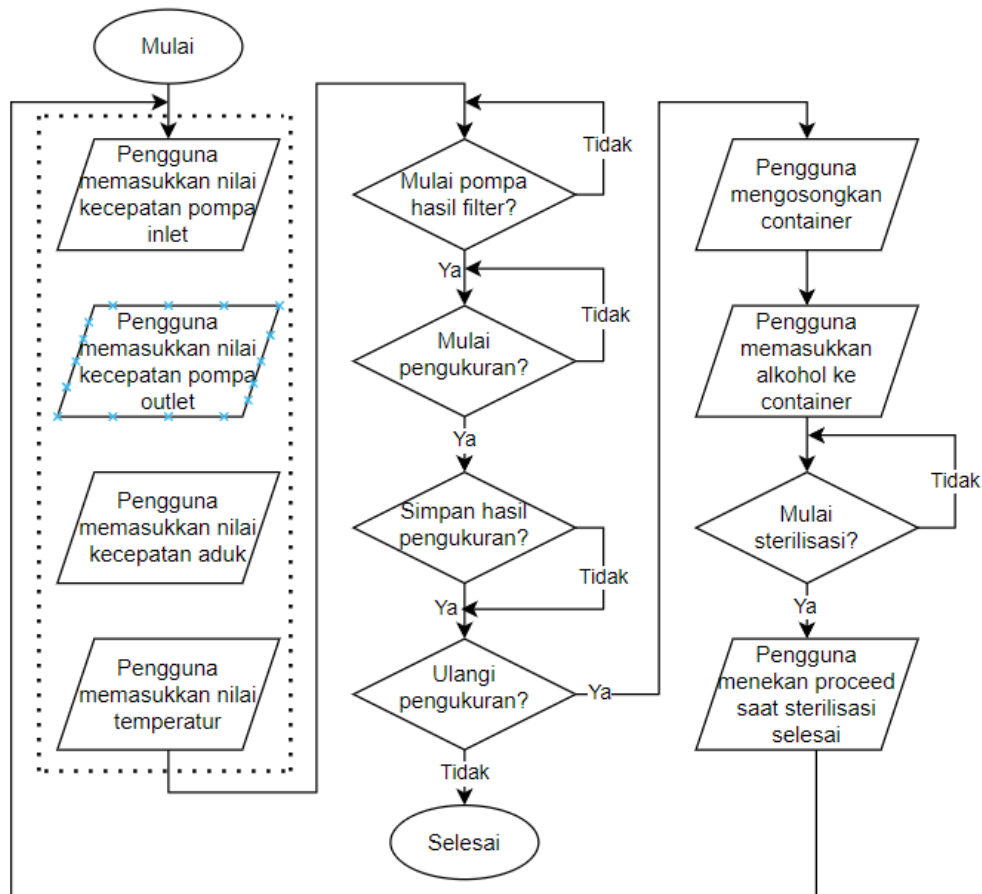


Gambar 2-4 Arsitektur Pilihan Sistem 2

Pada pilihan sistem ini, hanya terdapat reaktor filter, sistem pengukuran, sistem kendali, dan *power supply*. Sampel air limbah dimasukkan langsung dalam reaktor filter bersama dengan filter. Dalam pilihan sistem ini pemfilteran akan langsung mulai dalam reaktor filter saat sampel dan filter dimasukkan. Setelah pemfilteran, hasil filter akan dipompa ke sistem pengukuran. Sampel yang sudah difilter akan masuk ke dalam kuvet kuarsa dan kemudian ditembakkan dengan sumber cahaya polikromatik yang didispersi menjadi cahaya monokromatik menggunakan kisi difraksi. Di sisi lain kuvet terdapat sensor yang membaca nilai absorbansi sampel hasil filter terhadap panjang gelombang cahaya. Hasil tersebut akan dikirim ke mikrokontroler dan ditampilkan pada *user interface*. Data yang diperoleh tersebut dapat disimpan ke dalam SD card sesuai kebutuhan pengguna. Setelah tindak lanjut data diberikan, pengguna dapat melakukan pengukuran berulang dengan mengubah parameter lainnya, dengan catatan sampel dan media filter harus diperbarui dalam reaktor filter.

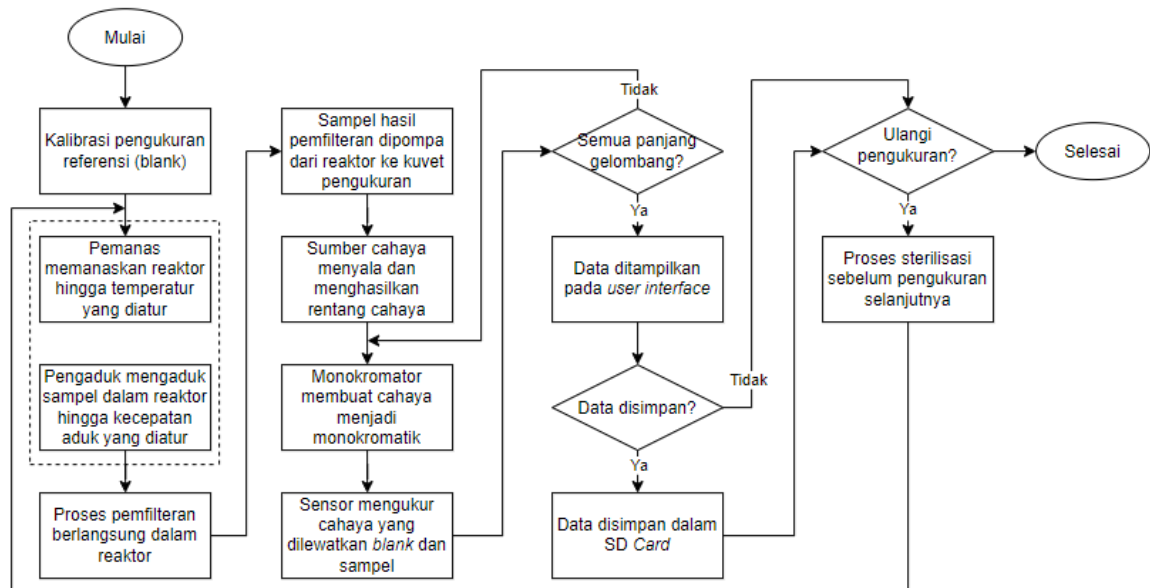
2.1.2.2 User Interaction

Cara kerja pilihan sistem ini adalah pertama pengguna memasukkan sampel air limbah dan bahan filter langsung ke dalam reaktor. Kemudian pengguna memasukkan parameter-parameter yang diinginkan, meliputi kecepatan pompa inlet dan outlet, temperatur, dan kecepatan aduk. Setelah semua konfigurasi parameter selesai, pengguna memberi perintah melalui *user interface* untuk memulai proses pengukuran. Berbeda dengan pilihan sistem sebelumnya, proses pemfilteran pada pilihan sistem ini tidak dapat diatur keberlangsungannya oleh pengguna karena proses pemfilteran akan langsung mulai ketika sampel air limbah dan bahan filter masuk ke dalam reaktor. Setelah perintah mulai dari pengguna, sampel yang sudah difilter akan dipompa ke dalam sistem pengukuran dan diukur nilai absorbansinya. Grafik nilai absorbansi sampel hasil filter terhadap panjang gelombang cahaya akan ditampilkan pada *user interface*.



Gambar 2-5 Diagram Alir User Interaction Pilihan Sistem 2

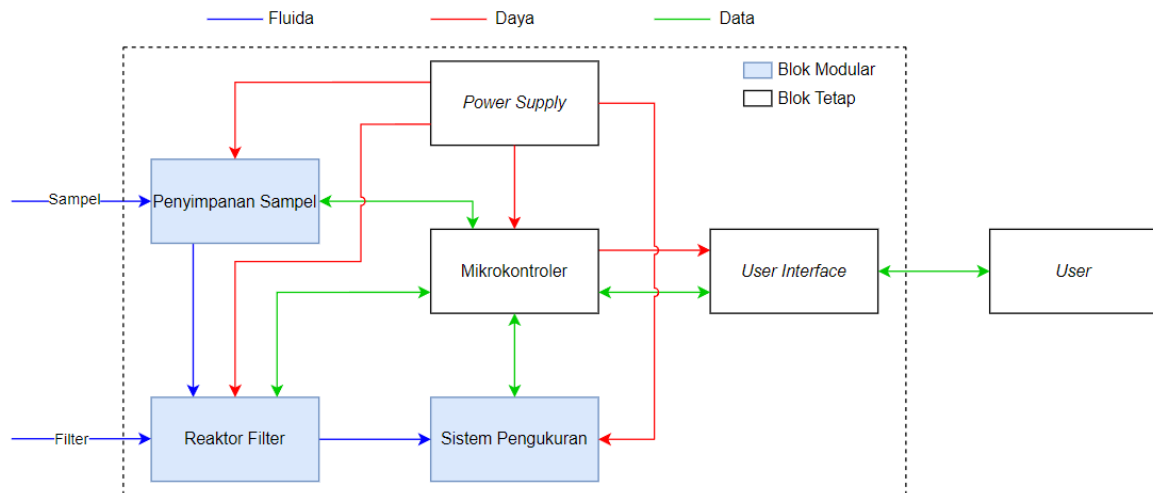
2.1.2.3 Algoritma Utama



Gambar 2-6 Algoritma Utama Pilihan Sistem 2

2.1.3 Pilihan Sistem #3

2.1.3.1 Arsitektur Utama

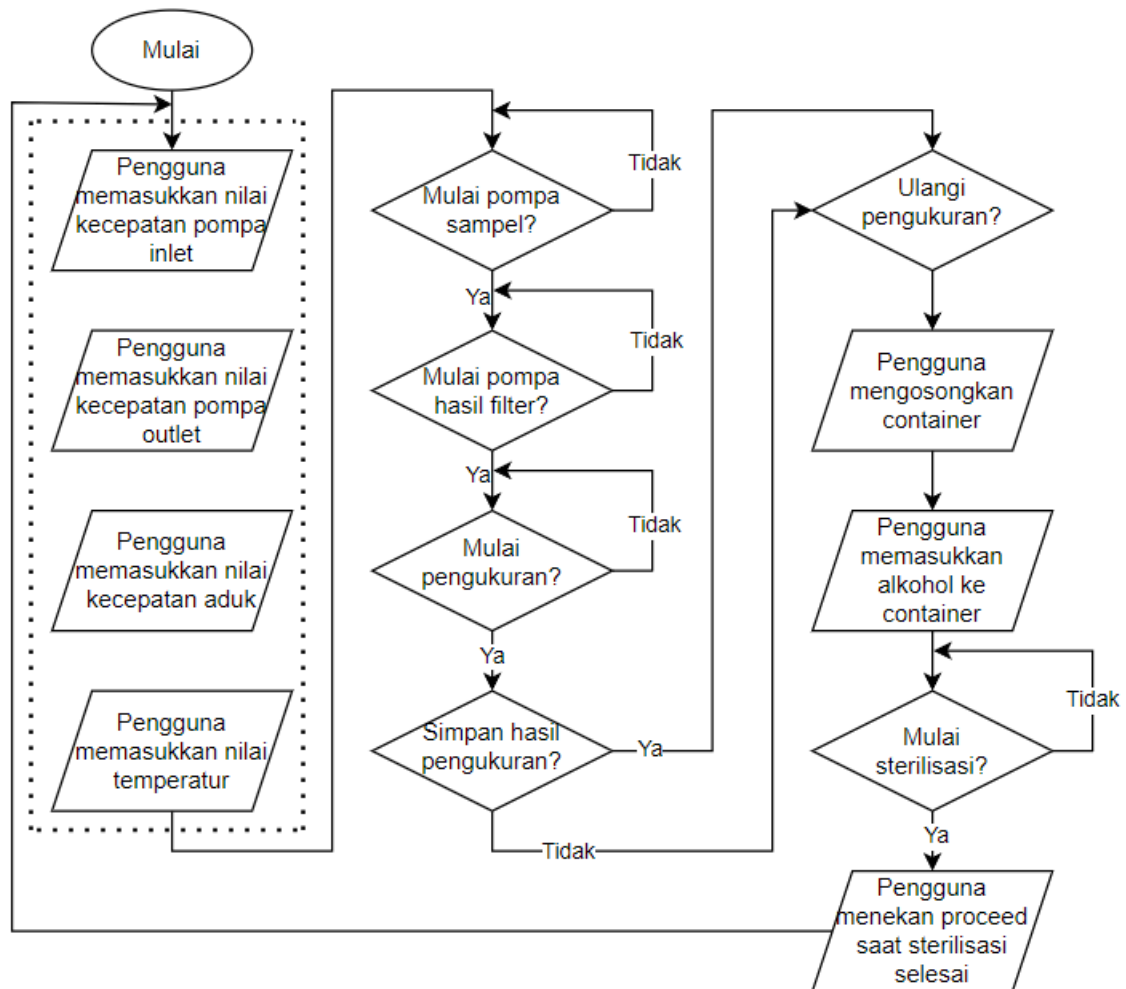


Gambar 2-7 Arsitektur Pilihan Sistem 3

Pada pilihan sistem ini, terdapat tempat penyimpanan sampel, reaktor filter, sistem pengukuran, sistem kendali, dan *power supply* sama seperti pilihan sistem #1. Perbedaannya adalah pada pilihan sistem ini memiliki subsistem yang modular dan subsistem yang *fixed*. Tempat penyimpanan sampel, reaktor filter, dan sistem pengukuran bersifat modular. Artinya, ketiga subsistem tersebut dapat “dicabut-pasang” dan dapat divariasikan oleh pengguna. Untuk pengembangan dalam Tugas Akhir ini sistem modular yang akan dikembangkan berupa reaktor filter Elektro-Fenton (EF) dan metode pengukuran spektrofotometri *double-beam*.

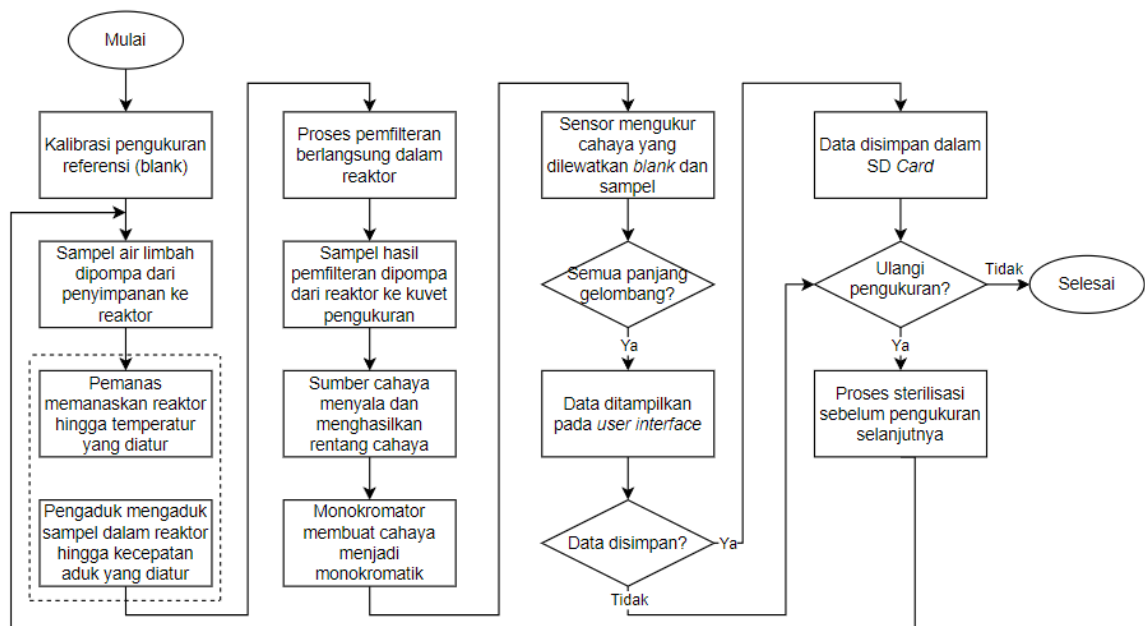
2.1.3.2 User Interaction

Cara kerja pilihan sistem ini sama dengan pilihan sistem #1, yaitu pertama pengguna memasukkan sampel air limbah ke dalam tempat penyimpanan sampel dan bahan filter ke dalam reaktor filter. Kemudian pengguna memasukkan parameter-parameter yang diinginkan, meliputi kecepatan pompa inlet dan outlet, temperatur, dan kecepatan aduk. Setelah semua konfigurasi parameter selesai, pengguna memberi perintah melalui *user interface* untuk memulai proses pemfilteran hingga pengukuran. Sampel air limbah akan dipompa dari penyimpanan sampel menuju reaktor filter dan mengalami pemfilteran. Sampel yang sudah difilter tersebut kemudian dipompa ke dalam sistem pengukuran dan diukur nilai absorbansinya. Grafik nilai absorbansi sampel hasil filter terhadap panjang gelombang cahaya akan ditampilkan pada *user interface*.



Gambar 2-8 Diagram Alir User Interaction Pilihan Sistem 3

2.1.3.3 Algoritma Utama



Gambar 2-9 Algoritma Utama Pilihan Sistem 3

2.1.4 Subblok Sistem

Dari ketiga pilihan sistem yang dirumuskan sebelumnya, terdapat beberapa subblok sistem agar sistem dapat bekerja, yaitu subblok penyimpanan sampel, subblok reaktor filter, subblok pengukuran, subblok pengolahan data, subblok *user interface*, dan subblok *power supply*.

2.1.4.1 Subblok Penyimpanan Sampel

Subblok penyimpanan sampel berfungsi sebagai tempat penyimpanan sampel air limbah yang akan difiltrasi.

1. Pilihan Sistem 1

Pada pilihan sistem ini, subblok penyimpanan sampel terdiri atas sebuah *container* (wadah) untuk menampung sampel dan pompa untuk mengalirkan sampel dari penyimpanan ke reaktor filter.

2. Pilihan Sistem 2

Pada pilihan sistem ini, tidak ada subblok penyimpanan sampel karena sampel langsung dimasukkan bersama dengan filter ke dalam reaktor filter.

3. Pilihan Sistem 3

Pada pilihan sistem ini, subblok penyimpanan sampel terdiri atas sebuah *container* (wadah) untuk menampung sampel dan pompa untuk mengalirkan sampel dari penyimpanan ke reaktor filter. Pada pilihan sistem ini jenis *container* dan pompa dapat diubah-ubah dan divariasikan oleh pengguna.

2.1.4.2 Subblok Reaktor Filter

Subblok reaktor filter berfungsi sebagai tempat terjadinya proses filtrasi sampel air limbah.

1. Pilihan Sistem 1

Pada pilihan sistem ini, subblok reaktor filter terdiri atas sebuah *container* (wadah) sebagai tempat terjadinya reaksi filtrasi, pengaduk untuk mengaduk cairan dalam reaktor, pemanas untuk mengatur temperatur cairan dalam reaktor, dan pompa untuk mengalirkan sampel dari reaktor ke sistem pengukuran.

2. Pilihan Sistem 2

Pada pilihan sistem ini, subblok reaktor filter terdiri atas sebuah *container* (wadah) sebagai tempat terjadinya reaksi filtrasi, pengaduk untuk mengaduk cairan dalam reaktor, pemanas untuk mengatur temperatur cairan dalam reaktor, dan pompa untuk mengalirkan sampel dari reaktor ke sistem pengukuran.

3. Pilihan Sistem 3

Pada pilihan sistem ini, subblok reaktor filter terdiri atas sebuah *container* (wadah) sebagai tempat terjadinya reaksi filtrasi, pengaduk untuk mengaduk cairan dalam reaktor, pemanas untuk mengatur temperatur cairan dalam reaktor, dan pompa untuk mengalirkan sampel dari reaktor ke sistem pengukuran. Pada pilihan sistem ini jenis reaktor (termasuk jenis-jenis parameter) dapat diubah-ubah dan divariasikan oleh pengguna.

2.1.4.3 Subblok Pengukuran

Subblok pengukuran berfungsi untuk mengukur absorbansi sampel air limbah yang sudah difiltrasi dengan metode spektrofotometri.

1. Pilihan Sistem 1

Pada pilihan sistem ini, subblok penyimpanan sampel terdiri atas kuvet untuk menampung sampel, sumber cahaya untuk menghasilkan cahaya dengan berbagai panjang gelombang, dan sensor cahaya untuk mendeteksi cahaya yang dilewatkan oleh sampel.

2. Pilihan Sistem 2

Pada pilihan sistem ini, subblok penyimpanan sampel terdiri atas kuvet untuk menampung sampel, sumber cahaya untuk menghasilkan cahaya dengan berbagai panjang gelombang, dan sensor cahaya untuk mendeteksi cahaya yang dilewatkan oleh sampel.

