

**DOKUMEN TEKNIS PERANCANGAN PRODUK**

**Pendahuluan**

**1.1 Ringkasan Isi Dokumen**

Dokumen ini berisikan uraian proses perancangan dari proyek *Semi-Automatic Medical Syringe Pump Development: Interface, Control, Alarm and Feedback*. Kajian perancangan dibahas mulai dari modul tiap subsistem, komponen yang digunakan, *behavior* dari tiap komponen, hingga pengujian tiap komponen dan modul secara terpisah. Dokumen ini digunakan sebagai acuan dalam melakukan implementasi dan integrasi sistem *syringe pump* yang direncanakan.

**1.2 Tujuan Penulisan, Aplikasi dan Fungsi Dokumen**

Dokumen ini berlaku untuk pengembangan produk *syringe pump* untuk:

- 1) Penjelasan mengenai proses perancangan sistem *syringe pump* secara keseluruhan.
- 2) Penjabaran landasan dan alasan proses perancangan yang merupakan turunan dari spesifikasi yang dijanjikan.
- 3) Menjadi acuan untuk proses implementasi dan integrasi sistem keseluruhan dan acuan evaluasi ketercapaian spesifikasi sistem yang dijanjikan.
- 4) Pemenuhan komponen penilaian mata kuliah Metodologi Penelitian dan Skripsi di lingkup Program Studi Teknik Elektro.

## Perancangan Produk

### 2.1 Definisi, Fungsi dan Spesifikasi

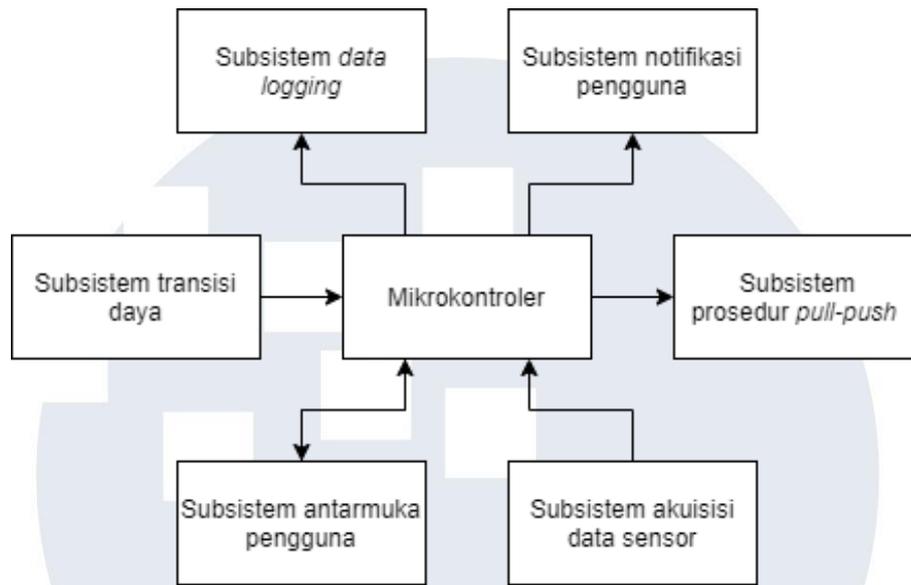
SP adalah alat elektronik yang umumnya digunakan petugas kesehatan untuk memberikan dosis obat cair tertentu kepada pelanggan secara berlanjut dengan waktu yang lama. SPICAF merupakan SP yang dirancang dengan menambahkan keluaran sebagai *feedback*. *Feedback*-nya berupa sensor yang dapat membaca keluaran cairan dan mengirimkan sinyal analog pada mikrokontroler. SPICAF didesain dengan semi-mobilitas, dispesifikasi bekerja dengan komponen-komponen yang dapat berkomunikasi dengan berbagai *library* Arduino, dan beroperasi pada tegangan 3,3 V, 5 V, dan 7 V. Target *flowrate* adalah 0,1 mL/jam hingga 1200 mL/jam dengan adisi 0,1 mL/jam hingga 1 mL/jam.

### 2.2 Tinjauan Desain Produk

#### 2.2.1 Tinjauan Desain Sistem Secara Umum

Keseluruhan sistem SPICAF terbagi menjadi beberapa subsistem yang memiliki fungsi dan peran tertentu. Subsistem-subsistem dalam SPICAF antara lain:

1. Subsistem antarmuka pengguna, sebagai antarmuka dengan pengguna.
2. Subsistem prosedur *pull-push*, sebagai pengatur pelaksanaan ekstraksi dan injeksi suntik.
3. Subsistem akuisisi data sensor, sebagai pengatur penerimaan data untuk diproses SPICAF.
4. Subsistem notifikasi pengguna, sebagai pemberitahu masalah pada pengguna.
5. Subsistem *data logging*, untuk mencatat *history* penggunaan.
6. Subsistem *power manager*, sebagai pengatur daya SPICAF.



Gambar 3. 1 Subsistem pada sistem SPICAF.

Tabel 3. 1 Penjelasan *Input/Output* Sistem SPICAF.