3. Pilihan Sistem 3

Pada pilihan sistem ini, subblok penyimpanan sampel terdiri atas kuvet untuk menampung sampel, sumber cahaya untuk menghasilkan cahaya dengan berbagai panjang gelombang, dan sensor cahaya untuk mendeteksi cahaya yang dilewatkan oleh sampel. Pada pilihan sistem ini jenis metode pengukuran nantinya dapat diubah-ubah dan divariasikan oleh pengguna.

2.1.4.4 Subblok Pengolahan Data

Subblok pengolahan data berfungsi sebagai pusat kendali dan pemrosesan sistem.

1. Pilihan Sistem 1

Pada pilihan sistem ini, subblok sistem ini mengendalikan keberjalanan sistem dari penyimpanan sampel ke reaktor filter, dari reaktor filter ke sistem pengukuran, dan kapan memulai pengukuran terhadap sampel. Subsistem ini juga mengatur parameter-parameter pemfilteran di dalam maupun di luar reaktor berupa kecepatan pompa, kecepatan aduk, dan temperatur. Selain itu, subsistem ini memproses data hasil pengukuran dan memungkinkan penyimpanan data berdasarkan input pengguna.

2. Pilihan Sistem 2

Pada pilihan sistem ini, subblok sistem ini mengendalikan keberjalanan sistem dari reaktor filter ke sistem pengukuran dan kapan memulai pengukuran terhadap sampel. Subsistem ini juga mengatur parameter-parameter pemfilteran di dalam maupun di luar reaktor berupa kecepatan pompa, kecepatan aduk, dan temperatur. Selain itu, subsistem ini memproses data hasil pengukuran dan memungkinkan penyimpanan data berdasarkan input pengguna.

3. Pilihan Sistem 3

Pada pilihan sistem ini, subblok sistem ini mengendalikan keberjalanan sistem dari penyimpanan sampel ke reaktor filter, dari reaktor filter ke sistem pengukuran, dan kapan memulai pengukuran terhadap sampel. Subsistem ini juga mengatur parameter-parameter pemfilteran di dalam maupun di luar reaktor berupa kecepatan pompa, kecepatan aduk, dan temperatur. Selain itu, subsistem ini memproses data hasil pengukuran dan memungkinkan penyimpanan data berdasarkan input pengguna.

2.1.4.5 Subblok *User Interface*

Subblok *user interface* berfungsi sebagai media interaksi antara pengguna dengan sistem. Subblok ini menerima input dari pengguna seperti perintah mulai memompa, nilai parameter-parameter pemfilteran, perintah mulai mengukur, perintah menyimpan data, dan perintah mengulang pengukuran. Selain menerima input subblok ini juga akan menampilkan informasi seperti nilai parameter-parameter pemfilteran dan hasil pengukuran. *User interface* ini dapat berupa layar LCD ataupun OLED.

2.1.4.6 Subblok *Power Supply*

Subblok *power supply* berfungsi sebagai sumber daya untuk keseluruhan sistem. Subblok ini memberikan daya pada setiap komponen agar dapat menyala dan bekerja. Selain itu subblok ini juga meregulasi tegangan agar sesuai dengan tegangan kerja masing-masing komponen sistem. Subsistem ini berisi adaptor 12 V, baterai, modul manajemen baterai untuk *switching* antara jala-jala dengan baterai, dan modul *step down*.

2.2 *Analisis*

2.2.1 Metode Analisis

Berdasarkan spesifikasi produk yang telah dibuat, analisis dilakukan berdasarkan beberapa kriteria yang digunakan sebagai dasar pemilihan konsep. Terdapat lima kriteria utama yang menjadi pertimbangan dalam penentuan konsep sistem yang akan dikembangkan.

A. Praktikalitas

Praktikalitas atau *ease of use* mencakup berbagai aspek, termasuk kemudahan pemeliharaan atau perbaikan, keramahan pengguna, skalabilitas, dan kemampuan beradaptasi dengan lingkungan yang berbeda.

B. Durabilitas

Durabilitas mencakup kekokohan sistem dan umur pemakaian sistem dalam operasi reguler dan kondisi ekstrem. Kriteria ini juga mencakup evaluasi material yang digunakan, kemampuan sistem untuk mempertahankan kinerja optimal dengan penggunaan terus-menerus, serta masa pakai yang diharapkan.

C. Akurasi

Akurasi mencakup kemampuan sistem untuk mengukur efisiensi pemfilteran dengan galat yang minimal.

D. Dimensi Produk

Dimensi produk dapat memengaruhi penempatan komponen, portabilitas, dan kebutuhan ruang. Kriteria ini juga penting untuk menentukan modularitas sistem.

E. Berat Produk

Berkaitan dengan portabilitas sistem, kriteria ini mencakup kemudahan untuk membawa produk ke berbagai lokasi tanpa membebani pengguna akhir.

F. Konsumsi Daya

Kriteria ini mengevaluasi efisiensi energi dari produk. Konsumsi daya yang lebih rendah memberikan indikasi penghematan biaya dan keramahan lingkungan. Karena produk bersifat portable, produk dirancang dengan baterai sebagai catu daya.

2.2.2 Analisis Konsep

2.2.2.1 Analisis Pilihan Sistem 1

Tabel 2-1 Analisis Pilihan Sistem 1

Kriteria	Analisis
Praktikalitas	Pilihan sistem ini dapat melakukan pengujian efisiensi filter dengan penggunaan yang relatif mudah bagi pengguna dengan mengatur keberjalanan sistem dari <i>user interface</i> dan dapat melakukan pengukuran berulang dengan satu sampel
Durabilitas	Pilihan sistem ini memiliki komponen-komponen yang sensitif di dalam casing, artinya tahan terhadap cuaca namun tidak terhadap guncangan. Masa pakai produk bergantung pada frekuensi dan intensitas pemakaian
Akurasi	Akurasi pada pilihan sistem ini bergantung pada tingkat konsistensi kisi difraksi, tingkat konsistensi monokromator, serta sensitivitas dan tingkat akurasi dari sensor cahaya
Dimensi Produk	Dimensi produk lebih cenderung dipengaruhi reaktor filter dan sistem pengukuran
Berat Produk	Berat produk lebih cenderung dipengaruhi reaktor filter dan sistem pengukuran
Konsumsi Daya	Konsumsi daya produk lebih cenderung dipengaruhi reaktor filter

2.2.2.2 Analisis Pilihan Sistem 2

Tabel 2-2 Analisis Pilihan Sistem 2

Kriteria	Analisis
Praktikalitas	Pilihan sistem ini dapat melakukan pengujian efisiensi filter dengan penggunaan yang relatif mudah bagi pengguna dengan mengatur keberjalanan sistem dari <i>user interface</i> . Namun untuk melakukan pengukuran berulang tidak dapat dilakukan hanya dengan satu sampel, diperlukan sampel baru
Durabilitas	Pilihan sistem ini memiliki komponen-komponen yang sensitif di dalam casing, artinya tahan terhadap cuaca namun tidak terhadap guncangan. Masa pakai produk bergantung pada frekuensi dan intensitas pemakaian
Akurasi	Akurasi pada pilihan sistem ini bergantung pada tingkat konsistensi kisi difraksi, tingkat konsistensi monokromator, serta sensitivitas dan tingkat akurasi dari sensor cahaya
Dimensi Produk	Dimensi produk lebih cenderung dipengaruhi reaktor filter dan sistem pengukuran
Berat Produk	Berat produk lebih cenderung dipengaruhi reaktor filter dan sistem pengukuran
Konsumsi Daya	Konsumsi daya produk lebih cenderung dipengaruhi reaktor filter. Pada pilihan sistem ini tidak diperlukan pompa dari penyimpanan sampel sehingga mengurangi sedikit konsumsi daya

2.2.2.3 Analisis Pilihan Sistem 3

Tabel 2-3 Analisis Pilihan Sistem 3

Kriteria	Analisis
Praktikalitas	Pilihan sistem ini dapat melakukan pengujian efisiensi filter dengan penggunaan yang relatif mudah bagi pengguna dengan mengatur keberjalanan sistem dari <i>user interface</i> dan dapat melakukan pengukuran berulang dengan satu sampel. Pilihan sistem ini juga memiliki skalabilitas yang baik karena modularitas beberapa subbloknnya
Durabilitas	Pilihan sistem ini memiliki komponen-komponen yang sensitif di dalam casing, artinya tahan terhadap cuaca namun tidak terhadap guncangan. Masa pakai produk bergantung pada frekuensi dan intensitas pemakaian
Akurasi	Akurasi pada pilihan sistem ini bergantung pada tingkat konsistensi kisi difraksi, tingkat konsistensi monokromator, serta sensitivitas dan tingkat akurasi dari sensor cahaya
Dimensi Produk	Dimensi produk lebih cenderung dipengaruhi reaktor filter dan sistem pengukuran
Berat Produk	Berat produk lebih cenderung dipengaruhi reaktor filter dan sistem pengukuran
Konsumsi Daya	Konsumsi daya produk lebih cenderung dipengaruhi reaktor filter

2.3 Sistem yang akan Dikembangkan

Weighted Decision Matrix digunakan untuk menentukan sistem yang akan dikembangkan. Metode ini dilakukan dengan memberi nilai masing-masing konsep sistem berdasarkan kriteria yang ditentukan. Pada setiap kriteria diberikan bobot yang sesuai dengan seberapa penting kriteria tersebut terhadap kebutuhan yang harus dipenuhi. Ketiga arsitektur sistem tersebut diberi nilai dari 1 sampai 3 dengan skala 1 untuk kinerja terendah dan 3 untuk kinerja tertinggi. Setelah itu, nilai tersebut dikalikan dengan persentase bobot yang berlaku dan ditambahkan dengan nilai dari kriteria lain dari arsitektur yang sama.

Tabel 2-4 Pembobotan kriteria dengan *Weighted Decision Matrix*

Kriteria	A	B	C	D	E	F	Nilai	Normalisasi
A (Praktikalitas)	1	1	1	2	2	2	9	0.2195
B (Durabilitas)	1	1	0.5	2	2	2	8.5	0.2073
C (Akurasi)	1	2	1	2	2	2	10	0.2439
D (Dimensi Produk)	0.5	0.5	0.5	1	1	1	4.5	0.1098
E (Berat Produk)	0.5	0.5	0.5	1	1	1	4.5	0.1098
F (Konsumsi Daya)	0.5	0.5	0.5	1	1	1	4.5	0.1098
Total							41	1

Setiap pilihan konsep sistem dinilai berdasarkan setiap kriteria penilaian yang ditetapkan. Kriteria ditentukan berdasarkan konstrain dan spesifikasi produk yang telah dibuat.

Tabel 2-5 Penilaian Pilihan Sistem

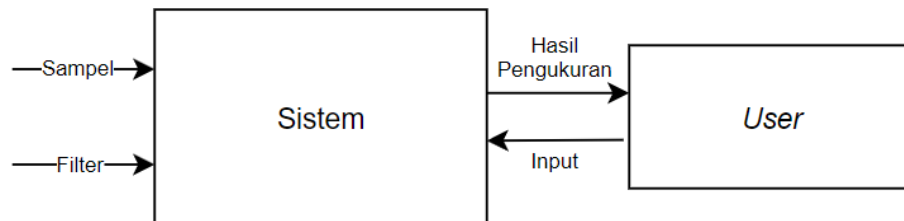
No	Kriteria	Bobot	#1	Nilai	#2	Nilai	#3	Nilai
1	Praktikalitas	0.2195	2	0.439	1	0.2195	3	0.6585
2	Durabilitas	0.2073	2	0.4146	2	0.4146	3	0.6219
3	Akurasi	0.2439	3	0.7317	3	0.7317	3	0.7317
4	Dimensi Produk	0.1098	2	0.2196	3	0.3294	2	0.2196
5	Berat Produk	0.1098	2	0.2196	3	0.3294	2	0.2196
6	Konsumsi Daya	0.1098	2	0.2196	3	0.3294	2	0.2196
Total				2.2441		2.354		2.6709

Dari hasil analisis menggunakan *Weighted Decision Matrix* di atas, sistem terpilih yang akan dikembangkan adalah pilihan sistem 3.

3 Desain Sistem

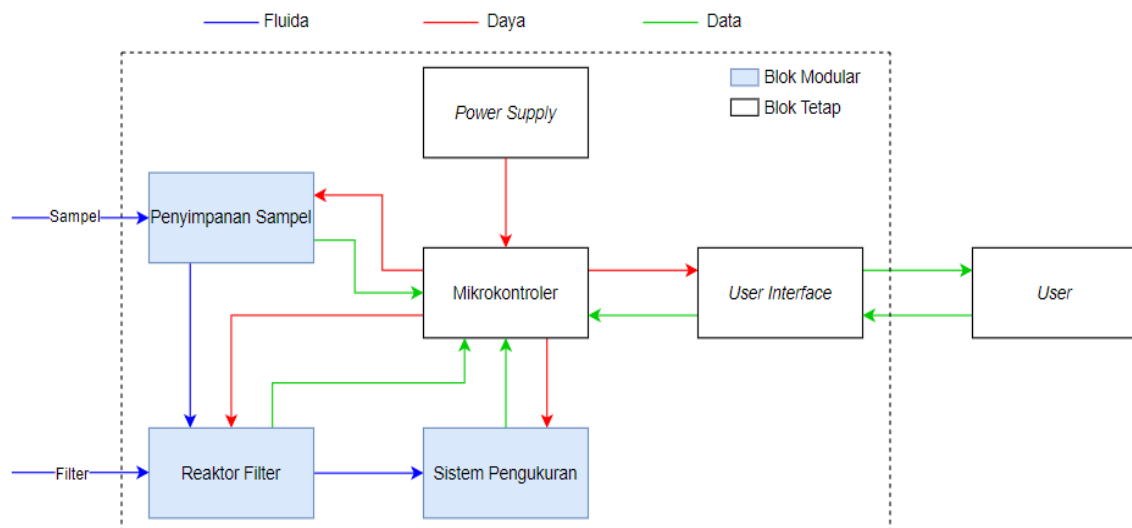
3.1 Pemodelan Fungsional Sistem

3.1.1 Level 0



Gambar 3-1 Pemodelan Fungsional Sistem Level 0

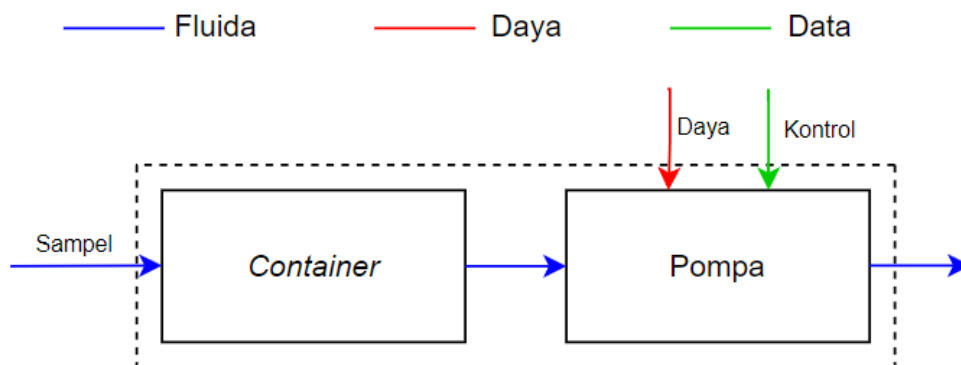
3.1.2 Level 1



Gambar 3-2 Pemodelan Fungsional Sistem Level 1

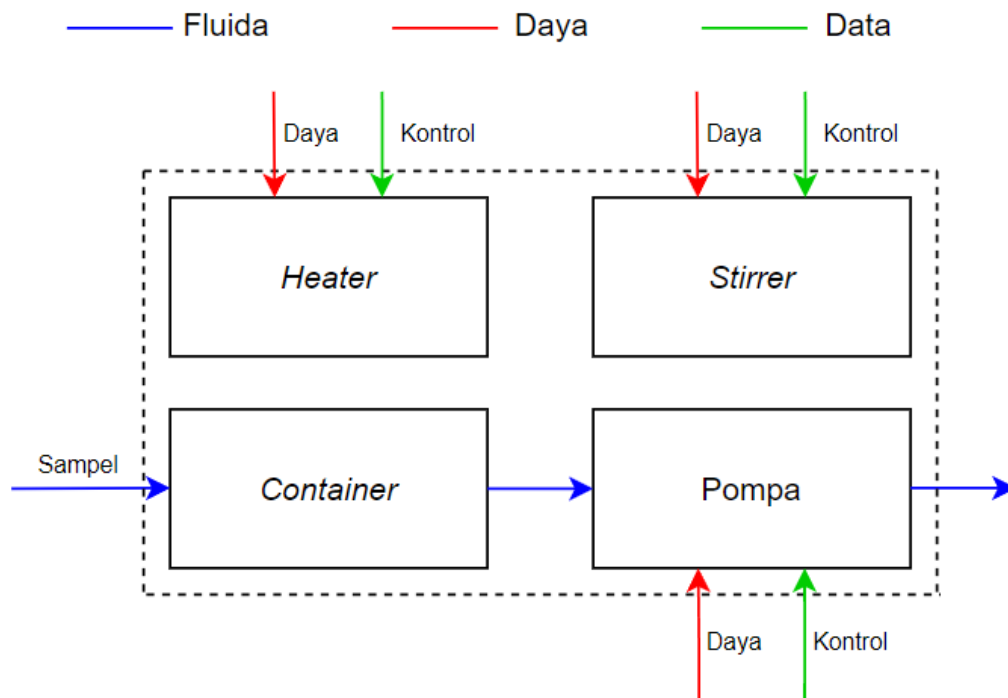
3.1.3 Level 2

3.1.3.1 Penyimpanan Sampel



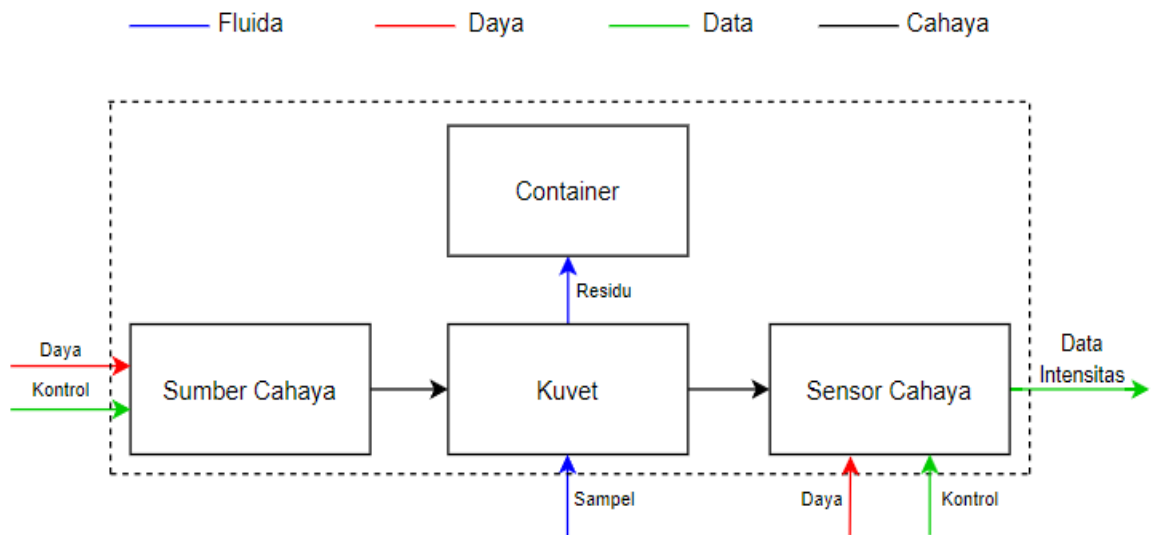
Gambar 3-3 Pemodelan Fungsional Penyimpanan Sampel

3.1.3.2 Reaktor Filter



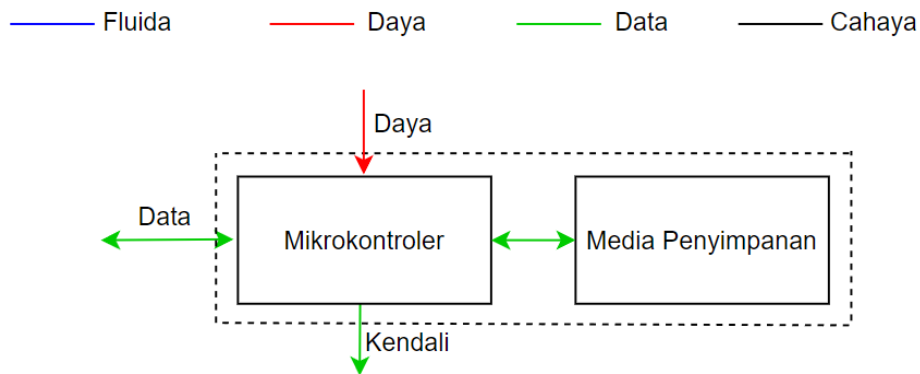
Gambar 3-4 Pemodelan Fungsional Reaktor Filter

3.1.3.3 Sistem Pengukuran



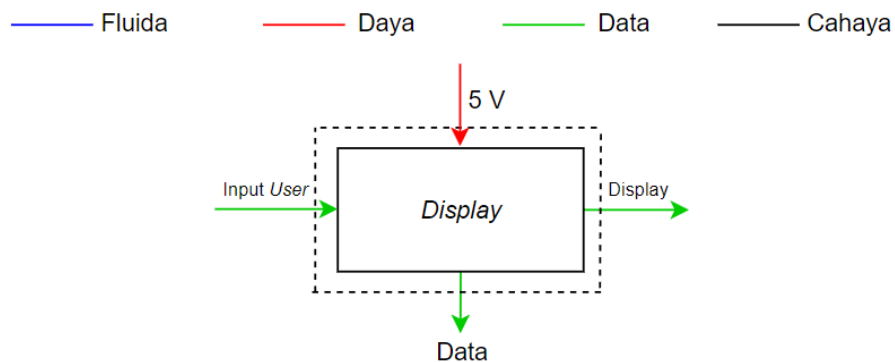
Gambar 3-5 Pemodelan Fungsional Sistem Pengukuran

3.1.3.4 Pengolahan Data



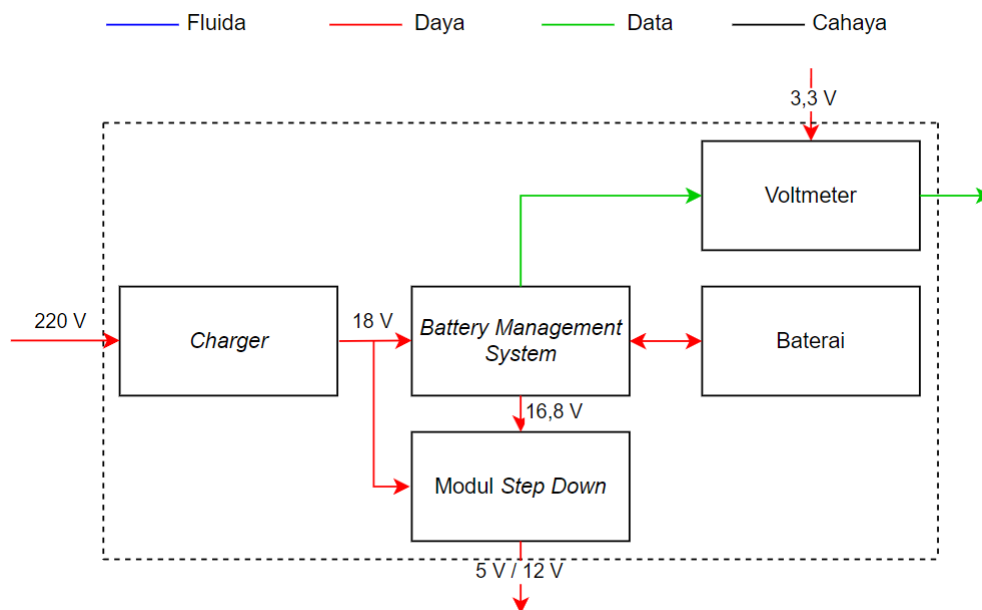
Gambar 3-6 Pemodelan Fungsional Pengolahan Data

3.1.3.5 User Interface



Gambar 3-7 Pemodelan Fungsional User Interface

3.1.3.6 Power Supply

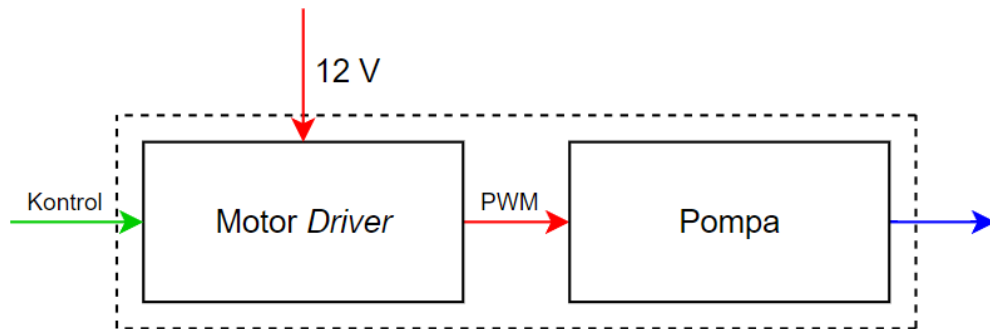


Gambar 3-8 Pemodelan Fungsional Power Supply

3.1.4 Level 3

3.1.4.1 Pompa

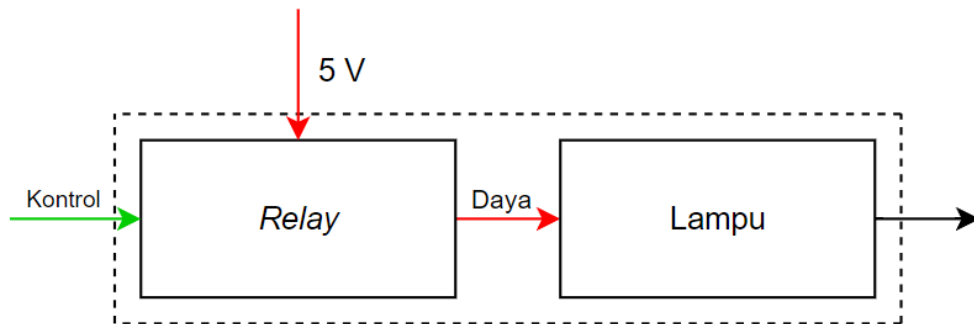
— Fluida — Daya — Data — Cahaya



Gambar 3-9 Pemodelan Fungsional Pompa

3.1.4.2 Sumber Cahaya

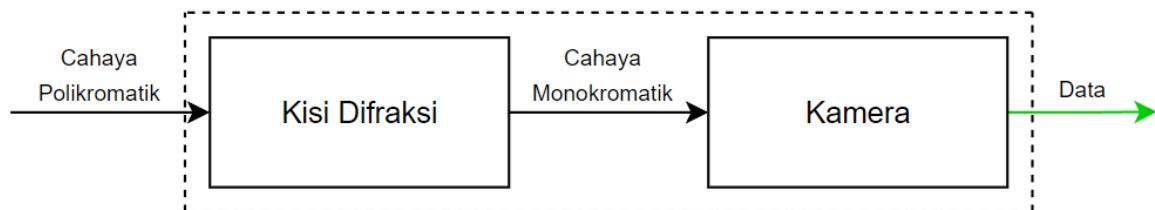
— Fluida — Daya — Data — Cahaya



Gambar 3-10 Pemodelan Fungsional Sumber Cahaya

3.1.4.3 Sensor Cahaya

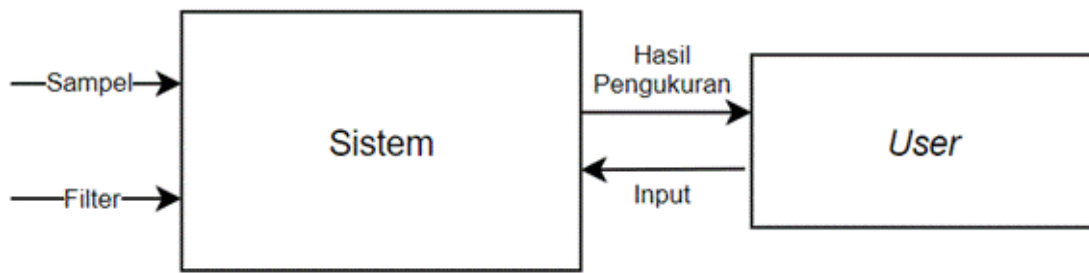
— Fluida — Daya — Data — Cahaya



Gambar 3-11 Pemodelan Fungsional Sensor Cahaya

3.2 Dekomposisi Fungsi Sistem

3.2.1 Level 0



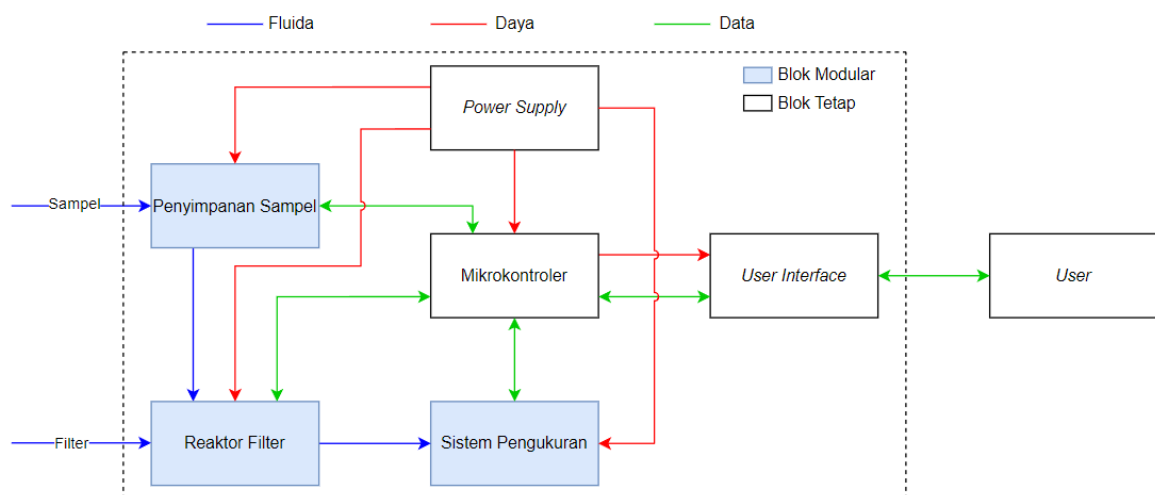
Gambar 3-12 Pemodelan Fungsional Sistem Level 0

Secara keseluruhan, arsitektur sistem level 0 memiliki fungsi, masukan, dan luaran sebagai berikut.

Tabel 3-1 Karakteristik Pemodelan Fungsional Sistem Level 0

Fungsi	Menentukan efisiensi filter dengan mengukur absorbansi sampel setelah dan sebelum difiltrasi
Masukan	Sampel Air Limbah, Filter
Luaran	Hasil pengukuran sampel setelah difilter (grafik absorbansi)

3.2.2 Level 1



Gambar 3-13 Pemodelan Fungsional Sistem Level 1

Arsitektur Sistem Level 0 dapat didekomposisi menjadi beberapa blok modul sebagai berikut.

Tabel 3-2 Karakteristik Sistem Level 1: Unit Antarmuka Pengguna

Fungsi	Menghubungkan antara perintah pengguna dengan tindakan yang dilakukan sistem
Masukan	<ul style="list-style-type: none"> • Perintah pengguna (<i>Start</i>) • Pengaturan kecepatan aduk • Pengaturan suhu reaktor • Pengaturan kecepatan pompa • Data hasil pengukuran dari mikrokontroler
Luaran	<ul style="list-style-type: none"> • Tampilan hasil pengukuran (grafik absorbansi) • Nilai kecepatan aduk • Nilai suhu reaktor • Nilai kecepatan pompa

Tabel 3-3 Karakteristik Sistem Level 1: Penyimpanan Sampel

Fungsi	Menyimpan sampel sementara sebelum masuk ke reaktor
Masukan	<ul style="list-style-type: none"> • Sampel air limbah • Data kecepatan pompa
Luaran	Sampel air limbah

Tabel 3-4 Karakteristik Sistem Level 1: Reaktor Filter

Fungsi	Tempat berlangsungnya pemfilteran air limbah
Masukan	<ul style="list-style-type: none"> • Sampel air limbah • Filter • Data suhu • Data kecepatan aduk
Luaran	Sampel air limbah yang sudah difiltrasi

Tabel 3-5 Karakteristik Sistem Level 1: Sistem Pengukuran

Fungsi	Melakukan pengukuran absorbansi pada sampel sebelum dan sesudah filtrasi
Masukan	<ul style="list-style-type: none"> • Sampel air limbah sebelum filtrasi • Sampel air limbah hasil filtrasi • Sinyal kontrol
Luaran	Hasil pengukuran berupa grafik absorbansi

Tabel 3-6 Karakteristik Sistem Level 1: Power Supply

Fungsi	Menyuplai daya kepada subsistem lain sesuai nilai yang dibutuhkan
Masukan	Tenaga listrik dari catu daya
Luaran	Daya listrik dengan tegangan dan arus yang sesuai

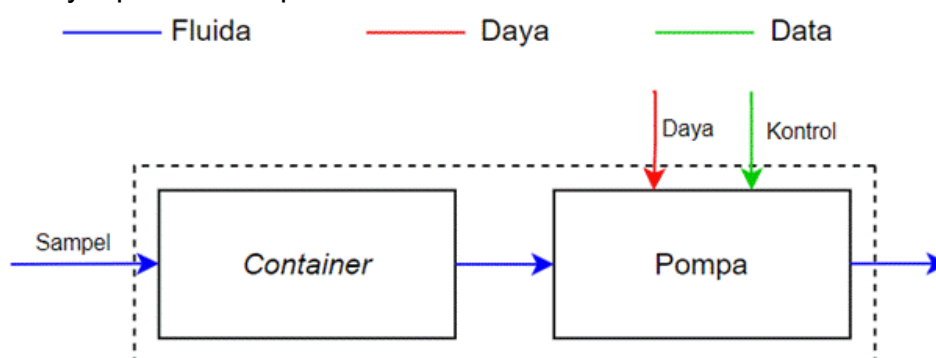
Tabel 3-7 Karakteristik Sistem Level 1: Pengolahan Data

Fungsi	Sistem kendali pusat dan pengolahan data
Masukan	<ul style="list-style-type: none"> • Daya listrik • Data dari unit <i>user interface</i>
Luaran	<ul style="list-style-type: none"> • Sinyal kendali untuk modul lain • Data hasil pengukuran

3.2.3 Level 2

Modul yang terdapat dalam Arsitektur Sistem Level 1 dapat didekomposisikan lebih jauh sebagai berikut.

3.2.3.1 Penyimpanan Sampel



Gambar 3-14 Pemodelan Fungsional Penyimpanan Sampel

Modul Penyimpanan Sampel dapat didekomposisikan menjadi bagian-bagian sebagai berikut.

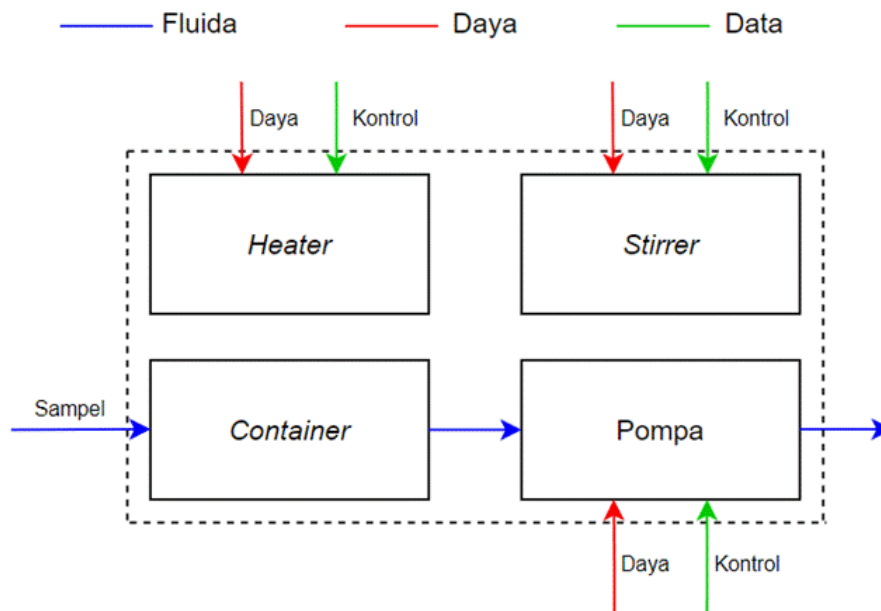
Tabel 3-8 Karakteristik Sistem Level 2: *Container*

Fungsi	Menampung sampel air limbah
Masukan	Sampel air limbah
Luaran	-

Tabel 3-9 Karakteristik Sistem Level 2: Pompa

Fungsi	Memompa air dari penyimpanan sampel ke reaktor filter
Masukan	<ul style="list-style-type: none"> • Daya listrik • Sinyal kendali dari mikrokontroler • Sampel air limbah
Luaran	Aliran sampel air limbah

3.2.3.2 Reaktor Filter



Gambar 3-15 Pemodelan Fungsional Reaktor Filter

Modul Reaktor Filter dapat didekomposisikan menjadi bagian-bagian sebagai berikut.

Tabel 3-10 Karakteristik Sistem Level 2: *Container*

Fungsi	Menampung sampel air limbah
Masukan	Sampel air limbah
Luaran	-

Tabel 3-11 Karakteristik Sistem Level 2: Pengaduk

Fungsi	Mengaduk sampel saat proses filtrasi
Masukan	<ul style="list-style-type: none"> • Daya listrik • Sinyal kendali dari mikrokontroler
Luaran	Pergerakan memutar pada sampel

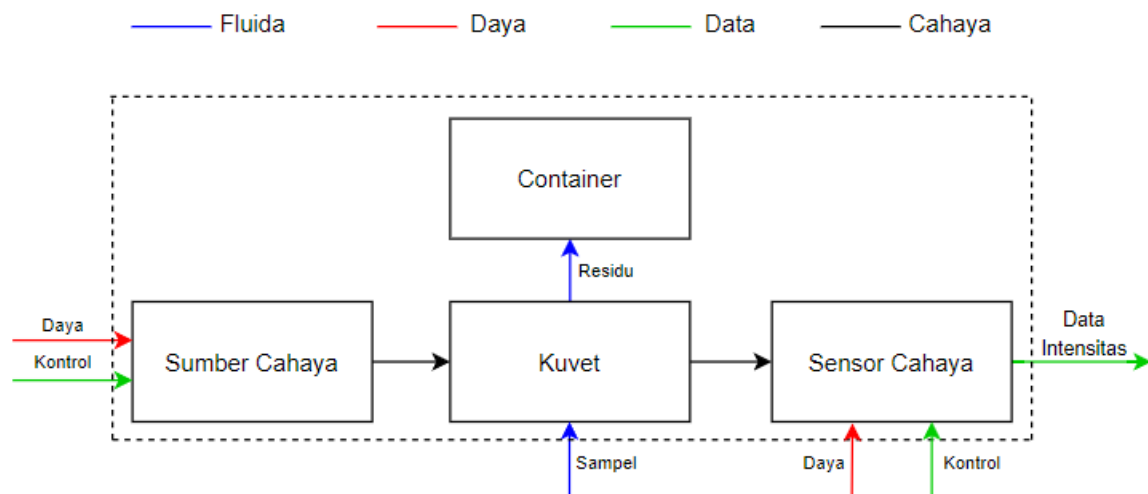
Tabel 3-12 Karakteristik Sistem Level 2: Heater

Fungsi	Memanaskan sampel saat proses filtrasi
Masukan	<ul style="list-style-type: none"> • Daya listrik • Sinyal kendali dari mikrokontroler
Luaran	Energi panas

Tabel 3-13 Karakteristik Sistem Level 2: Pompa

Fungsi	Memompa air dari reaktor filter ke kuvet
Masukan	<ul style="list-style-type: none"> • Daya listrik • Sinyal kendali dari mikrokontroler • Sampel air limbah yang terfiltrasi
Luaran	Aliran sampel air limbah yang terfiltrasi

3.2.3.3 Sistem Pengukuran



Gambar 3-16 Pemodelan Fungsional Sistem Pengukuran

Modul Sistem Pengukuran dapat didekomposisikan menjadi bagian-bagian sebagai berikut.