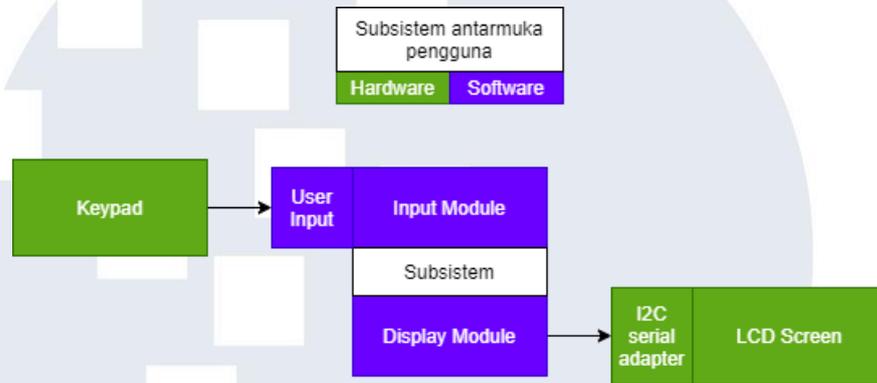
Parameter	Keterangan
<b>Input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akuisisi data dari antarmuka pengguna</li> <li>• Akuisisi data dari sensor luaran</li> <li>• Daya AC atau DC yang tersedia</li> </ul>
<b>Output</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Notifikasi kepada pengguna</li> <li>• Melaksanakan prosedur injeksi</li> <li>• Menyimpan data masukan dari pengguna</li> <li>• Pengalihan penggunaan daya berdasarkan daya yang tersedia</li> </ul>
<b>Fungsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memberikan peringatan kepada pengguna bahwa SPICAF terjadi masalah yang memenuhi kriteria</li> <li>• Melakukan prosedur injeksi cairan medikasi</li> </ul>

## 2.2.2 Tinjauan Desain Subsistem

### 2.2.2.1 Subsistem antarmuka pengguna

Subsistem antarmuka pengguna adalah subsistem yang berinteraksi langsung dengan pengguna. Subsistem ini terdiri dari: modul keypad yang berfungsi menerima masukan pengguna berupa angka dan huruf -masukan berupa target *flowrate* dan ukuran volume suntik- dan modul layar LCD

yang berfungsi menampilkan masukan serta hasil kalkulasi oleh sistem utama -menampilkan hasil laju alir, volume awal, volume yang sudah terinjeksi, dan waktu selesai injeksi yang tersisa.

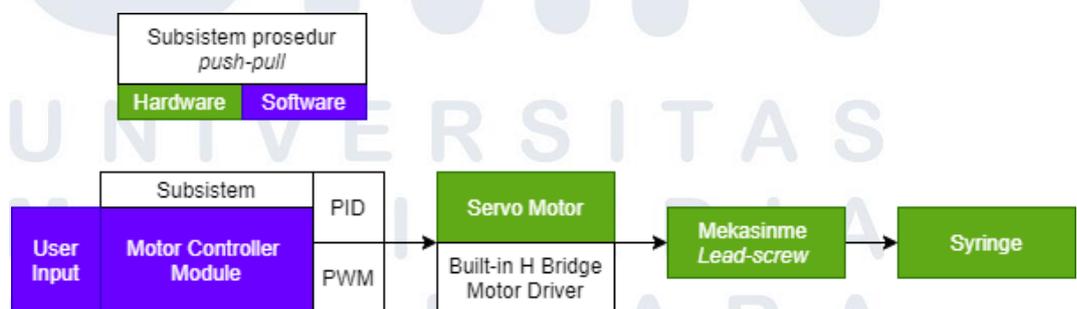


Gambar 3. 2 Data Flow Diagram Subsistem Antarmuka Pengguna.

Tabel 3. 2 Penjelasan *Input/Output* Subsistem Antarmuka Pengguna.

Parameter	Keterangan
<b>Input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Masukan tombol dari keypad</li> </ul>
<b>Output</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hasil masukan muncul di layar LCD</li> <li>Target data untuk menggerakkan motor</li> </ul>
<b>Fungsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menerima masukan laju alir kemudian memberikannya ke dalam sistem untuk diproses kepada motor</li> <li>Memberikan notifikasi kepada pengguna selama beroperasi</li> </ul>

### 2.2.2.2 Subsistem prosedur *pull-push*

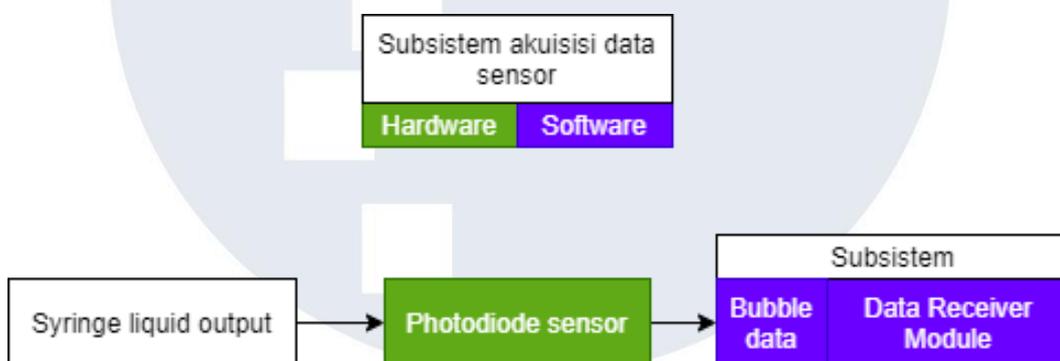


Gambar 3. 3 Data Flow Diagram Subsistem Prosedur *Push-Pull*.

Tabel 3. 3 Penjelasan *Input/Output* Subsystem Prosedur *Push-Pull*.

Parameter	Keterangan
<b>Input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Keypad</i> data: target <i>flowrate</i></li> </ul>
<b>Output</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinyal PWM ke servo motor</li> <li>• Gerak translasi terhadap suntik</li> </ul>
<b>Fungsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memproses <i>keypad</i> data menjadi sinyal PWM untuk menggerakkan <i>servo motor</i> yang akan mengubah gerak rotasi menjadi gerak translasi kepada suntik</li> </ul>

### 2.2.2.3 Subsystem akuisisi data sensor



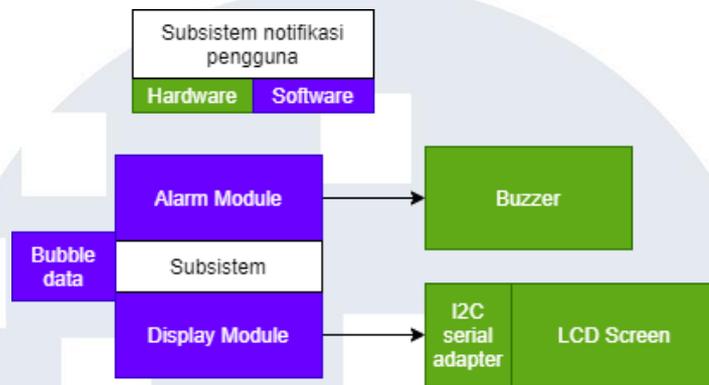
Gambar 3. 4 *Data Flow Diagram* Subsystem Akuisisi Data Sensor.

Tabel 3. 4 Penjelasan *Input/Output* Subsystem Akuisisi Data Sensor.

Parameter	Keterangan
<b>Input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keluaran cairan suntik</li> </ul>
<b>Output</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data laju alir</li> <li>• Data kondisi diode</li> </ul>
<b>Fungsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengakuisisi data dari sensor yang bersifat analog menjadi data digital yang dapat diolah oleh sistem utama.</li> </ul>

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

### 2.2.2.4 Subsistem notifikasi pengguna

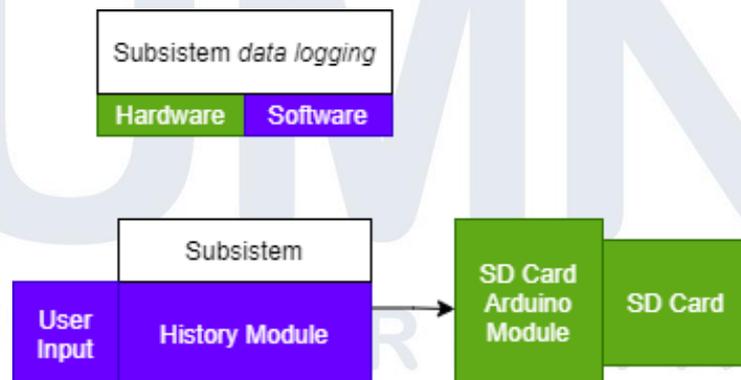


Gambar 3. 5 Data Flow Diagram Subsistem Notifikasi Pengguna.

Tabel 3. 5 Penjelasan *Input/Output* Subsistem Notifikasi Pengguna.

Parameter	Keterangan
<b>Input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flow data</li> <li>• Diode data</li> </ul>
<b>Output</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alarm berbunyi</li> <li>• Notifikasi pada LCD</li> </ul>
<b>Fungsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menginformasikan kepada pengguna apabila terjadi masalah selama SPCAF beroperasi.</li> </ul>

### 2.2.2.5 Subsistem data logging

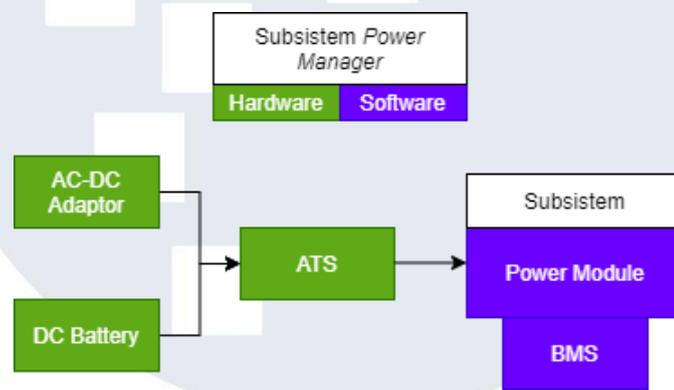


Gambar 3. 6 Data Flow Diagram Subsistem Data Logging.

Tabel 3. 6 Penjelasan *Input/Output* Subsistem *Data Logging*.

Parameter	Keterangan
<b>Input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• User input</li> </ul>
<b>Output</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Data stored as softcopy</i></li> </ul>
<b>Fungsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyimpan hasil masukan serta operasi ke dalam bentuk digital yang dapat dibuka kedepannya.</li> </ul>

### 2.2.2.6 Subsistem *power manager*



Gambar 3. 7 *Data Flow Diagram* Subsistem *Power Manager*.