Tabel 3-14 Karakteristik Sistem Level 2: Sumber Cahaya

Fungsi	Mengeluarkan cahaya polikromatik untuk pengukuran kadar pewarna pada sampel
Masukan	Daya listrik
Luaran	Cahaya polikromatik

Tabel 3-15 Karakteristik Sistem Level 2: Kisi Difraksi

Fungsi	Memisahkan sumber cahaya polikromatik menjadi beberapa cahaya monokromatik
Masukan	Cahaya polikromatik
Luaran	Cahaya monokromatik

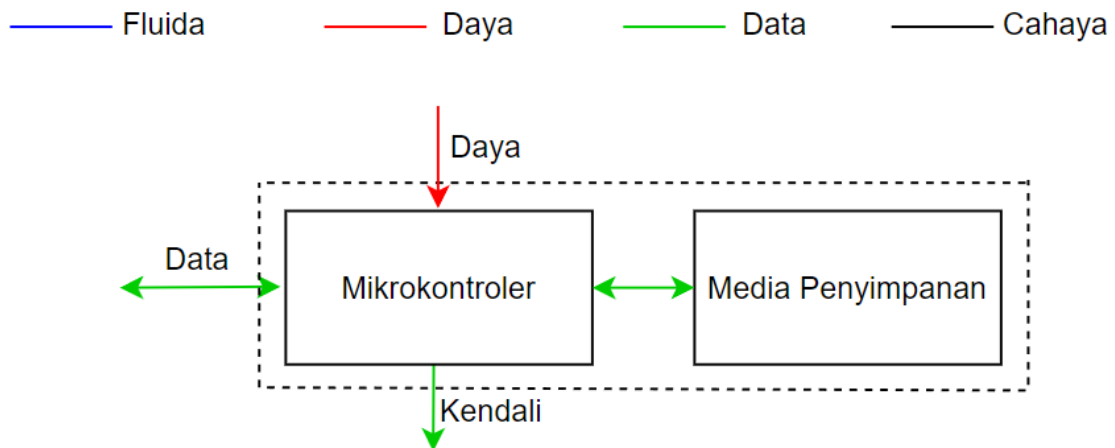
Tabel 3-16 Karakteristik Sistem Level 2: Kuvet

Fungsi	Menyimpan sampel yang diterima untuk disinari dengan cahaya
Masukan	<ul style="list-style-type: none"> • Sampel air limbah • Sampel hasil filtrasi • Cahaya monokromatik
Luaran	Cahaya monokromatik yang melalui sampel

Tabel 3-17 Karakteristik Sistem Level 2: Sensor Cahaya

Fungsi	Menerima cahaya monokromatik yang melalui sampel dan mengukur nilai absorbansinya.
Masukan	<ul style="list-style-type: none"> • Cahaya monokromatik yang melalui sampel • Daya listrik mikrokontroler
Luaran	Informasi absorbansi cahaya

3.2.3.4 Pengolahan Data



Gambar 3-17 Pemodelan Fungsional Pengolahan Data

Modul Pengolahan Data dapat didekomposisikan menjadi bagian-bagian sebagai berikut.

Tabel 3-18 Karakteristik Sistem Level 2: FSM *Main*

Fungsi	Menentukan <i>state</i> dalam sistem berdasarkan input dari subsistem lain dan mengirimkan sinyal kendali ataupun data
Masukan	Data dari subsistem lain
Luaran	Meneruskan data ke mikrokontroler

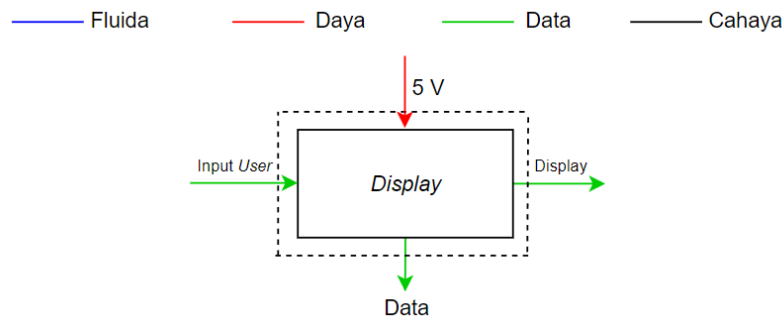
Tabel 3-19 Karakteristik Sistem Level 2: Mikrokontroler

Fungsi	Tempat pemrosesan data sebelum dikirim ke subsistem lain ataupun disimpan
Masukan	Data dari FSM
Luaran	Data yang sudah diolah ke FSM ataupun penyimpanan

Tabel 3-20 Karakteristik Sistem Level 2: Media Penyimpanan

Fungsi	Menyimpan data hasil pengukuran berupa grafik absorbansi
Masukan	File pengukuran spektrum absorbansi yang belum tersimpan
Luaran	File pengukuran spektrum absorbansi

3.2.3.5 User Interface



Gambar 3-18 Pemodelan Fungsional *User Interface*

Modul *User Interface* dapat didekomposisikan menjadi bagian-bagian sebagai berikut.

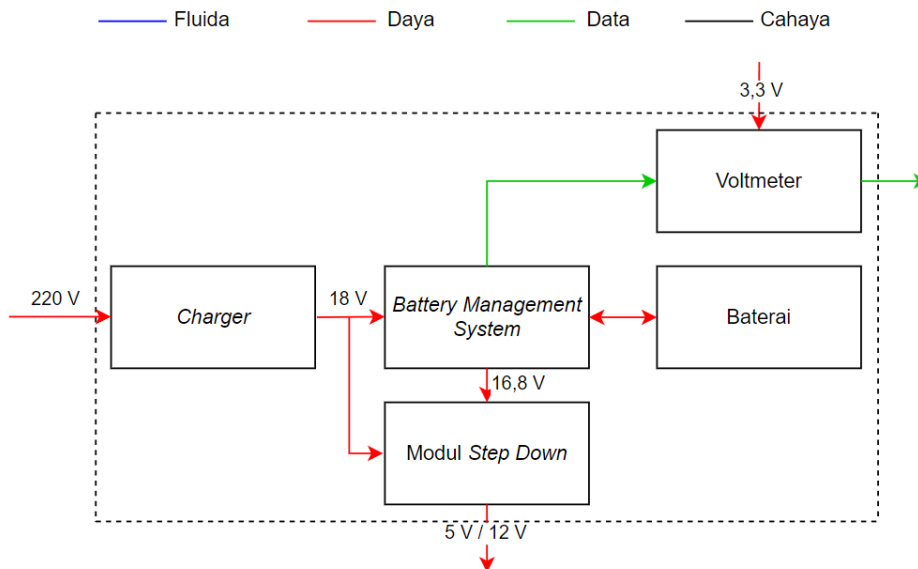
Tabel 3-21 Karakteristik Sistem Level 2: FSM *User Interface*

Fungsi	Menentukan <i>state</i> dalam <i>user interface</i> berdasarkan input dari pengguna melalui <i>display</i>
Masukan	Sinyal kendali dari <i>user</i> melalui <i>display</i>
Luaran	Sinyal kendali <i>state</i> ke <i>user interface</i>

Tabel 3-22 Karakteristik Sistem Level 2: *Display*

Fungsi	Menerima perintah dari <i>user</i> dan menampilkan data hasil pengukuran
Masukan	Perintah dari pengguna
Luaran	Sinyal kendali ke FSM dan tampilan data pada <i>display</i> ke <i>user</i>

3.2.3.6 Power Supply



Gambar 3-8 Pemodelan Fungsional *Power Supply*

Modul *Power Supply* dapat didekomposisikan menjadi bagian-bagian sebagai berikut.

Tabel 3-23 Karakteristik Sistem Level 2: *Charger*

Fungsi	Mengisi ulang baterai dan/atau menyuplai daya
Masukan	Daya listrik dari jala-jala
Luaran	Daya listrik

Tabel 3-24 Karakteristik Sistem Level 3: BMS

Fungsi	Meregulasi aliran dan suplai daya dalam <i>power supply</i> ke subsistem lain
Masukan	Sinyal kendali dari FSM <i>user</i>
Luaran	Sinyal kendali ke komponen <i>power supply</i> lainnya

Tabel 3-25 Karakteristik Sistem Level 3: Baterai

Fungsi	Menyuplai daya untuk keseluruhan sistem
Masukan	Daya Listrik
Luaran	Daya Listrik

Tabel 3-26 Karakteristik Sistem Level 3: Modul *Step Down*

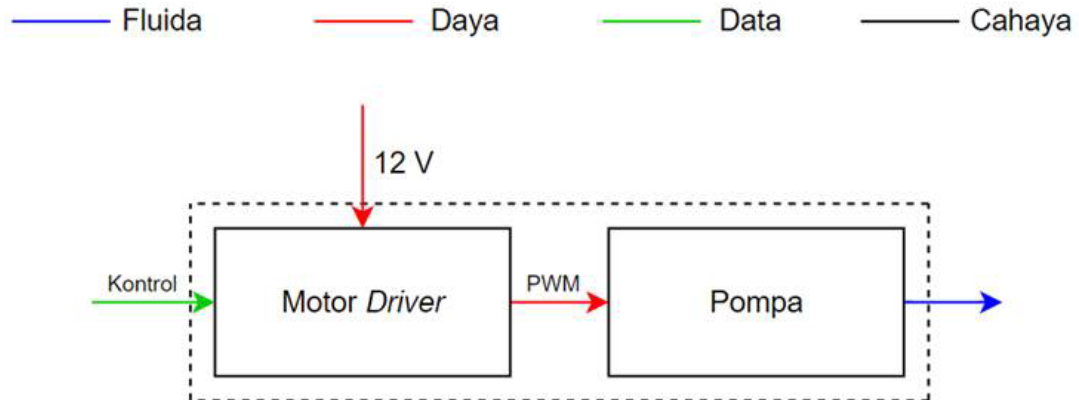
Fungsi	Menurunkan nilai tegangan agar sesuai dengan tegangan operasi komponen
Masukan	Daya dari modul <i>charger</i> / BMS
Luaran	Tegangan sesuai kebutuhan komponen

Tabel 3-27 Karakteristik Sistem Level 3: Voltmeter

Fungsi	Mengukur nilai tegangan baterai yang tersisa
Masukan	Data dari BMS
Luaran	Nilai tegangan baterai

3.2.4 Level 3

3.2.4.1 Pompa



Gambar 3-20 Pemodelan Fungsional Pompa

Modul Pompa dapat didekomposisikan menjadi bagian-bagian sebagai berikut.

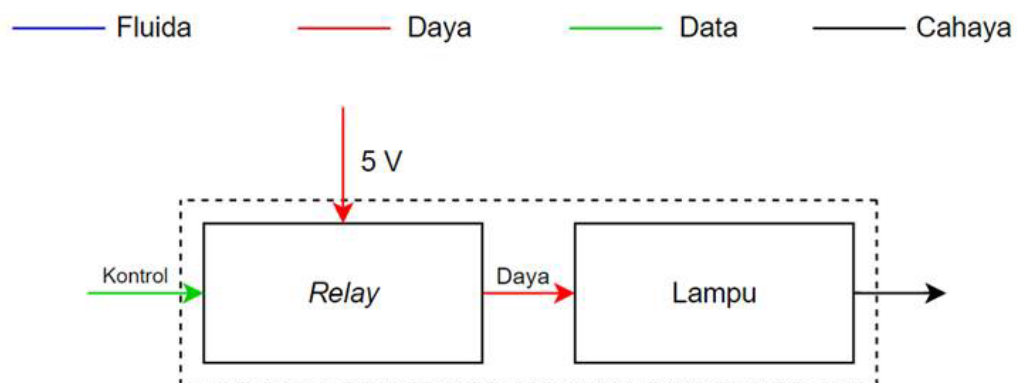
Tabel 3-28 Karakteristik Sistem Level 3: *Motor Driver*

Fungsi	Mengendalikan keberjalanan pompa (arah dan kecepatan pompa)
Masukan	Daya listrik dan sinyal kendali dari mikrokontroler
Luaran	Sinyal kendali ke pompa

Tabel 3-29 Karakteristik Sistem Level 3: Pompa

Fungsi	Memompa air dari satu subsistem ke subsistem lain
Masukan	Sinyal kendali dari <i>motor driver</i>
Luaran	Air yang dipompa dengan arah dan kecepatan yang diatur

3.2.4.2 Sumber Cahaya



Gambar 3-21 Pemodelan Fungsional Sumber Cahaya

Modul Sumber Cahaya dapat didekomposisikan menjadi bagian-bagian sebagai berikut.

Tabel 3-30 Karakteristik Sistem Level 3: Relay

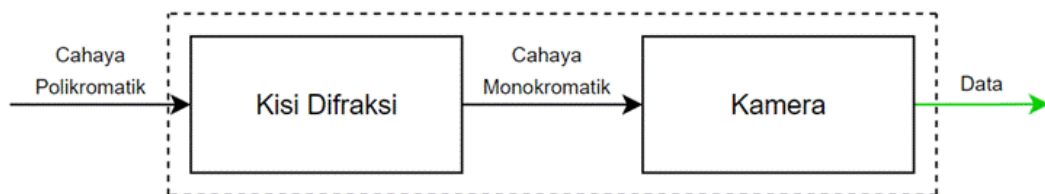
Fungsi	Sebagai <i>switch</i> untuk mengatur kapan lampu menyala
Masukan	Sinyal kendali dari mikrokontroler
Luaran	Meneruskan atau memutus suplai daya ke lampu

Tabel 3-31 Karakteristik Sistem Level 3: Lampu

Fungsi	Sebagai sumber cahaya untuk ditembakkan melalui sampel di kuvet
Masukan	Daya yang diteruskan dari <i>relay</i>
Luaran	Cahaya polikromatik

3.2.4.3 Sensor Cahaya

— Fluida — Daya — Data — Cahaya



Gambar 3-22 Pemodelan Fungsional Sensor Cahaya

Modul Sensor Cahaya dapat didekomposisikan menjadi bagian-bagian sebagai berikut.

Tabel 3-32 Karakteristik Sistem Level 3: Kisi Difraksi

Fungsi	Memecah cahaya polikromatik menjadi beberapa cahaya monokromatik
Masukan	Cahaya polikromatik yang melalui kuvet
Luaran	Cahaya monokromatik

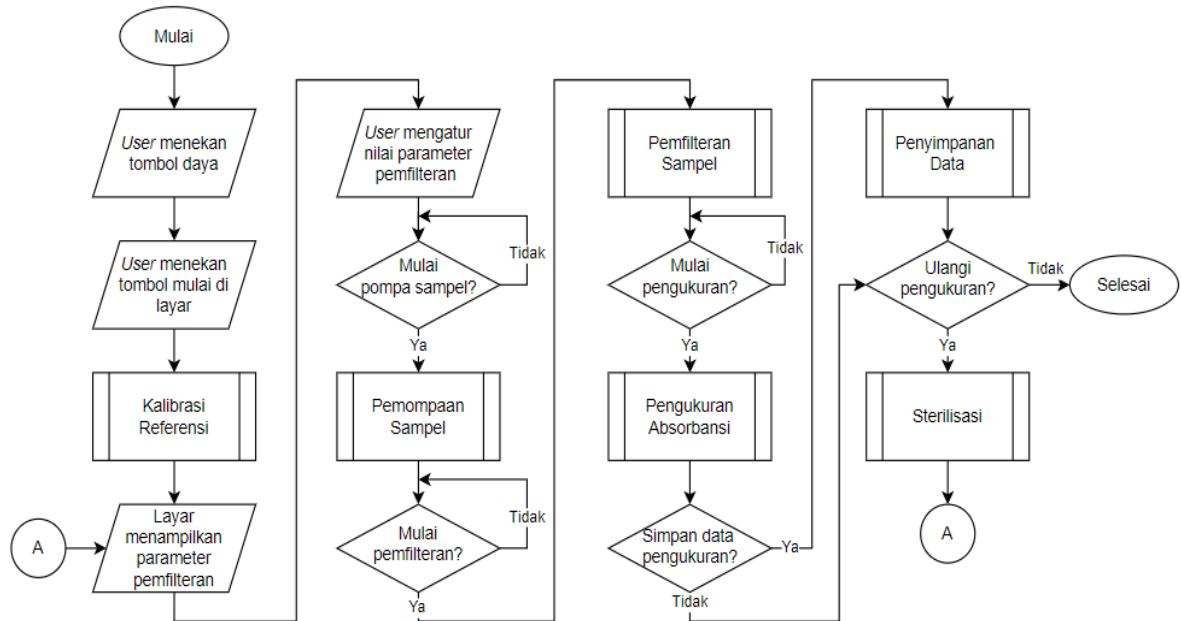
Tabel 3-33 Karakteristik Sistem Level 3: Sensor Cahaya

Fungsi	Menerima data cahaya yang melalui kuvet dan mengirimkan ke mikrokontroler
Masukan	Cahaya monokromatik yang dipecah dari kisi difraksi
Luaran	Data intensitas cahaya ke mikrokontroler

3.3 Pemodelan Tingkah Laku Sistem

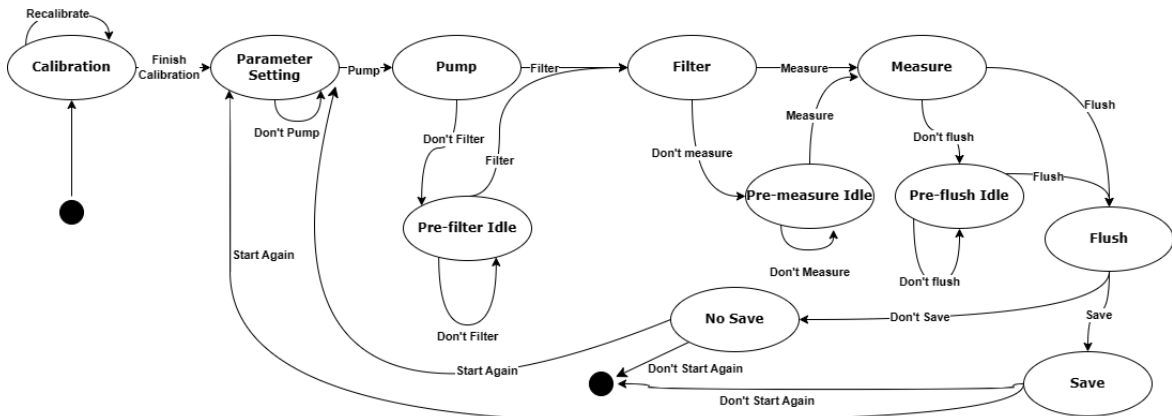
3.3.1 Sistem Keseluruhan

- Flowchart



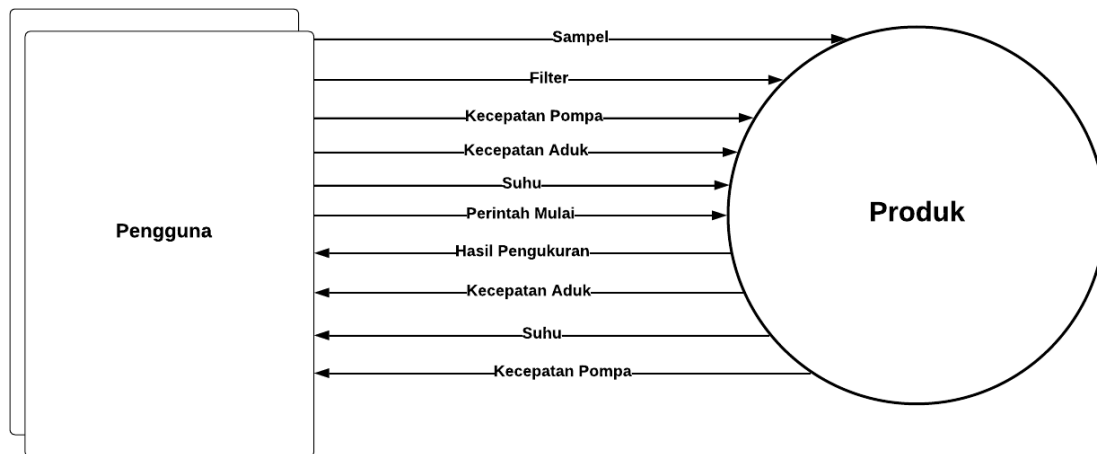
Gambar 3-23 Diagram Alir Sistem Keseluruhan

- State Diagram

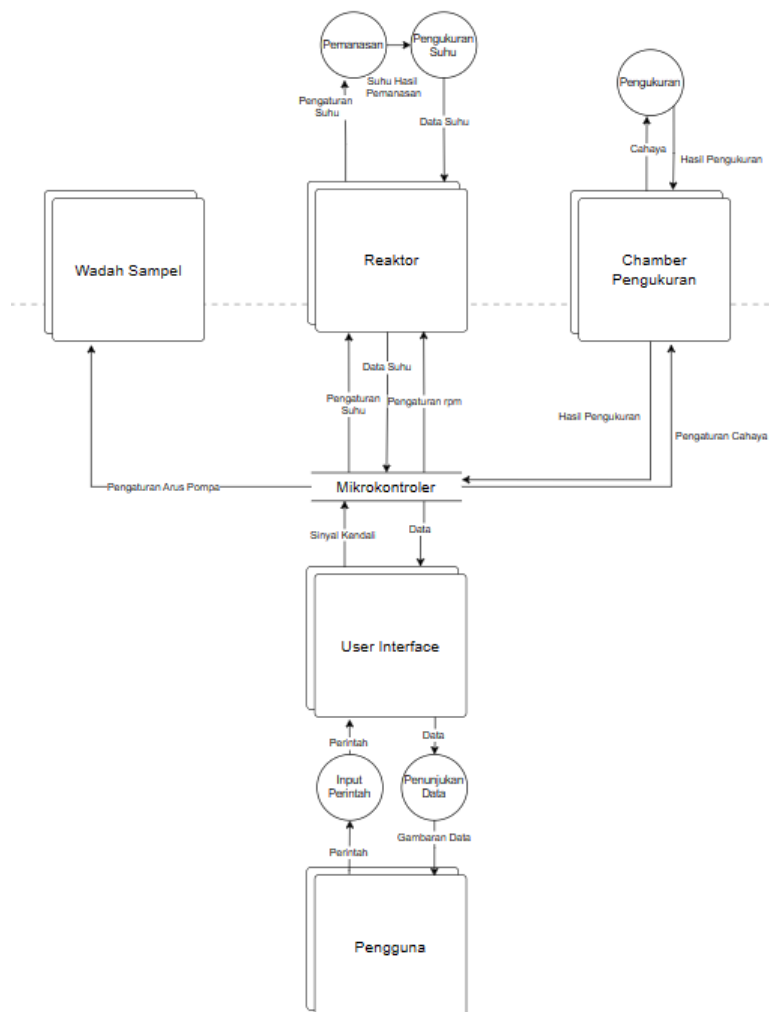


Gambar 3-24 Diagram State Sistem Keseluruhan

- Data Flow Diagram

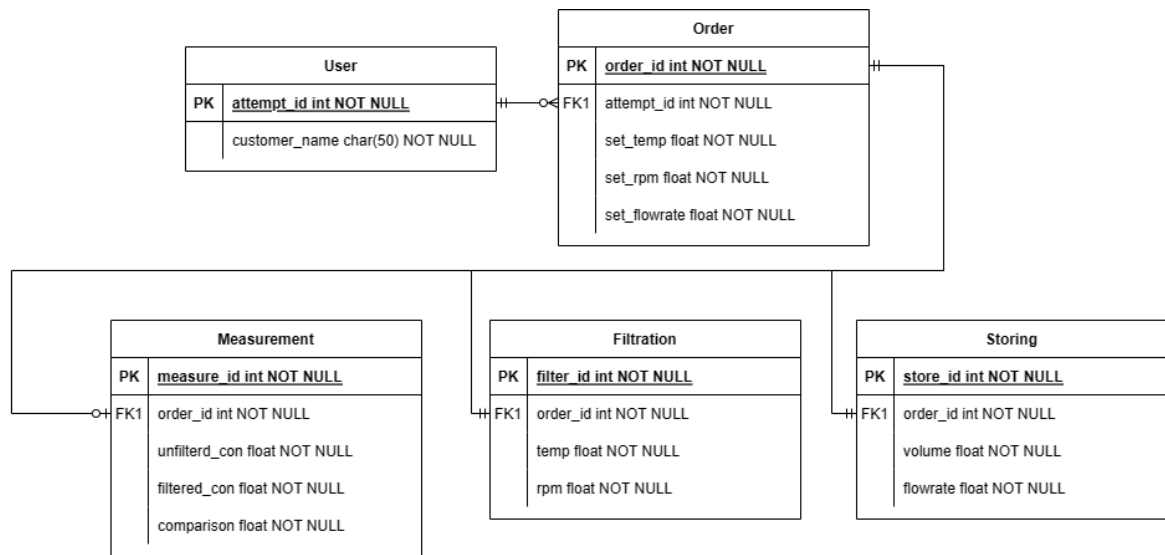


Gambar 3-25 Data Flow Diagram Level 0 Sistem



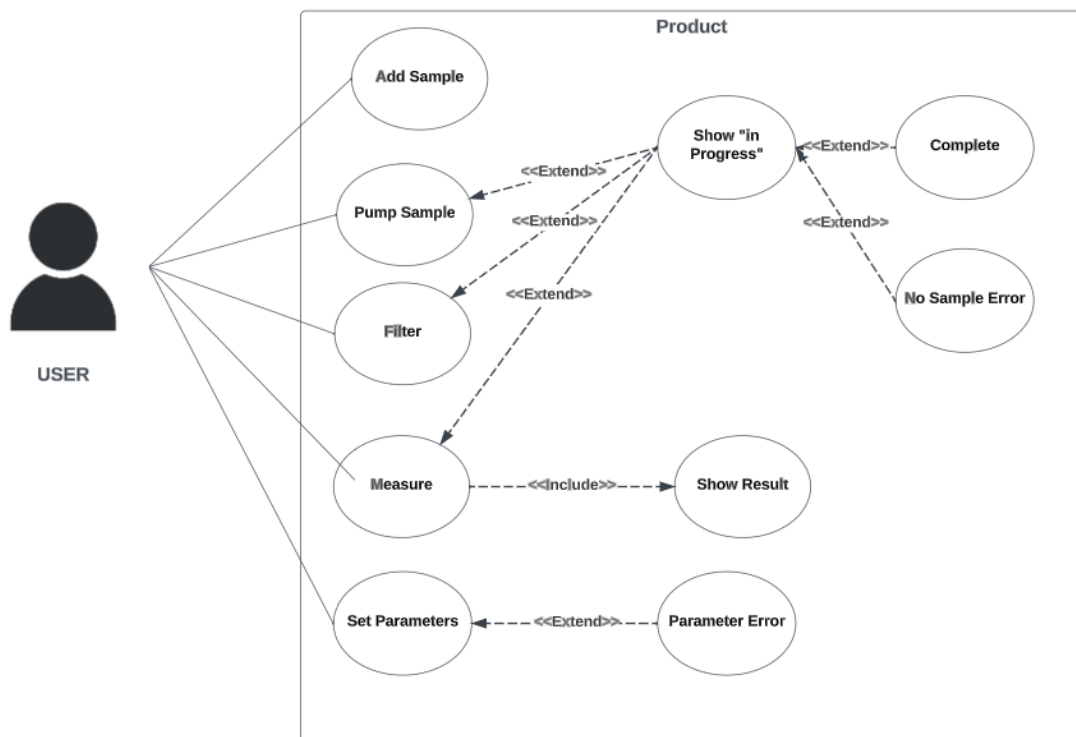
Gambar 3-26 Data Flow Diagram Level 1 Sistem

- Entity Relationship Diagram



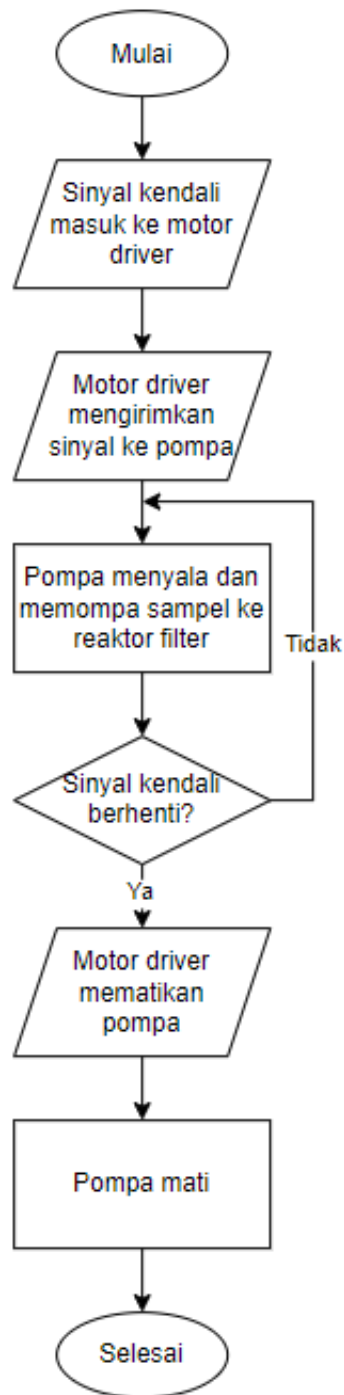
Gambar 3-27 Entity Relationship Diagram

- Use Case Diagram



Gambar 3-28 Use Case Diagram

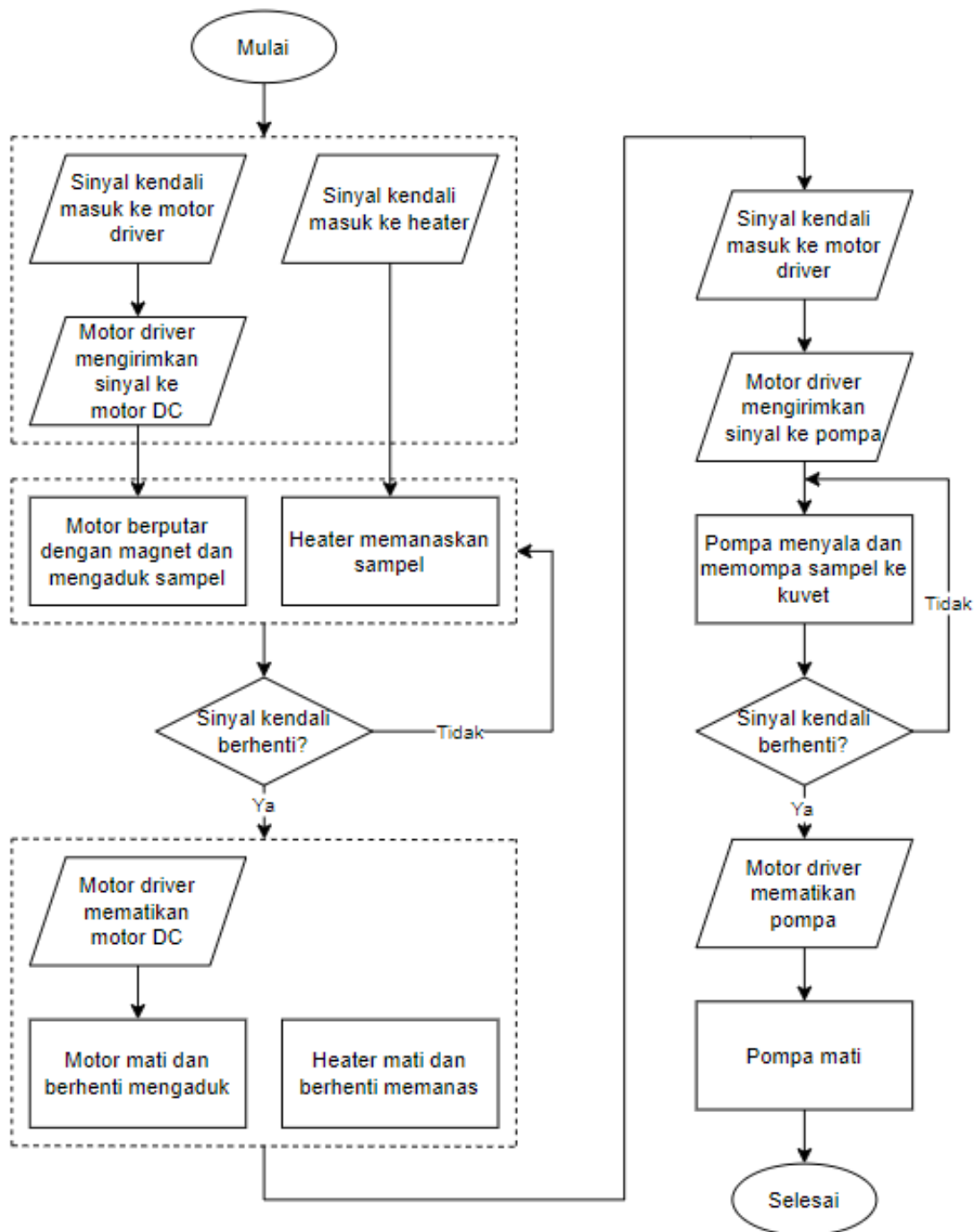
3.3.2 Subsistem Penyimpanan Sampel



Gambar 3-29 Pemodelan Tingkah Laku Subsistem Penyimpanan Sampel

Pada subsistem penyimpanan sampel ini, pertama diterima sinyal kendali dari subblok pengolahan data ke driver motor berupa arah dan nilainya (PWM). Driver motor kemudian mengirimkan sinyal untuk menjalankan pompa. Pompa akan menyala dan memompa sampel dari *container* penyimpanan ke reaktor filter. Apabila jumlah sampel yang dipompa sudah mencukupi, subblok pengolahan data akan mengirimkan sinyal untuk berhenti ke driver motor. Selanjutnya driver motor akan mengirimkan output nol ke pompa sehingga pompa berhenti.

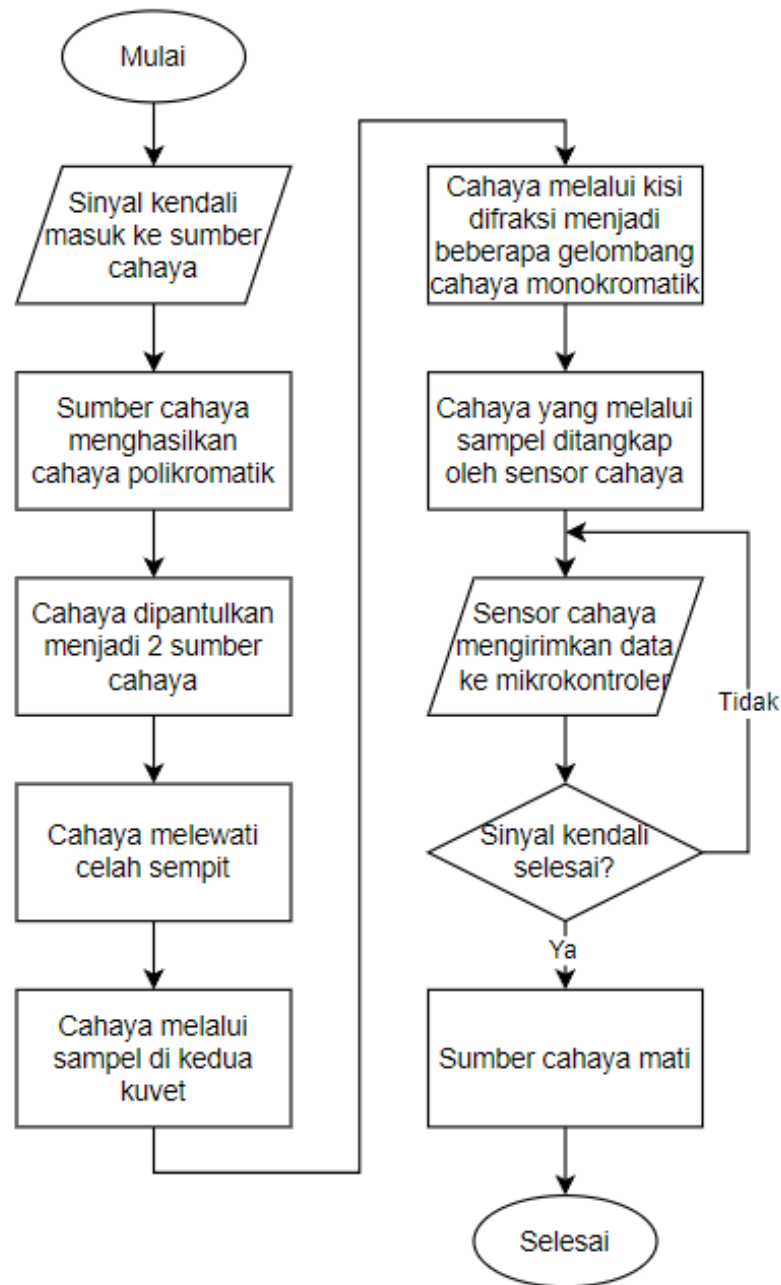
3.3.3 Subsistem Reaktor Filter



Gambar 3-30 Pemodelan Tingkah Laku Subsistem Reaktor Filter

Pada subsistem reaktor filter ini, pertama diterima sinyal kendali dari subblok mikrokontroler. Sinyal kendali akan masuk ke driver motor dan *heater* secara paralel, kedua komponen tersebut kemudian bekerja sehingga sampel dalam reaktor diaduk dan dipanaskan bersamaan. Apabila pemfilteran sudah dirasa cukup oleh *user*, akan dikirimkan sinyal kendali untuk berhenti menjalankan proses filtrasi. Saat sinyal kendali diterima, motor akan berhenti berputar (mengaduk) dan *heater* akan berhenti memanaskan. Selanjutnya, diterima sinyal kendali lagi untuk memompa sampel hasil filtrasi ke tahapan selanjutnya. Sinyal kendali akan masuk ke driver motor, menjalankan pompa, dan saat jumlah sampel sudah cukup, pompa akan dimatikan.

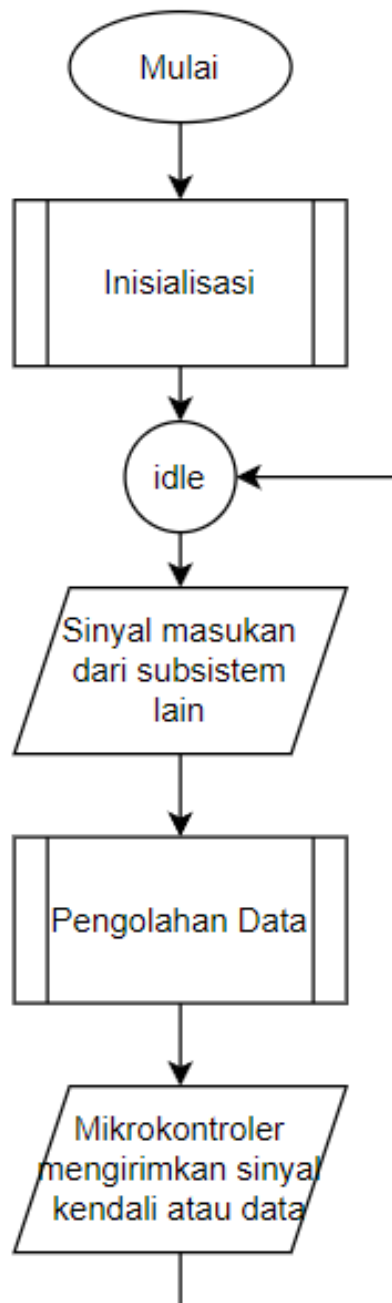
3.3.4 Subsistem Pengukuran



Gambar 3-31 Pemodelan Tingkah Laku Subsistem Pengukuran

Pada subsistem reaktor filter ini, pertama diterima sinyal kendali dari subblok mikrokontroler. Sinyal kendali ini akan menyalakan sumber cahaya. Sumber cahaya ini menghasilkan cahaya polikromatik. Cahaya polikromatik ini kemudian dipecah menjadi dua sumber cahaya dengan cermin dan dilewatkan pada celah sempit. Selanjutnya cahaya tersebut akan melalui sampel sebelum dan setelah filtrasi dalam kuvet. Cahaya yang lewat tersebut akan didifraksikan menjadi beberapa cahaya monokromatik dengan panjang gelombang berbeda-beda menggunakan kisi difraksi. Intensitas cahaya tersebut akan ditangkap oleh sensor cahaya. Data yang diperoleh ini kemudian dikirimkan ke subblok mikrokontroler untuk diolah. Sesudah data yang diperoleh cukup, akan dikirim sinyal kendali untuk mematikan sumber cahaya.