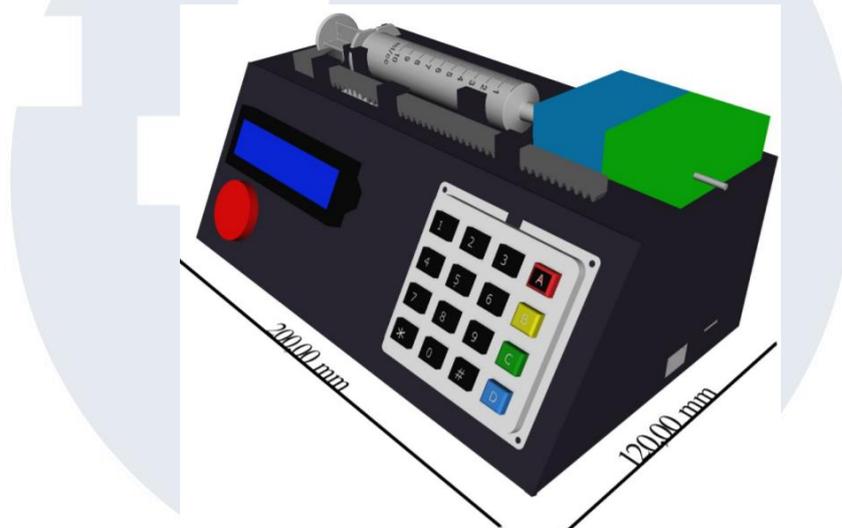
Tabel 3. 7 Penjelasan *Input/Output* Subsistem *Power Manager*.

Parameter	Keterangan
<b>Input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Battery power</i></li> </ul>
<b>Output</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informasi daya</li> </ul>
<b>Fungsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transisi daya AC ke DC</li> <li>• Memberitahukan kepada mikroprosesor mengenai kondisi daya SPICAF</li> </ul>

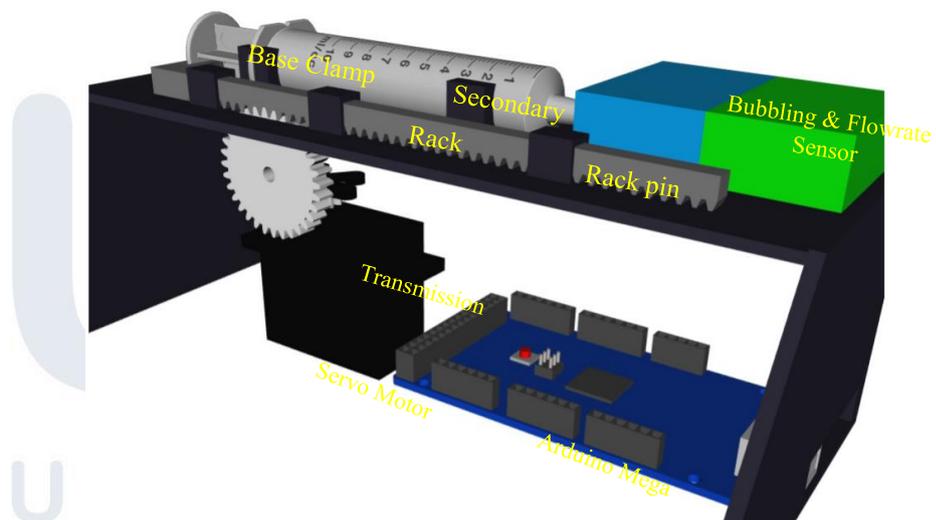
### 2.2.3 Deskripsi Fisik Sistem

Struktur SPICAF secara keseluruhan terbuat dari akrilik yang dijadikan *housing* dengan maksimum panjang 20 cm, lebar 12 cm dan tinggi 10 cm. Subsistem berada di bagian-bagian tertentu pada sistem untuk mencapai fungsionalitasnya. Bagian depan terdiri dari papan miring yang menjadi *housing* untuk layar LCD, keypad, dan *buzzer* untuk subsistem antarmuka dan notifikasi.

Bagian atas merupakan *housing* subsistem PPP agar wilayah gerak subsistem tidak terbatas oleh panjang *housing*. Di depan suntik adalah subsistem akuisisi data yaitu sensor *flowrate* dan sensor *photodiode* untuk membaca keluaran suntik. Subsistem *power manager* dan *data logging* berada di dalam *housing* yang hanya dapat dilihat oleh teknisi.



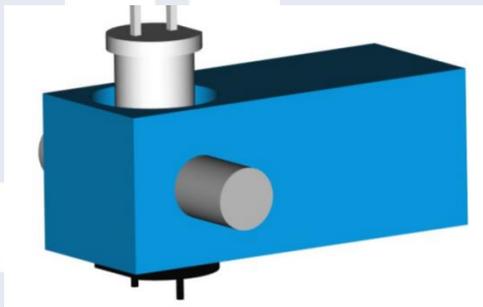
Gambar 3. 8 Tampak luar SPICAF.



Gambar 3. 9 Tampak dalam SPICAF.