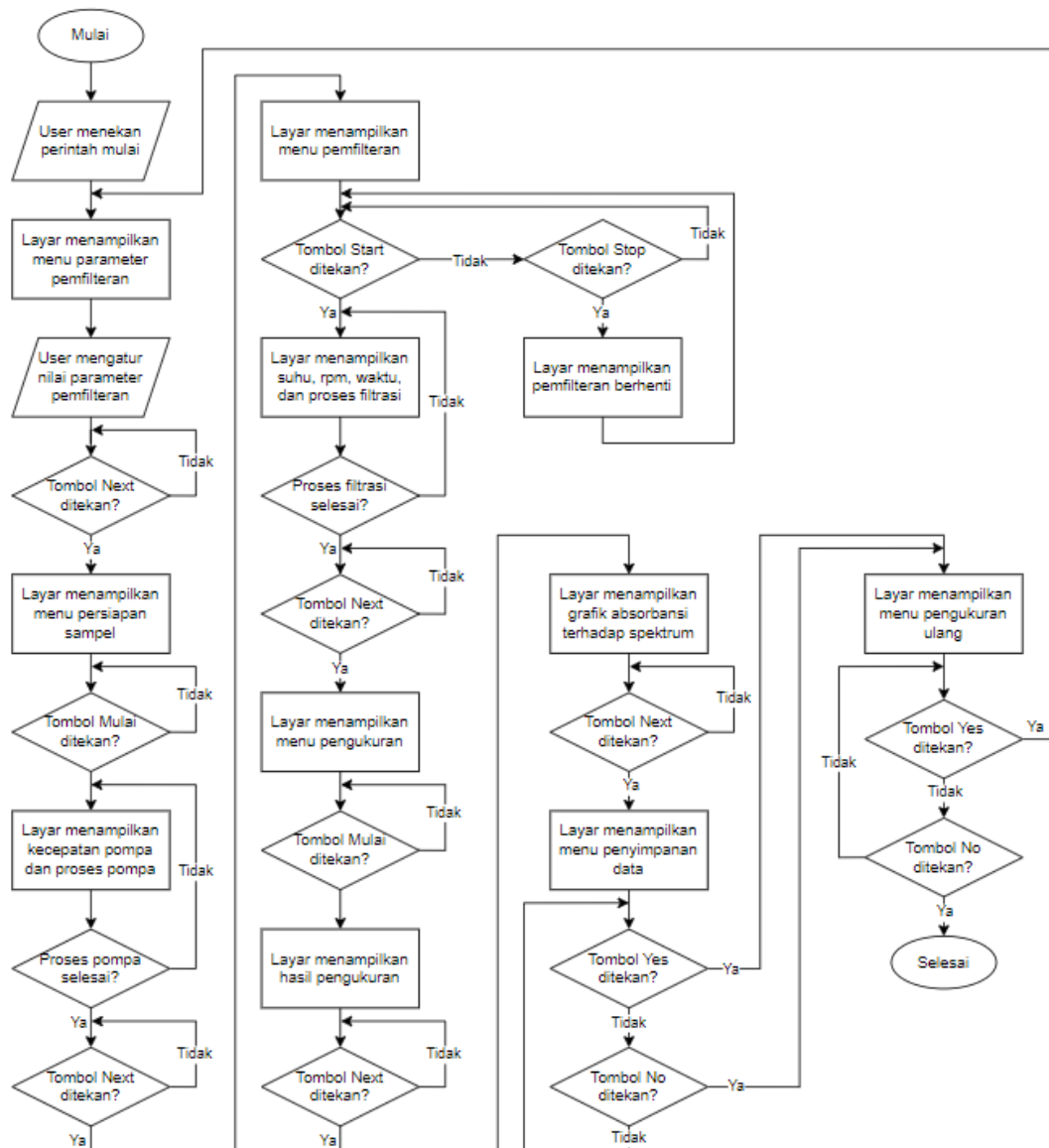
3.3.5 Subsistem Pengolahan Data



Gambar 3-32 Pemodelan Tingkah Laku Subsistem Pengolahan Data

Pada subsistem pengolahan data ini, saat alat dinyalakan akan dilakukan proses inisialisasi. Subsistem kemudian masuk ke kondisi *idle*, belum melakukan tindakan apa-apa. Mikrokontroler kemudian akan menerima input dari berbagai subsistem, utamanya dari *user interface* terkait perintah *user* dan sistem pengukuran terkait data hasil pengukuran. Mikrokontroler kemudian melakukan pengolahan terhadap baik sinyal kendali ataupun data yang diperoleh. Setelah proses pengolahan selesai, mikrokontroler mengirimkan kembali sinyal kendali ataupun data yang sudah diolah ke subsistem lain yang bersangkutan.

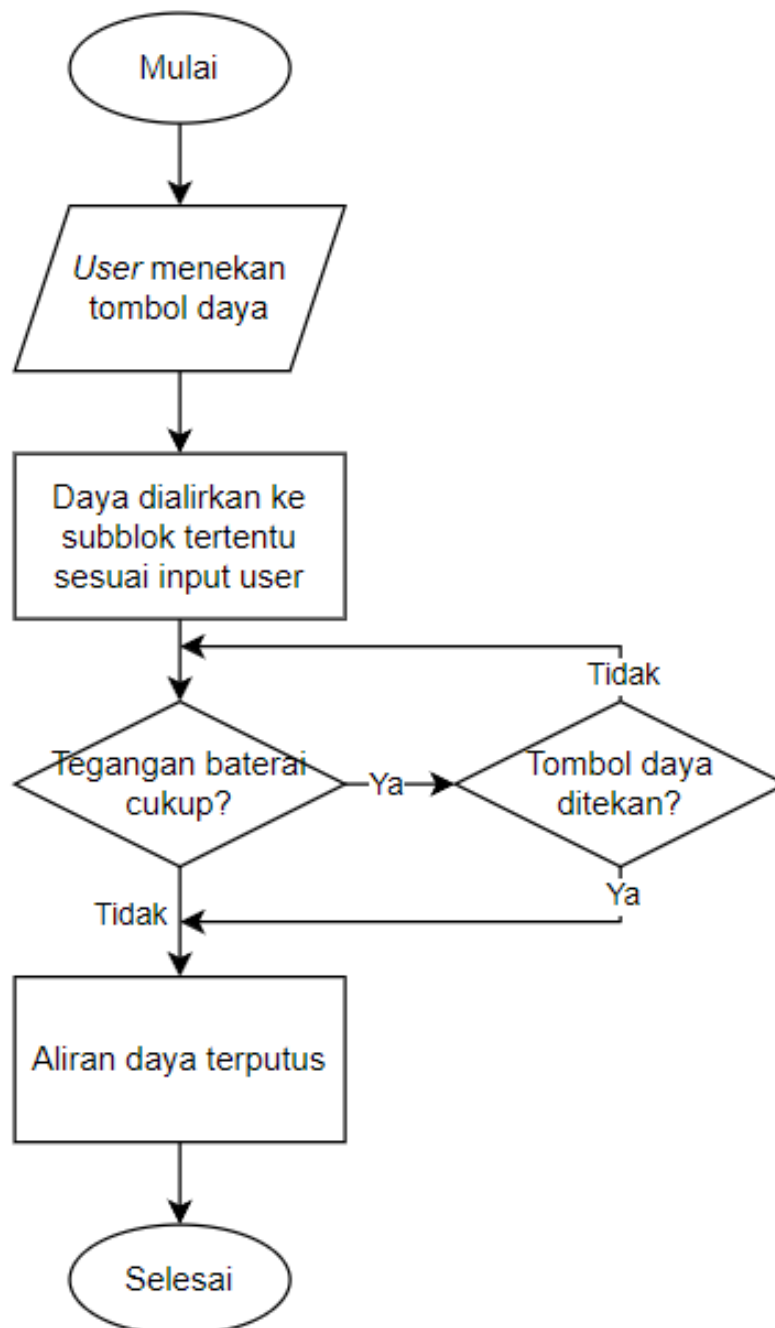
3.3.6 Subsistem *User Interface*



Gambar 3-33 Pemodelan Tingkah Laku Subsistem *User Interface*

Pada subsistem *user interface* ini, mula-mula setelah alat dinyalakan, *user* menekan perintah mulai. Layar akan menampilkan menu parameter pemfilteran, di mana *user* mengatur nilai parameter-parameter pemfilteran. Setiap menu yang selesai *user* menekan tombol next untuk lanjut ke menu berikutnya. Selanjutnya layar menampilkan menu persiapan sampel. *User* menekan tombol mulai untuk mulai memompa sampel dari penyimpanan sampel ke reaktor. Setelah proses selesai, layar akan lanjut ke menu pemfilteran. Di menu ini *user* menekan start dan stop untuk mengatur proses pemfilteran. Layar menampilkan data suhu, rpm, waktu filtrasi, dan proses. Setelah filtrasi selesai, layar akan lanjut ke menu pengukuran. Setelah tombol mulai ditekan layar akan menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk hasil bacaan sensor dan hasil pengolahan dalam A.u. Setelah data diperoleh layar akan menampilkan grafik absorbansi yang diperoleh. Layar kemudian menampilkan menu penyimpanan, di mana *user* memilih untuk menyimpan data yang diperoleh atau tidak. Terakhir, layar menampilkan menu pengukuran ulang. Apabila *user* memilih yes, layar akan kembali lagi ke pengaturan parameter. Apabila *user* memilih no, proses selesai.

3.3.7 Subsistem *Power Supply*



Gambar 3-34 Pemodelan Tingkah Laku Subsistem *Power Supply*

Pada subsistem *power supply* ini, mula-mula *user* menyalakan alat dengan menekan tombol daya. Sistem kemudian akan menyala dan daya dialirkan ke subblok tertentu sesuai dengan input *user* dari *user interface*. Modul *Battery Management System* (BMS) akan senantiasa bekerja saat sistem sudah menyala. Modul BMS akan memantau apakah nilai tegangan baterai cukup atau tidak. Apabila daya baterai cukup dan tombol daya tidak ditekan, sistem akan terus disuplai daya. Namun apabila daya baterai tidak cukup dan/atau tombol daya ditekan, aliran daya akan terputus.

3.4 Desain Perangkat Keras

3.4.1 Pilihan Komponen



3.4.1.1 Penyimpanan Sampel

3.4.1.1.1 Container

Container berfungsi untuk menyimpan sampel yang akan difilter. Kebutuhan yang menjadi pertimbangan pemilihan container sampel adalah sebagai berikut:

- Kapasitas yang cukup besar,
- Durabilitas, dan
- Harga.

Tabel 3-34 Pemilihan Container Penyimpanan Sampel

Gambar	Nama	Spesifikasi
	Beaker glass	<ul style="list-style-type: none">• Volume: 10 – 1000 mL• Bahan: Kaca Borosilikat (Pyrex)• Memiliki daya tahan yang kuat terhadap asam kuat, basa kuat• Tahan terhadap suhu tinggi• Mudah dibersihkan• Skala permanen dan tidak mudah hilang• Tidak pecah ketika diberikan perlakuan perubahan suhu yang ekstrim• Memiliki titik lebur 1600 derajat celcius
	Labu Erlenmeyer	<ul style="list-style-type: none">• Volume: 50 – 1000 mL• Bahan: Kaca Borosilikat (Pyrex)• Memiliki daya tahan yang kuat terhadap asam kuat, basa kuat, dan suhu tinggi.• Mudah dibersihkan.• Skala permanen dan tidak mudah hilang.• Tidak pecah ketika diberikan perlakuan perubahan suhu yang ekstrim.• Memiliki titik lebur 1600 derajat celcius



Faktor penting dalam pemilihan container sampel adalah volume sampel yang dapat ditampung oleh container. Hal ini berkaitan dengan spesifikasi utama subblok persiapan sampel, di mana diperlukan volume sebesar 200 – 250 mL untuk menyimpan sampel. Selain itu, kemampuan untuk mengukur volume sampel juga perlu diperhatikan, di mana garis pengukur yang akurat memastikan bahwa pengguna dapat mengukur atau mengeluarkan jumlah cairan yang tepat yang diperlukan untuk disalurkan ke tahap berikutnya. Dari kedua alternatif tersebut, dipilih *beaker glass* sebagai *container*.

3.4.1.1.2 Pompa

Pompa berfungsi untuk memindahkan sampel dari satu subblok ke subblok lainnya, yaitu dari penyimpanan sampel ke reaktor filter serta dari reaktor ke kuvet pengukuran. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan pemilihan komponen pompa adalah sebagai berikut:

- *Flowrate*,
- Konsumsi daya,
- Ukuran, dan
- Harga.

Tabel 3-35 Pemilihan Pompa Penyimpanan Sampel

Gambar	Nama	Spesifikasi
	Pompa Peristaltik INTLAB 2x4mm, 3x5mm	<ul style="list-style-type: none"> • Tegangan Kerja : 12 V • Daya Motor : 5 Watt • <i>Flow Rate</i> : 5 – 100 ml / menit • Speed range : 0-100 rpm • <i>Working Environment</i> : 0 – 40° C Humm 80% • <i>Net Weight</i> : 89 gr • Harga : Rp100.000
	Pompa Peristaltik Kamoer 3x5mm	<ul style="list-style-type: none"> • Tegangan Kerja: 12 V • Daya Motor : 5 Watt • <i>Flow Rate</i> : 5.2 – 90 ml / menit • Speed range : 0-100 rpm • <i>Working Environment</i> : 0 – 40° C Hum 80% • <i>Net Weight</i> : 89 gr • Harga : Rp115.000

Hal yang perlu diperhatikan dalam memilih komponen pompa air adalah kompatibilitas dengan ukuran beaker glass pada tahap persiapan sampel dan pemfilteran, karena flow rate pompa air perlu disesuaikan agar tidak terlalu lambat atau cepat dalam memompa air. Selain itu, konsumsi daya juga perlu diperhatikan agar daya tahan baterai tetap dalam jangkauan yang optimal. Dengan demikian, komponen pompa yang dipilih adalah pompa peristaltik INTLAB, karena flowratanya yang sesuai dengan ukuran beaker glass, *range* flow rate yang lebih luas dengan harga yang lebih murah dibandingkan dengan pompa peristaltik Kamoer.



3.4.1.1.3 Motor Driver

Motor Driver merupakan komponen pengendali kecepatan dan arah putaran motor DC. Perangkat ini menerima sinyal dari mikrokontroler lalu mengelola daya yang dikirim ke motor dengan teknik Pulse Width Modulation (PWM). Motor Driver juga membantu

melindungi motor dengan mengatur tegangan dan arus, sehingga memastikan pengoperasian yang aman dan efisien. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan pemilihan komponen pompa adalah sebagai berikut:

- Jumlah input yang dapat dikendalikan,
- Penggunaan port GPIO,
- Daya maksimum, dan
- Harga.

Tabel 3-36 Pemilihan Pompa Penyimpanan Sampel

Gambar	Nama	Spesifikasi
	Motor Driver L298N	<ul style="list-style-type: none"> • Tegangan Input: +5V ~ +46V • Output Current: 2A • Logic Power Output Vss: +5~+7V • Logic Current: 0 ~ 36mA • Controlling Level: Low -0.3V ~ 1.5V, High 2.3V ~ Vss • Enable Signal Level: Low - 0.3V ~ 1.5V, High 2.3V ~ Vss • Daya Maksimum: 25 W (Temperatur 75 C) • Working Temperature: -25C ~ +130C • Dimension: 60mm x 54mm • Harga: Rp16.000
	Motor Driver L293D	<ul style="list-style-type: none"> • Suplai daya 10 V dan arus maksimum 600 mA per kanal • 2 interface for 5V Servo connected to the Arduino's high-resolution dedicated timer no jitter. • Dapat menjalankan 4 motor DC atau 2 <i>stepper motor</i> atau 2 servo • H-Bridge: Setiap <i>bridge</i> menghasilkan 0.6 A (1.2 A arus puncak) with proteksi termal, dapat menjalankan motor pada 4,5 – 10 V • Terdapat resistor <i>pull-down</i> • Tombol reset. • 2 external terminal power interface, for separate logic/motor supplies. • Ukuran: 6.8cm x 5.5cm x 2cm • Harga: Rp20.000

Faktor penting yang menjadi pertimbangan pemilihan komponen driver ini adalah jumlah

input motor driver yang digunakan, karena berkaitan dengan jumlah pompa air yang digunakan. Motor Driver juga perlu disesuaikan dengan mikrokontroler agar jumlah pin GPIO yang digunakan cukup untuk mengoperasikan motor driver, maka diperlukan motor driver yang tidak memakai pin GPIO yang banyak agar komponen lain dapat dihubungkan ke mikrokontroler. Selain itu, daya maksimum juga perlu diperhatikan agar daya tahan baterai tetap dalam jangkauan yang optimal. Dengan demikian, komponen motor driver yang dipilih adalah Motor Driver L298N, dengan alasan bahwa motor driver ini dapat mengendalikan setiap pompa yang digunakan serta memakai 6 pin GPIO saja, dibandingkan dengan motor driver L293D yang memakai 28 pin.


3.4.1.2 Reaktor Filter


3.4.1.2.1 Heater

Modul heater berfungsi sebagai pemanas pada reaktor filter. Pemanasan memberikan energi awal untuk memungkinkan aktivasi molekul reaktan dan memulai reaksi. Aktivasi ini adalah penghilangan pelarut dan/atau molekul lainnya dengan panas dan vakum sederhana. Hal ini dilakukan dengan cara yang mirip dengan strategi yang biasa digunakan untuk mengaktifkan zeolit dan karbon. Terdapat beberapa hal yang menjadi pertimbangan pemilihan komponen heater yaitu:

- Kemampuan memanaskan,
- Daya maksimum, dan
- Harga.

Tabel 3-37 Pemilihan Heater

Gambar	Nama	Spesifikasi
	PTC Heating Element	<ul style="list-style-type: none"> • Tegangan Input: 12V AC / DC • Power Max: 50W • Ukuran: 35 x 21 x 5 mm • Bahan Pemanas: PTC Thermistor • Metode Pemanas: menggunakan konduksi panas • Harga: Rp30.000
	Heater + Magnetic Stirrer	<ul style="list-style-type: none"> • Power Supply (Daya): 220V AC • Power: 25W • Daya Pemanas: 200W • Rentang Kecepatan: 0 – 2400 rpm • Kebisingan suara rendah • Kecepatan halus • Suhu konstan • Dapat digunakan

		<p>dalam waktu yang lama (kuat dan tahan)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bahan metal PTFE dan kualitas baja tahan suhu tinggi, tahan abrasi, tahan korosi • Magnet kuat • Harga : Rp800.000
---	--	--


Hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan komponen pemanas ialah kemampuan untuk memanaskan sampel saat dilakukan pemfilteran, karena akan berpengaruh pada hasil akhir pemfilteran sampel. Selain itu, daya yang dikonsumsi juga perlu diperhatikan karena berkaitan dengan daya tahan baterai agar tetap dalam jangkauan optimal. Dengan demikian, komponen pemanas yang dipilih adalah PTC Heating Element, karena dimensi dan beratnya yang kecil serta kemampuan untuk memanaskan sampel yang cukup baik dengan konsumsi daya yang lebih kecil daripada komponen lainnya.



3.4.1.2.2 *Stirrer*

Stirrer berfungsi sebagai pengaduk pada reaktor filter agar dapat membantu proses pemfilteran sampel dengan MOF. Pengadukan mempercepat pencampuran MOF dan sampel secara menyeluruh, memastikan bahwa semua komponen bersentuhan satu sama lain. Hal ini sangat penting untuk meningkatkan kemungkinan tumbukan antara molekul reaktan. Hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan komponen ini adalah sebagai berikut:

- Kecepatan aduk,
- Konsumsi daya, dan
- Harga.

Tabel 3-38 Pemilihan *Stirrer*

Gambar	Nama	Spesifikasi
	<p>DIY <i>Magnetic Stirrer</i> dengan motor DC N20 + Magnet Neodymium</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tegangan kerja: 3V - 6V • Power: 1 W • 25.000 rpm \pm 10% • <i>No-load current</i>: 200 mA @ 5 V • Dimensi motor: 10x12x15mm • Berat 50 gr • Harga: Rp5.000

		
	<i>Heater + Magnetic Stirrer</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Power Supply (Daya): 220V AC • Power: 25W • Rentang Kecepatan: 0 – 2400 rpm • Dapat digunakan dalam waktu yang lama (kuat dan tahan) • Harga : Rp800.000

Kecepatan aduk merupakan faktor penting dalam pemilihan komponen pengaduk karena mempengaruhi efisiensi pengadukan. Pengadukan yang efisien memastikan pencampuran reaktan secara menyeluruh, di mana katalis reaksi harus terdistribusi secara merata dalam campuran reaksi. Mengendalikan kecepatan pengadukan dalam pemfilter juga sangat penting untuk memaksimalkan efisiensi sekaligus memastikan kondisi reaksi yang aman dan terkendali. Dengan demikian, digunakan DIY Magnetic Stirrer dengan kumpulan magnet yang dipasang pada suatu plat yang terhubung dengan motor DC. Komponen ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan komponen lain yaitu kecepatan aduk yang dapat dikendalikan oleh mikrokontroler serta konsumsi daya yang lebih rendah.


3.4.1.3 Sistem Pengukuran


3.4.1.3.1 Sumber Cahaya

Sumber cahaya menghasilkan cahaya polikromatik yang akan dilewatkan pada sampel dalam kuvet. Pemilihan sumber cahaya ini didasarkan pada beberapa kriteria, dengan urutan sesuai prioritas sebagai berikut.

- Rentang spektrum
- Konsumsi daya
- Masa hidup
- Harga

Tabel 3-39 Pemilihan Sumber Cahaya

Gambar	Nama	Spesifikasi
	Lampu Merkuri	<ul style="list-style-type: none"> • Rentang Spektrum: 180 – 1370 nm • Tegangan Input: 220V • Daya: 500 W • Masa Hidup: 5000 jam • Harga: Rp50.000

	Lampu Halogen	<ul style="list-style-type: none"> • Rentang Spektrum: 350 - 1000 nm • Tegangan operasi: 12, 24, atau 120 V • Masa Hidup: 2000 jam • Harga: Rp30.000
---	---------------	--



Berdasarkan kriteria-kriteria yang sudah ditentukan sebelumnya dipilih sumber cahaya berupa lampu halogen karena memiliki rentang spektrum *visible light* dengan konsumsi daya yang kompatibel, masa hidup yang cukup panjang, dan harga yang relatif murah.


3.4.1.3.2 Kuvet

Pemilihan kuvet berdasarkan pada kriteria-kriteria berikut ini.

- Performa dalam spektrofotometri
- Regulasi peralatan laboratorium
- Jumlah pemakaian

Tabel 3-40 Pemilihan Sumber Cahaya

Gambar	Nama	Spesifikasi
	Kuvet Plastik	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan: Plastik (<i>disposable</i>) • Kapasitas: 2,5 mL • Dimensi: 12,5 x 12,5 x 45 mm • Harga: Rp3.500
	Kuvet Kaca Optis	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan: Kaca Optis • Volume: 3.5 mL (volume min 2.5 mL, max 4.5 mL) • Tahan Suhu: 300° C • Panjang Gelombang: 350 nm - 2000 nm • Dimensi: 12.5 x 12.5 x 45 mm • Harga: Rp60.000

	Kuvet Kuarsa (<i>Quartz</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan : Kuarsa (<i>Quartz</i>) • Volume: 3.5 mL (volume min 2.5 mL, max 4.5 mL) • Panjang Gelombang: 200 – 2500 nm • Dimensi: 10 x 10 x 45 mm • Harga: Rp150.000
---	--------------------------------	--

Berdasarkan kriteria-kriteria yang sudah ditentukan sebelumnya dipilih kuvet kuarsa (*quartz*) untuk menampung sampel spektrofotometri karena performanya yang lebih baik dalam spektrofotometri, sesuai dengan regulasi peralatan laboratorium, serta lebih tahan lama dibanding kuvet jenis lainnya.

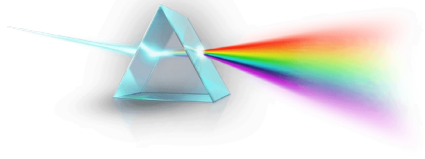

3.4.1.3.3 Perangkat Difraksi

Pemilihan perangkat difraksi berdasarkan beberapa kriteria sebagai berikut.

- Jumlah garis/mm
- Jarak antarcelah
- Akurasi
- Harga

Tabel 3-41 Pemilihan Perangkat Difraksi

Gambar	Nama	Spesifikasi
	CD	<ul style="list-style-type: none"> • Garis/mm: 625 • Jarak antarcelah: 1600 nm • Harga: Rp5.000
	DVD	<ul style="list-style-type: none"> • Garis/mm: 1350 • Jarak antarcelah: 741 nm • Harga: Rp5.000

	Prisma	<ul style="list-style-type: none"> • Material: Kristal • Dimensi: 30 x 30 x 60 mm • Harga: Rp50.000
	Kisi Difraksi	<ul style="list-style-type: none"> • Garis/mm: 100 – 2400 • Jarak antarcelah: 417 – 10000 nm • Harga: Rp150.000 – Rp1.000.000

Dari keempat kriteria yang sudah ditentukan sebelumnya, komponen yang paling memenuhi keempat kriteria adalah kisi difraksi. Hal ini dikarenakan kisi difraksi memiliki beberapa variasi garis/mm dari 100 hingga 2400, berbeda dengan komponen lainnya yang hanya memiliki 1 nilai. Kisi difraksi juga memiliki konsistensi dan akurasi difraksi yang lebih tinggi dibandingkan komponen-komponen lainnya. Dengan pertimbangan tersebut dipilih kisi difraksi sebagai perangkat difraksi.



3.4.1.3.4 Sensor Cahaya

Pemilihan sensor cahaya berdasarkan pada beberapa kriteria sebagai berikut.

- Sensitivitas sensor cahaya,
- Kompatibilitas dengan sistem, dan
- Harga.

Tabel 3-42 Pemilihan Sensor Cahaya

Gambar	Nama	Spesifikasi
	OV7670 640×480 VGA CMOS Camera Image Sensor Module	<ul style="list-style-type: none"> • Daya: 60mW/15fps VGAYUV • Mode Sleep: <20 uA. • Ukuran Lensa: 1/6". • Max. Frame Rate: 30fps VGA. • Sensitivitas: 1.3V / (Lux-sec). • dynamic range: 52 dB. • Electronic Exposure: 1 to 510 row. • Harga: Rp150.000
	TSL1401CL Linear Array Sensor	<ul style="list-style-type: none"> • Tegangan Input: 3 - 5.5 V • DPI 400

		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Active Length:</i> 8.12 mm • <i>Pixel Count:</i> 128x1 • <i>Integration frame by frame</i> • Output Analog • <i>Max. Clock Speed</i> 8 MHz • Rentang Suhu: -25 to 85 Celcius • Harga: Rp825.000
	ZM 0.3 Megapixel Serial JPEG	<ul style="list-style-type: none"> • Tegangan Input: 5 V • Konsumsi Arus: 80-100mA • <i>Communication Interface / Protocol:</i> RS232 • VGA/QVGA/160x120 resolution • Support capture JPEG from serial port • Baud rate 115200 • Ukuran: 1.51 x 1.51 x 1.26" (38.35x38.35x32mm) • Harga: Rp900.000

Berdasarkan kriteria-kriteria yang sudah ditentukan sebelumnya dipilih TSL1401CL *Linear Array Sensor* sebagai sensor cahaya. Hal ini dikarenakan sensor tersebut memiliki resolusi yang cukup, dilihat dari panjang daerah aktifnya sehingga dapat menangkap semua panjang gelombang. Kemudian sensor ini juga kompatibel dengan sistem, tidak memerlukan terlalu banyak pin (hanya 6). Selain itu, aspek utama yang menonjolkan komponen TSL1401CL ini adalah sensitivitasnya yang paling tinggi di antara alternatif yang disebutkan sebelumnya. Sensitivitas ini dibutuhkan karena dalam pengukuran spektrofotometri, sensitivitas sensor cahaya sangat berpengaruh terhadap akurasi hasil yang diperoleh.

3.4.1.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan pusat dari sistem yang mengendalikan seluruh komponen dari tahap persiapan sampel, pemfilteran, sampai pengukuran. Komponen yang diatur dan dikendalikan antara lain:


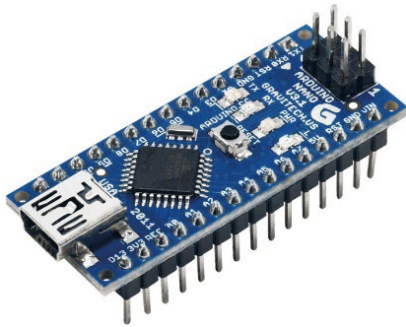


- Motor driver untuk mengendalikan kecepatan motor pompa dan motor pengaduk dengan PWM,
- Relay sebagai switch untuk mengendalikan komponen *heater*,
- Display sebagai antarmuka sistem,
- Lampu sebagai sumber cahaya, dan
- Kamera sebagai sensor cahaya.


Selain itu, mikrokontroler juga menjadi pusat pengolahan data yang diperoleh dari keseluruhan sistem.

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan untuk pemilihan mikrokontroler adalah sebagai berikut:

- Ketersediaan pin, dan
- Harga.

Tabel 3-43 Pemilihan Mikrokontroler

Gambar	Nama	Spesifikasi
	Arduino Uno	<ul style="list-style-type: none"> - Microcontroller: ATmega328P - Operating Voltage: 5V - Input Voltage: 7-12V - Digital I/O Pins: 14 (of which 6 provide PWM output) - Analog Input Pins: 6 - Flash Memory: 32KB (of which 0.5KB used by bootloader)
	Arduino Nano	<ul style="list-style-type: none"> - Microcontroller: ATmega328P - Operating Voltage: 5V - Input Voltage: 7-12V - Digital I/O Pins: 14 (of which 6 provide PWM output) - Analog Input Pins: 8 - Flash Memory: 32KB (of which 2KB used by bootloader)
	Arduino Mega R3 + Built-in IOT W ifi	<ul style="list-style-type: none"> - Mikrokontroler ATmega2560 - IC Wi-Fi ESP8266 - 5V 500mA Input, 5V 800mA max Output - Micro USB port - 54 pin digital, 16 pin analog - 32MB Memory
	ESP32 Dev Kit WROOM-32U	<ul style="list-style-type: none"> - Microcontroller: Dual-core Tensilica LX6 microprocessors (240 MHz) - Operating Voltage: 3.3V - Digital I/O Pins: 36 (GPIO pins) - Analog Input Pins: 18 (ADC channels) - Integrated Wi-Fi dan Bluetooth - Flash Memory: 4MB (32Mb)
	Raspberry Pi 4	<ul style="list-style-type: none"> - Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.8GHz. - 1GB, 2GB, 4GB or 8GB LPDDR4-3200 SDRAM

		(depending on model) <ul style="list-style-type: none"> - 2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE. - Gigabit Ethernet. - 2 USB 3.0 ports; 2 USB 2.0 ports.
---	--	--

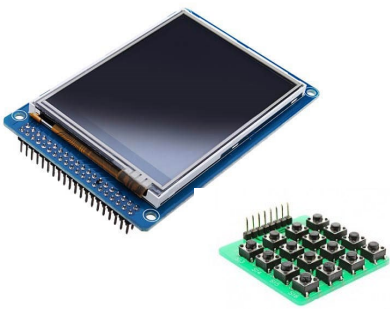
Kriteria utama dalam pemilihan mikrokontroler adalah ketersediaan pin, karena mikrokontroler perlu mengendalikan setiap subsistem. Dari spesifikasi yang tercantum untuk setiap pilihan, Arduino Mega 2560 memenuhi kriteria untuk spektrofotometer yang sedang dikembangkan. Jika dibandingkan dengan yang lain, Arduino Mega memiliki ketersediaan pin GPIO yang cukup untuk mengendalikan setiap komponen sistem. Selain itu, pin GPIO yang tersisa dapat digunakan untuk komponen tambahan yang diperlukan oleh sub-blok pengukuran, mengingat bahwa sistem yang dikembangkan bersifat modular, contohnya untuk penggantian metode pengukuran. Dengan pertimbangan ini, mikrokontroler yang dipilih untuk pengembangan produk adalah Arduino Mega 2560.



3.4.1.5 Antarmuka Pengguna

Komponen Antarmuka pengguna berfungsi sebagai penghubung antara produk dan pengguna dan terdiri dari perangkat antarmuka input dan perangkat tampilan atau *display*. Beberapa kriteria yang menjadi pertimbangan adalah sebagai berikut:

- Dapat menampilkan teks dan grafik,
- Tampilan teks dan gambar atau grafik dapat diubah,
- Kemudahan penggunaan oleh user,
- Kemudahan integrasi dengan keseluruhan sistem, dan
- Harga.

Tabel 3-44 Pemilihan Antarmuka Pengguna

Gambar	Nama	Spesifikasi
	3,5" TFT LCD Display + Keypad	3,5" TFT LCD Display: <ul style="list-style-type: none"> - Diagonal LCD : 3.5 inch - Resolusi : 320 x 480 pixel - IC Driver : ILI9488 - Interface : SPI Serial - Touch Screen - Power supply : 3.3~5V DC - 5V compatible, use with 3.3V or 5V logic
	3,5" ILI9488 TFT LCD Touchscreen Display	<ul style="list-style-type: none"> - Size: 3.5 inches (diagonal screen size) - Display Type: TFT LCD (Thin Film

		Transistor Liquid Crystal Display) - Resolution: Often around 320x240 pixels or higher
	I2C OLED Display	- Dimension: 29.28 x 27.1 mm - Power supply range: DC 3V-5V - Power: 0.06W - Resolution: 128x64 - GND: Power Gound - VCC: 2.2V-5.5V - SCL: CLK clock (High level 2.2V-5.5V) - SDA: MOSI data (High level 2.2V-5.5V) Interface: IIC/I2C

Hal penting yang menjadi pertimbangan pemilihan komponen adalah resolusi yang cukup untuk menampilkan antarmuka sistem dan data yang dihasilkan oleh sistem. Selain itu, komponen antarmuka harus mudah digunakan oleh user. Dengan demikian, komponen antarmuka yang digunakan adalah 3,5” ILI9488 TFT LCD Touchscreen Display, karena resolusinya dapat menampilkan banyak menu dan data serta tidak hanya menampilkan data saja namun user juga dapat memilih pilihan menu dan mengatur parameter sistem. Meskipun menggunakan pin GPIO yang lebih banyak dibandingkan dengan yang lain, antarmuka *touchscreen* lebih mudah digunakan oleh user dibandingkan dengan keypad.

3.4.1.6 Power Supply

Dalam menentukan komponen baterai yang sesuai dengan kebutuhan seluruh komponen, dilakukan penghitungan arus yang perlu disuplai untuk tiap komponen. Nilai rating tegangan diperoleh dari datasheet komponen, sedangkan rating daya dan arus diperoleh dari *power supply* saat percobaan mengoperasikan komponen. Konsumsi daya per siklus merupakan hasil perhitungan dari konsumsi daya dikalikan dengan durasi operasi masing-masing komponen dengan rincian sebagai berikut.

- Pompa peristaltik 2 menit per siklus
- PTC heater 15 menit per siklus
- *Stirrer* 15 menit per siklus
- Lampu halogen 1 menit per siklus
- Kamera TSL1401CL 1 menit per siklus
- LCD display 20 menit per siklus
- Arduino Mega 20 menit per siklus

Tabel 3-45 Perhitungan Daya Sistem

Komponen	Arus (mA)	Tegangan Operasi (V)	Konsumsi Daya (W)	Konsumsi Daya per 1 Siklus Operasi (Wh)	Konsumsi Daya untuk 6 Siklus Operasi (Wh)
Pompa peristaltik INTLAB	403,5	12	4,54	0,0755	0,454
PTC Heater 12 V	1500	12	18	4,5	27
Motor DC untuk Stirrer	200	5	1	0,25	1,5
Lampu Halogen	833,33	12	10	0,167	1
Modul Kamera TSL1401CL	40	5	0,2	0,0033	0,02
LCD Touchscreen Display	150	5	0,75	0,25	1,5
Arduino Mega	50	5	0,25	0,083	0,5
Total				5,33	31,97

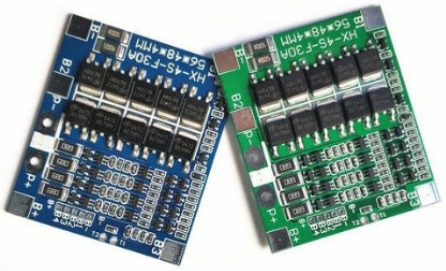
Berdasarkan perhitungan konsumsi daya di atas, kebutuhan daya dari sistem spektrofotometer adalah 5,33 W dalam satu kali operasi yaitu sekitar 20 menit. Durasi minimum penggunaan yang ditentukan adalah enam siklus yaitu sekitar 2 jam, sehingga kebutuhan daya untuk 2 jam adalah 31,97 W. Karena *heater* memakan daya yang relatif besar, digunakan 4 buah baterai Li-Ion 3,7 V yang diserikan dengan tegangan total 14,8 V. Kemudian membagikan daya satu sesi penggunaan sebesar 31,97 Wh dengan tegangan 14,8 V, diperoleh kapasitas yang dibutuhkan setiap baterai adalah ~ 2160 mAh.

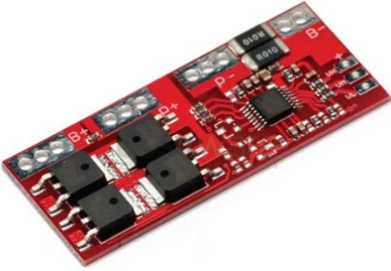
Karena sistem memiliki komponen dengan tegangan input yang berbeda-beda, dibutuhkan pula modul *step-down* untuk menyesuaikan tegangan terhadap masing-masing komponen. Proses konversi tegangan ini tentunya tidak 100% sehingga akan memengaruhi daya yang disuplai pula. Oleh karena itu, diasumsikan modul *step-down* memiliki akurasi $\sim 90\%$ sehingga kapasitas baterai minimal adalah $2160/0,9 = 2400$ mAh.

3.4.1.6.1 Modul BMS

Untuk menghindari over-discharge, maka digunakan modul BMS untuk mencegah pemakaian baterai di bawah threshold tertentu dari kapasitasnya untuk baterai lithium-ion.

Tabel 3-47 Pemilihan Modul BMS



Gambar	Nama	Spesifikasi
	BMS 4S Charger 18650 Li-Ion Battery	<ul style="list-style-type: none"> Maximum discharge current: 60A Overcharge detection voltage: 4.095 - 4.195 V Over-discharge detection voltage: 2.55-3.0V Maximum working current: 30A

		<ul style="list-style-type: none"> Operating temperature: -40~50° C Harga: Rp35.000
	BMS 4S 30A Charger 18650 Li-Ion Battery Equalization Board	<ul style="list-style-type: none"> Maximum discharge current: 30A Overcharge detection voltage: 4.225 - 4.275 V Over-discharge detection voltage: 2.42-2.58V Maximum working current: 15A Operating temperature: -40~85° C Harga: Rp24.000

Spesifikasi komponen *Battery Management System* (BMS) yang dibutuhkan adalah untuk 4 buah baterai Li-Ion. Oleh karena itu, dari komponen yang memenuhi kebutuhan adalah BMS 4S Charger 18650 Li-Ion karena arus maksimum yang didukung lebih besar daripada alternatif lain.

3.4.1.6.2 Baterai

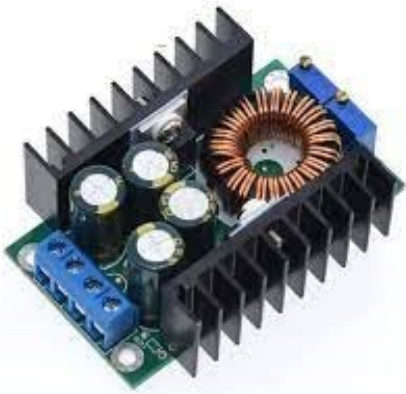

Tabel 3-48 Pemilihan Baterai

Gambar	Nama	Spesifikasi
	EVE 18650 3.7V 2500mAh 30A 12C Li-Ion	<ul style="list-style-type: none"> Tipe: 18650 Berat: 45 gram Nominal Voltage: 3.7V Nominal Capacity: 2500 mAh Discharge Rate: 12A Max Cycle: 300 Cycles
	Sony/Murata VTC7 INR 18650 3.7V 3500mAh 10A Lithium-ion	<ul style="list-style-type: none"> Size: 18650 (18.2 mm * 64.86 mm) Berat: 45.3 gram Nominal Voltage: 3.7V Nominal Capacity: 3500 mAh

Berdasarkan hasil perhitungan dari Tabel 3-45, untuk tiga baterai yang diserikan dengan tegangan total 14,8 V dibutuhkan kapasitas minimal sebesar 2400 mAh untuk setiap baterai. Oleh karena itu, dipilih baterai Sony Murata VTC7 dengan kapasitas 3500 mAh karena sesuai dengan perhitungan total kapasitas daya yang diperlukan dan memiliki cadangan yang relatif besar.