Subsistem PPP terdiri dari servo motor, gigi tranmisi, *rack* dan *rack pin*. Servo motor yang digunakan adalah MG996R. Gigi transmisi dan gigi pada *rack*

dibuat dengan gigi kecil supaya memungkinkan suntik untuk bergerak maju maupun mundur dengan resolusi yang kecil. Setiap perputaran pada servo motor akan menghasilkan perputaran pada gigi transmisi yang mengubahnya menjadi satu perpindahan gigi pada *rack*. Target setiap perputaran akan menghasilkan 1 mm pergerakan pada suntik. *Rack* didesain supaya bisa langsung terhubung dengan kaki suntik untuk transfer gaya menekan. Target panjang *rack* adalah 10 cm. *Rack pin* berfungsi menahan *rack* agar tidak lepas dari *housing*.



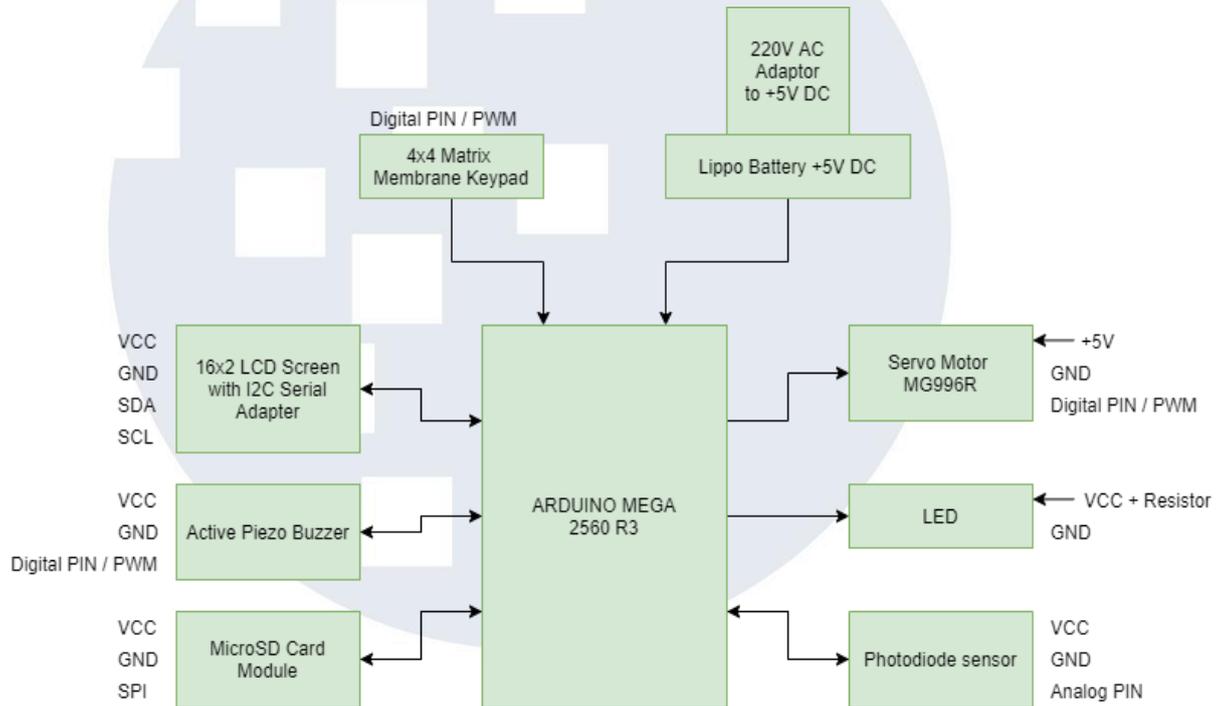
Gambar 3. 10 Desain Modul *Photodiode* untuk mendeteksi *Bubbling*.

Modul sensor photodiode berfungsi untuk pengecekan pengelembungan. Konsepnya, LED memancarkan cahaya yang akan melewati selang yang dialiri cairan. Kemudian akan ditangkap oleh sensor photodiode apakah cahaya dari LED tembus atau tidak. Sensor perlu dikalibrasi untuk mampu membedakan cahaya yang berhasil melewati udara atau yang berhasil melewati cairan. Jika cahaya yang lewat melewati udara maka dapat dikonklusikan di dalam selang terjadi pengelembungan selama beroperasi.

U N I V E R S I T A S  
M U L T I M E D I A  
N U S A N T A R A

### 2.2.4 Diagram Sistem

Sebagai mahasiswa Prodi Teknik Elektro, berikut merupakan *wiring diagram* sistem yang dirancang. Diagram ini menunjukkan konektivitas antar modul/komponen dengan spesifik.



Gambar 3. 11 *Wiring Diagram SPICAF.*

### 2.3 Komponen Sistem

Bagian ini berisi daftar komponen yang akan digunakan dalam produk yang dikembangkan. Disertakan spesifikasi singkat komponen dalam tabel dan narasi singkat alasan penggunaan komponen tersebut.

#### 1) Arduino MEGA 2560 R3

Dalam sistem SPICAF digunakan Arduino MEGA 2560 R3 sebagai mikrokontroler untuk mengendalikan subsistem dengan modulnya seperti pergerakan motor dan sensor analog. Arduino MEGA 2560 R3 dipilih karena mikrokontroler ini memiliki banyak pin yaitu 54 digital pin I/O -

dengan 14 pin PWM- serta Arduino memiliki library yang sudah tersedia secara online sehingga memudahkan proses pengembangan produk.