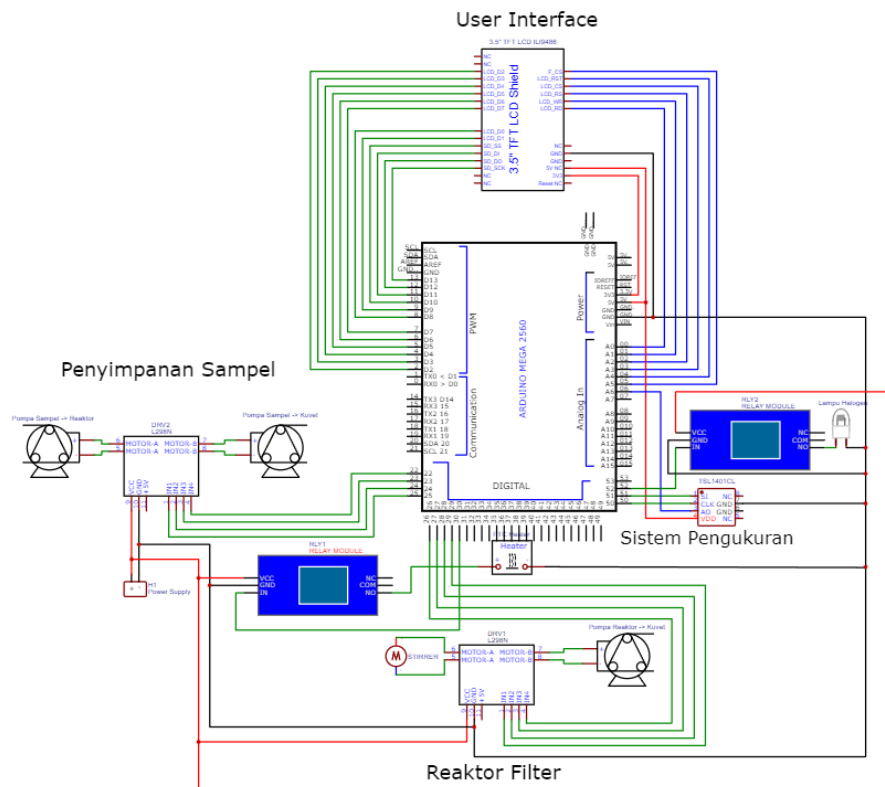
3.4.1.6.3 Modul Step-Down

Tabel 3-49 Pemilihan Modul Step-Down

Gambar	Nama	Spesifikasi
	XL4016 Stepdown Board Module	<ul style="list-style-type: none"> • Tegangan masukan: DC 4-38V • Tegangan keluaran: DC 1.25-36V • Arus maksimum: 8A (tambahkan kipas dan buat arus kurang dari 5A untuk penggunaan jangka panjang) • Daya maksimum: 200W • Efisiensi konversi: 95% • Frekuensi switching: 180KHz • Suhu Kerja: -45 ~ +85? • Dimensi: 6 x 3.7 cm • Harga: Rp25.000
	MP1584 Stepdown DC	<ul style="list-style-type: none"> • Input voltage : 4.5 V ~ 28 V • Output voltage : 0.8 V ~ 20 V (Adjustable) • Output current : 3A (Max) • Conversion efficiency : 96% (the highest) • The output ripple : The < 30 mv • Switching frequency : 1.5 MHz (highest), typically 1 MHz • Suhu Kerja : - 45 ~ + 85 • - Dimensi : 17 mm x 22 mm x 4 mm • Harga: Rp9.400

Dari kedua alternatif komponen di atas, keduanya memenuhi spesifikasi tegangan input dan tegangan output yang dibutuhkan serta ukuran yang tidak terlalu besar. Untuk memilih komponen, dilihat nilai efisiensi dan *switching frequency* dari masing-masing modul *stepdown*. Berdasarkan kedua parameter tersebut, dipilih modul *stepdown* MP1584.

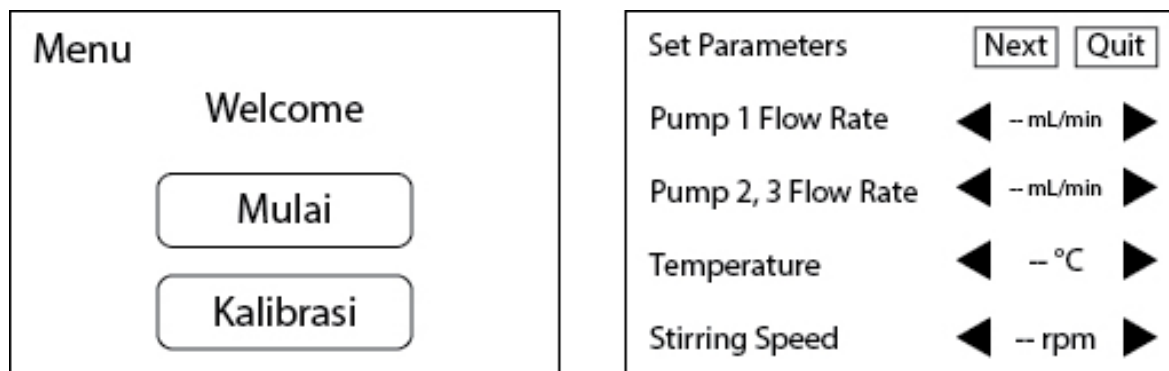
3.4.2 Skematik Keseluruhan Sistem

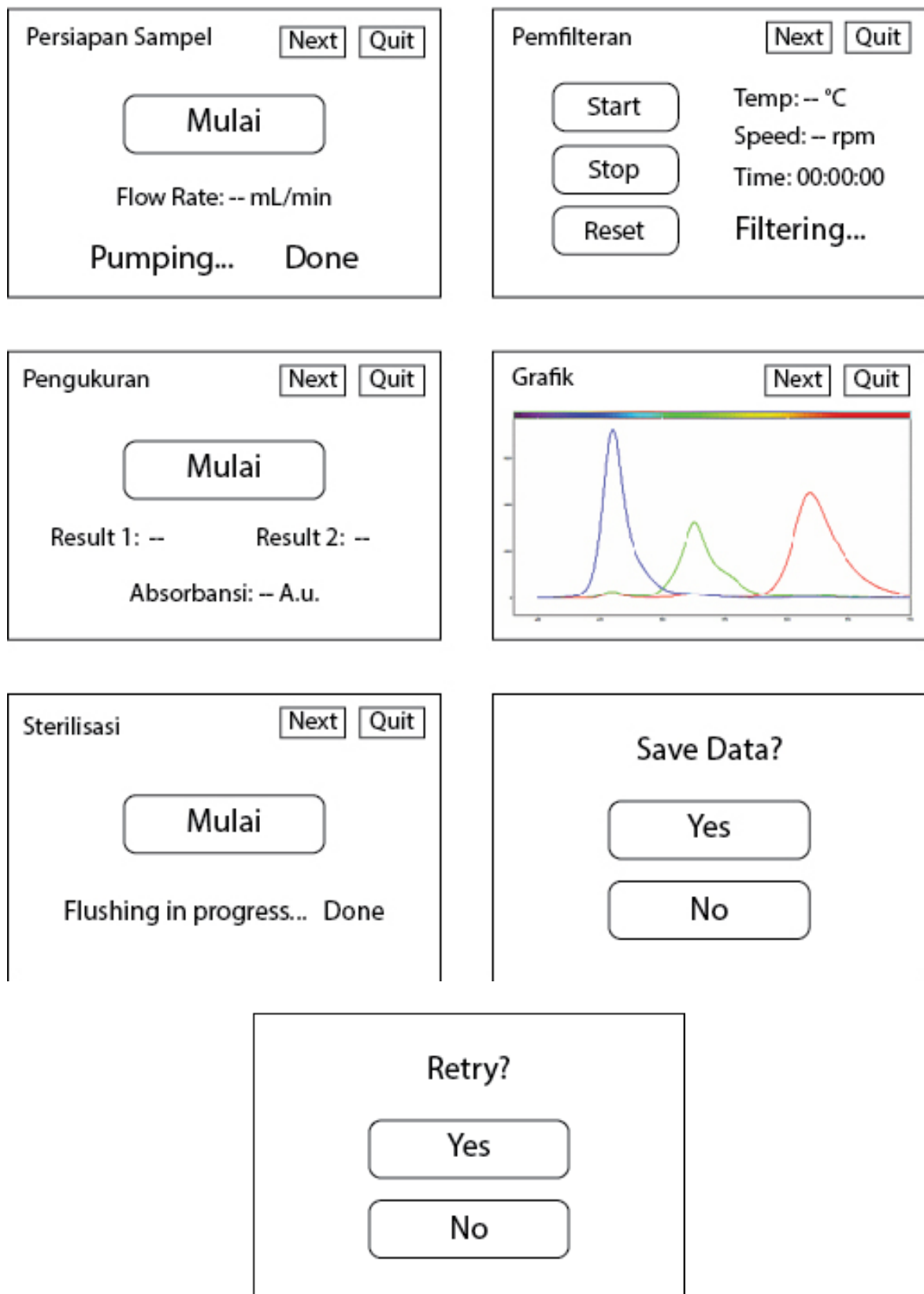


Gambar 3-35 Skematik Keseluruhan Sistem

3.5 Desain Perangkat Lunak

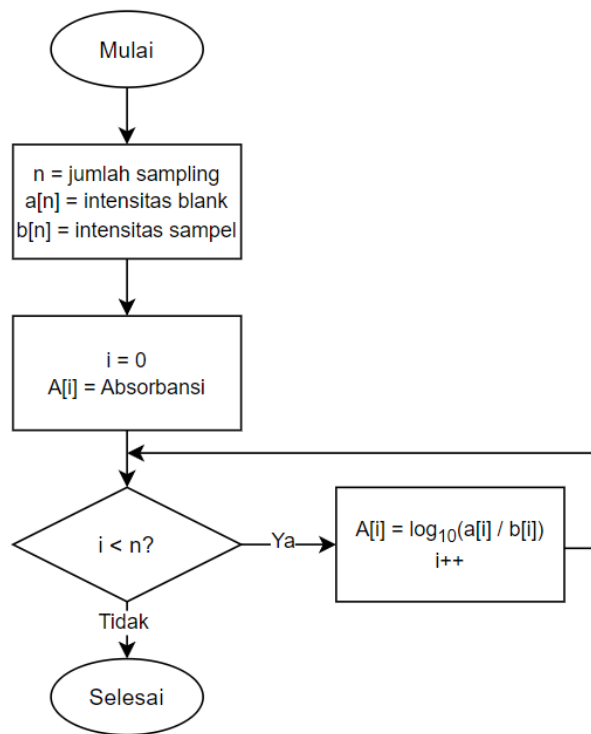
3.5.1 User Interface





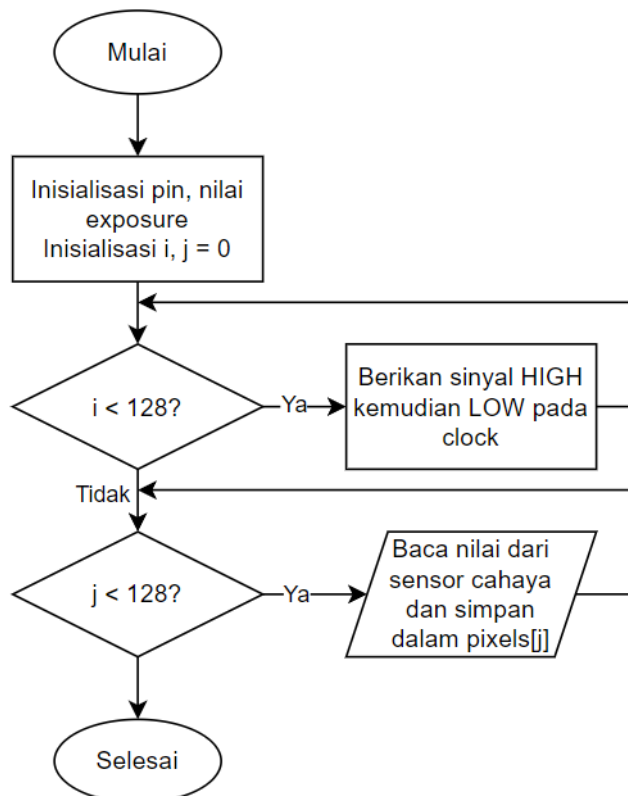
Gambar 3-36 Desain Mockup User Interface

3.5.2 Program Perhitungan Absorbansi



Gambar 3-37 Diagram Alir Program Perhitungan Absorbansi

3.5.3 Program Subsistem Sensor Cahaya



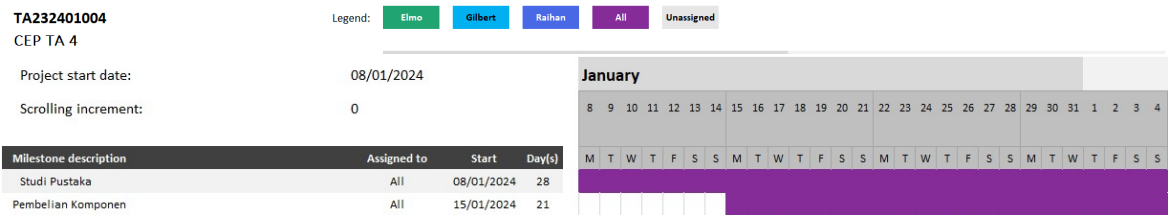
Gambar 3-38 Diagram Alir Program Sensor Cahaya

4 Jadwal Pengerjaan

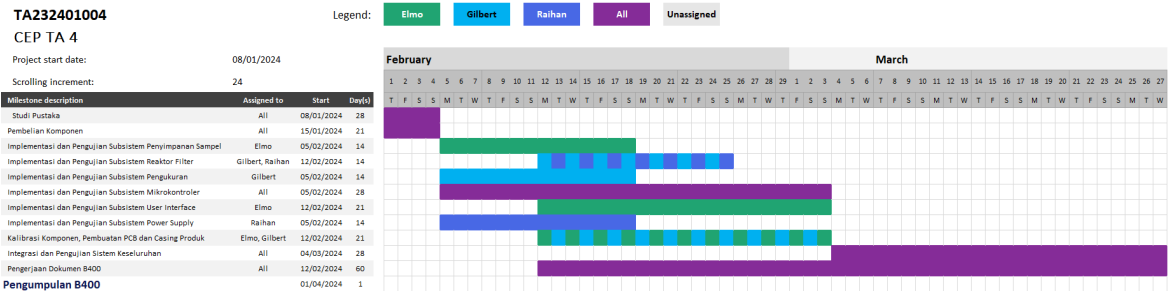
Tabel 4-1 Tanggal Penting Semester Genap TA 2023-2024

Tanggal	Keterangan
5 Februari 2024	Awal masa kuliah semester genap 2023-2024
5 Februari – 1 April 2024	Implementasi Sistem
1 April 2024	Pengumpulan dokumen B400 – Implementasi
8 – 12 April 2024	Libur Idul Fitri
15 April – 24 Mei 2024	Pengujian Sistem
24 Mei 2024	Pengumpulan dokumen B500 – Pengujian
18 – 20 Juni 2024	EE Days

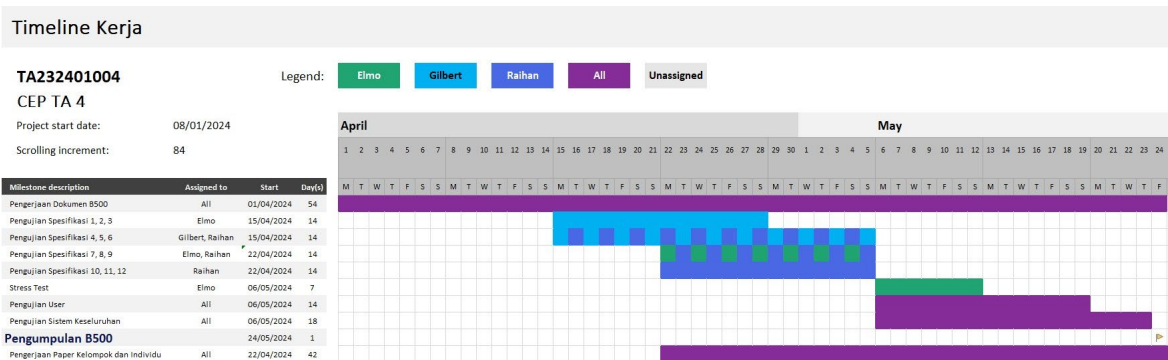
Jadwal pengerjaan Tugas Akhir II Semester Genap Tahun Ajaran 2023/2024 dalam bentuk *Gantt Chart* dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 4-1 Gantt Chart Pengerjaan TA II (1)



Gambar 4-2 Gantt Chart Pengerjaan TA II (2)



Gambar 4-3 Gantt Chart Pengerjaan TA II (3)

Timeline Kerja

TA232401004

CEP TA 4

Project start date: 08/01/2024

Scrolling increment: 138

Legend:

Elmo

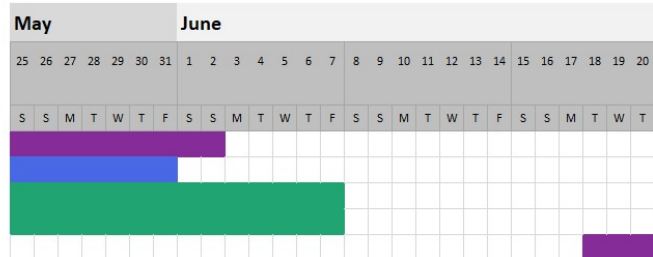
Gilbert

Raihan

All

Unassigned

Milestone description	Assigned to	Start	Day(s)
Pengerjaan Paper Kelompok dan Individu	All	22/04/2024	42
Finalisasi Dokumen	All	25/05/2024	7
Pembuatan Video	Elmo	25/05/2024	14
Pembuatan Poster	Elmo	25/05/2024	14
EE Days 2024	All	18/06/2024	3



Gambar 4-4 Gantt Chart Pengerjaan TA II (4)

TA232401004

CEP TA 4

Project start date: 05/02/2024

Scrolling increment: 120

Legend:

B400

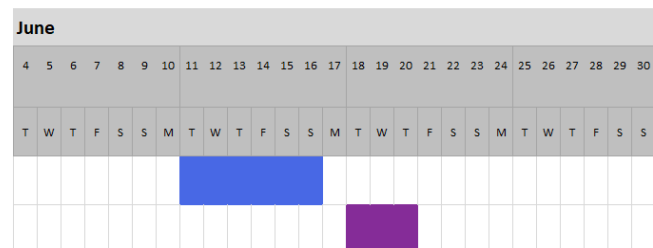
B500

Finalisasi

EEDays

Unassigned

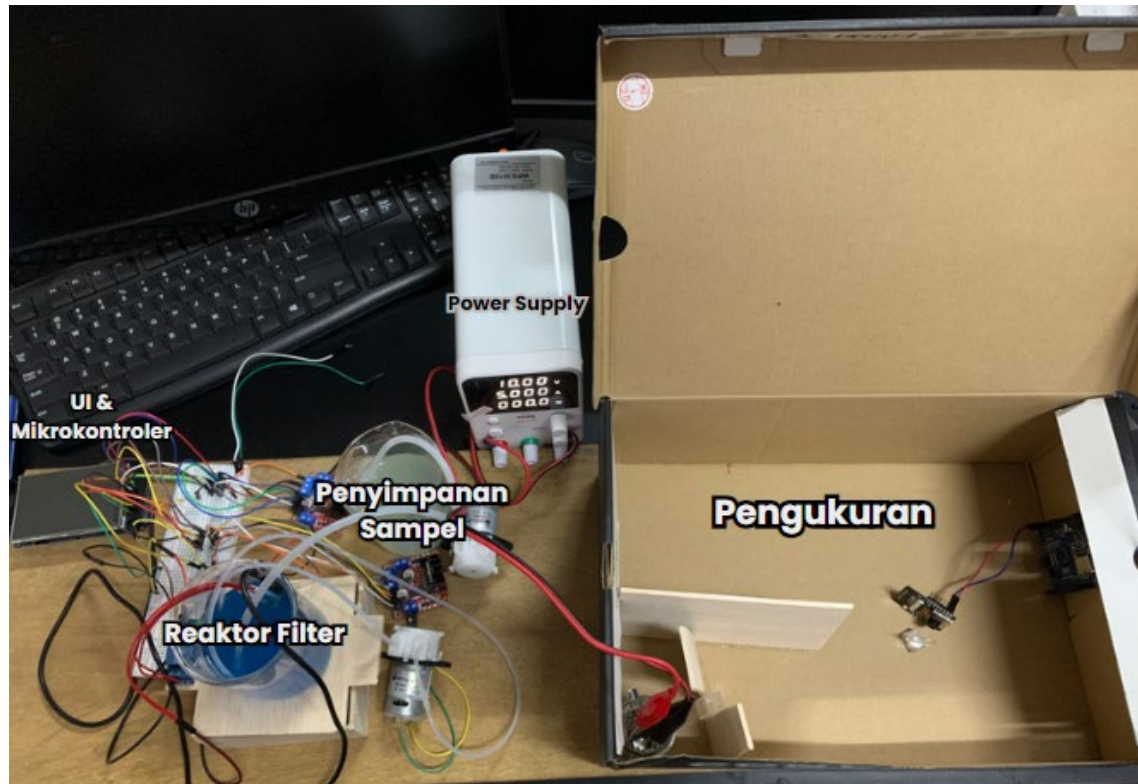
Milestone description	Assigned to	Start	Day(s)
Pembuatan Poster	Elmo	11/06/2024	6
EE Days 2024		18/06/2024	3



Gambar 4-5 Gantt Chart Pengerjaan TA II (5)

5 Lampiran

- Ilustrasi Sederhana Sistem



- Desain Casing