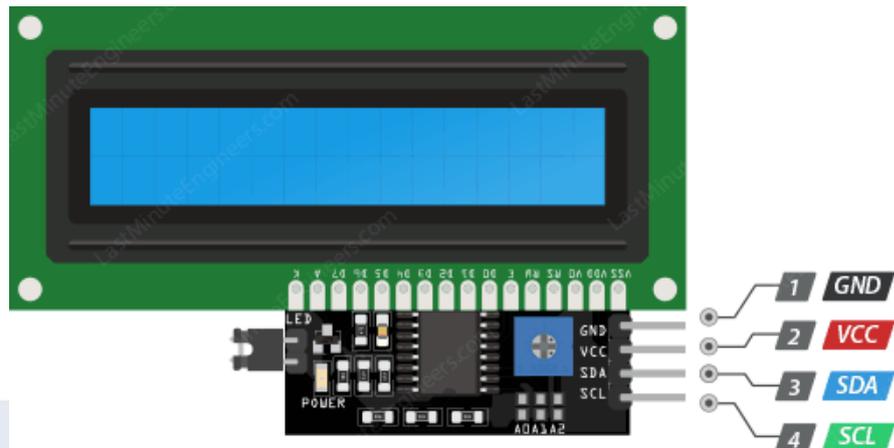
Gambar 3. 12 *Board* Arduino MEGA 2560 R3.

Tabel 3. 8 Spesifikasi Arduino MEGA 2560 R3.

Definisi	Keterangan
<i>Microcontroler</i>	ATmega2560
<i>Operating Voltage</i>	5 V
<i>Recommended Input Voltage</i>	7 – 12 V
<i>Digital I/O Pins</i>	54
<i>Analog Input Pins</i>	16
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA
<i>DC Current for 3,3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	256 KB
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

2) 16x2 LCD with I2C *Serial Adapter*

16x2 LCD dengan I2C *Serial Adapter* digunakan bersamaan karena adapter membantu menghemat penggunaan pin pada mikroprosesor, dari 15 pin menjadi hanya 4 pin.



Gambar 3. 13 16x2 LCD with I2C Serial Adapter.

Tabel 3. 9 Spesifikasi 16x2 LCD with I2C Serial Adapter.

Definisi	Keterangan
<i>Operating Voltage</i>	4,7 – 5,3 V
<i>Current Consumption</i>	1 mA

3) 4x4 Matrix Keypad Membrane

Dalam sistem SPICAF, selain angka diperlukan juga tombol lain untuk memberi masukan seperti *delete* atau *enter*. Maka digunakan keypad 4x4 dengan tambahan A, B, C, D, ‘\*’, dan ‘#’ sebagai tambahan tombol.



Gambar 3. 14 4x4 Matrix Keypad Membrane.

Tabel 3. 10 Spesifikasi 4x4 Matrix Keypad Membrane.

Definisi	Keterangan
<i>Operating voltage</i>	5 V
<i>Maximum operating current</i>	30 mA
<i>Maximum operating temperature</i>	0 – 50° C

4) *Servo Motor Tower Pro MG996R*

Digunakan *servo motor* MG996R karena memiliki gaya yang cukup besar, sudah dimanufaktur bersamaan dengan H-Bridge sehingga tidak butuh tambahan *motor driver*. Servo motor ini terbatas dengan gerak rotasi 180° sehingga dalam penggunaannya perlu dimodifikasi sehingga menjadi *continuous* atau dapat berputar seperti motor biasa tanpa henti. Modifikasi yang akan dibuat adalah melepaskan pin yang menahan gear di dalam servo dan mengganti resistor pada bagian pemberi sinyal posisi, sehingga servo bisa berjalan tanpa dibatasi pin penahan dan *feedback* posisinya.



Gambar 3. 15 MG996R *Servo Motor*.

Tabel 3. 11 Spesifikasi MG996R *Servo Motor*.

Definisi	Keterangan
<i>Operating voltage</i>	+5 V
<i>Operating current</i>	2,5 A (6V)
<i>Stall Torque</i>	9,4 kg/cm (4,8 V)    11kg/cm (6 V)
<i>Operating Speed</i>	0,17s/60°
<i>Rotation</i>	0° – 180°

5) *Active Piezo Buzzer*

Sebagai modul alarm pada SPICAF digunakan *Active Piezo Buzzer* karena lebih mudah dikendalikan menggunakan sinyal digital sehingga memungkinkan memberikan berbeda-beda intonasi memainkan alarm, dibandingkan alarm *passive* memerlukan tegangan langsung sebagai fungsi sinyalnya. Dengan *resonant frequency* sekitar 2300 Hz dapat diasumsikan nilai akustik alarm mencapai 111,674 dB dimana masih mencakup standard alarm yang ditentukan oleh WHO (> 45 dB).



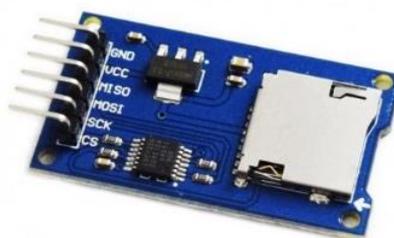
Gambar 3. 16 *Active Piezo Buzzer module*.

Tabel 3. 12 Spesifikasi *Active Piezo Buzzer module*.

Definisi	Keterangan
<i>Operating voltage</i>	4 – 8 V
<i>Operating current</i>	< 30 mA
<i>Resonant Frequency</i>	± 2300 Hz

6) *MicroSD Card Module*

Sistem SPICAF perlu mencatat hasil-hasil prosedur yang dijalankan, dengan kata lain membuat *hsitory*. Hal ini dicapai menggunakan modul *MicroSD Card* yang sudah memiliki library di Arduino, juga membantu menghemat ruang karena memanfaatkan *MicroSD Card*.



Gambar 3. 17 *MicroSD Card module*.

Tabel 3. 13 Spesifikasi *MicroSD Card module*.

Definisi	Keterangan
<i>Operating voltage</i>	3,3 V
<i>On-board storage</i>	Tergantung MicroSD Card yang digunakan
<i>Konektivitas</i>	SPI (MISO, MOSI, SCK, CS)

7) LED (*generic*)

Subsistem akuisisi data terdiri dari modul sensor *photodiode* dan *flowrate*. Sensor *photodiode* memerlukan sumber cahaya, dalam proyek ini menggunakan LED standard.



Gambar 3. 18 Tampak LED.

Tabel 3. 14 Spesifikasi LED.

Definisi	Keterangan
<i>Forward voltage</i>	1,8 – 2,4 V
<i>Forward current</i>	30 mA
<i>Reverse voltage</i>	5 V
<i>Operating temperature</i>	-30 °C – 85 °C
<i>Storage temperature</i>	-40 °C – 100 °C
<i>Luminous intensity</i>	20 mcd

8) LDR *Sensor Module*

*Photoresistor* ini dipilih karena bekerja seperti resistor yang mengirimkan sinyal analog atau digital pada mikrokontroler berdasarkan resistansinya. Ketika cahaya yang masuk melebihi kriteria kalibrasi penggelembungan

maka modul *photoresistor* ini menyalurkan sinyal ke pin digital Arduino yang akan menerima bahwa terjadi penggelembungan.

Tabel 3. 15 Spesifikasi LDR pada modul.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
<b>Cell resistance</b>	1000 LUX	-	400	-	Ohm
	10 LUX	-	9	-	K Ohm
<b>Dark Resistance</b>	-	-	1	-	M Ohm
<b>Dark Capacitance</b>	-	-	3.5	-	pF
<b>Rise Time</b>	1000 LUX	-	2.8	-	ms
	10 LUX	-	18	-	ms
<b>Fall Time</b>	1000 LUX	-	48	-	ms
	10 LUX	-	120	-	ms
<b>Voltage AC/DC Peak</b>		-	-	320	V max
<b>Current</b>		-	-	75	mA max
<b>Power Dissipation</b>				100	mW max
<b>Operating Temperature</b>		-60	-	+75	Deg. C

9) Battery: 18650

*Rechargeable 3,7 V, Current Capacity 6800mAh*

10) LM2596 Buck Converter Step Down



- 3A Step Down Voltage Regulator IC
- Available as 3.3V regulator, 5V Regulator, 12V Regulator and Variable regulator
- Input Supply Voltage: 4.5V to 40V
- Minimum Output Voltage: 3.16V
- Continuous Output Current: 3A
- Peak Output Current: 6.9A
- Switching Frequency: 150KHz
- Available in To-220 and To-263 Package

Gambar 3. 19 Tampak dan spesifikasi LM2596 *Buck Converter Step Down*.

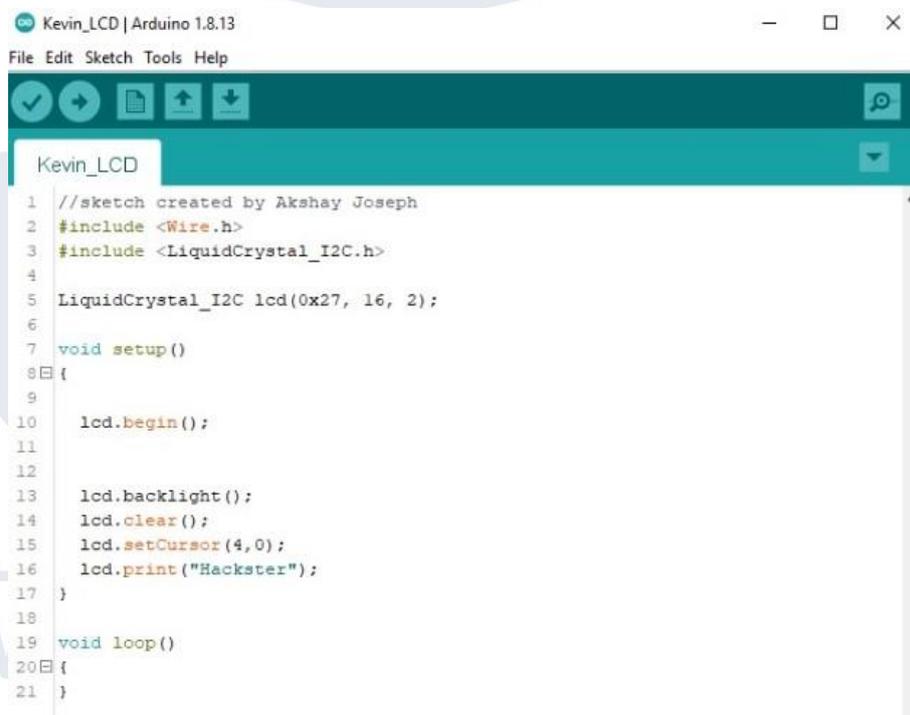
## 2.4 Pengujian Komponen

### 2.4.1 Board Arduino MEGA 2560 R3

Board Arduino MEGA 2560 R3 sebagai mikrokontroler diuji bersamaan dengan modul lainnya. Modul dihubungkan dengan Arduino MEGA berdasarkan pin yang bersangkutan seperti analog, digital, SCL, SDA, dll. Jika modul lain berhasil berjalan saat pengujian dapat dikatakan mikrokontroler teruji untuk digunakan di tahap berikutnya.

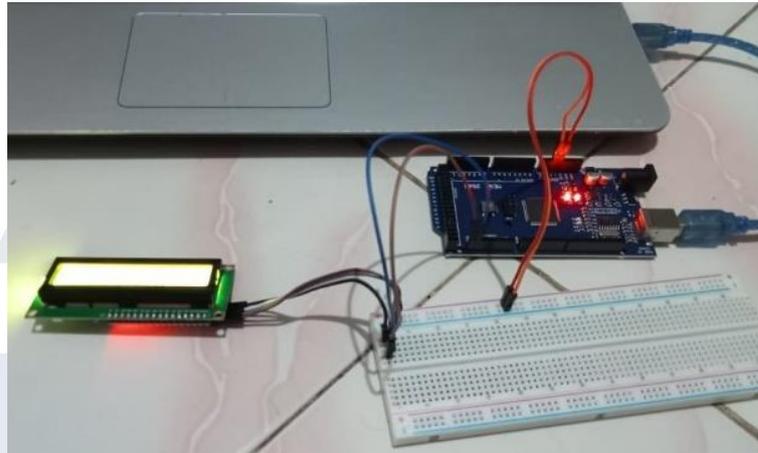
### 2.4.2 LCD + I2C Serial Adapter

LCD + I2C diuji dengan menyambungkan VCC, GND, SCA, dan SCL pada Arduino MEGA. Menggunakan *library* yang sudah disediakan beserta kode yang ada di internet akan diuji apakah LCD bisa menampilkan apa yang sudah diprogramkan. Program kemudian dicompile dan diupload ke Arduino MEGA. Jika berhasil muncul maka modul LCD dapat dikatakan teruji untuk digunakan di tahap berikutnya.



```
Kevin_LCD | Arduino 1.8.13
File Edit Sketch Tools Help
Kevin_LCD
1 //sketch created by Akshay Joseph
2 #include <Wire.h>
3 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
4
5 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
6
7 void setup()
8 {
9
10  lcd.begin();
11
12
13  lcd.backlight();
14  lcd.clear();
15  lcd.setCursor(4,0);
16  lcd.print("Hackster");
17 }
18
19 void loop()
20 {
21 }
```

Gambar 3. 20 Tes program pada Arduino untuk modul LCD + I2C.



Gambar 3. 21 Percobaan LCD



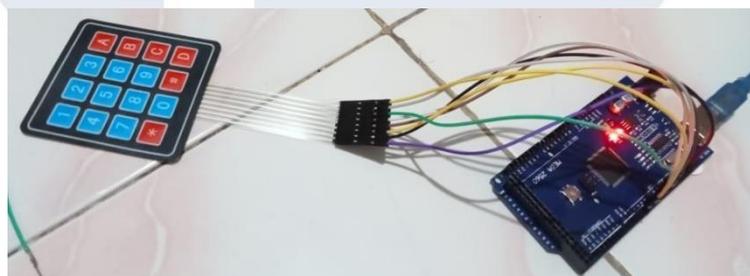
Gambar 3. 22 Hasil percobaan LCD.

#### 2.4.3 Keypad 4x4 Matrix

Modul *keypad* 4x4 diuji dengan menyambungkan pin digital pada Arduino MEGA. Kemudian setelah program di-*compile* dan di-*upload*, *keypad* diuji dengan menekan tombol-tombolnya. Hasil tombol yang ditekan kemudian muncul di *serial monitor* Arduino untuk melihat apakah terbaca oleh *software* Arduino.

```
program_keypad
9  const byte COLS = 4;
10
11 char keys[ROWS][COLS] = { //penggambaran kondisi keypad ke dalam program
12  {'1','2','3','a'}, //
13  {'4','5','6','b'}, //
14  {'7','8','9','c'}, //
15  {'#','0','*','d'} //
16  };
17
18
19
20 //untuk pin arduino yang dihubungkan dengan keypad
21 byte rowPins[ROWS] = {6, 5, 4, 3}; //pin untuk kontrol baris
22 byte colPins[COLS] = {9, 12, 11, 10}; //pin untuk kontrol kolom
23 Keypad keypad=Keypad(makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS);
24 void setup() {
25  //penggunaan serial komunikasi dengan kecepatan 9600 bps
26  Serial.begin(9600);
27  }
28
29 void loop() {
30  char tombol = keypad.getKey();
31  if (tombol!= NO_KEY){
32  Serial.println(tombol);}
33  }
```

Gambar 3. 23 Tes program pada Arduino untuk modul *Keypad* 4x4.



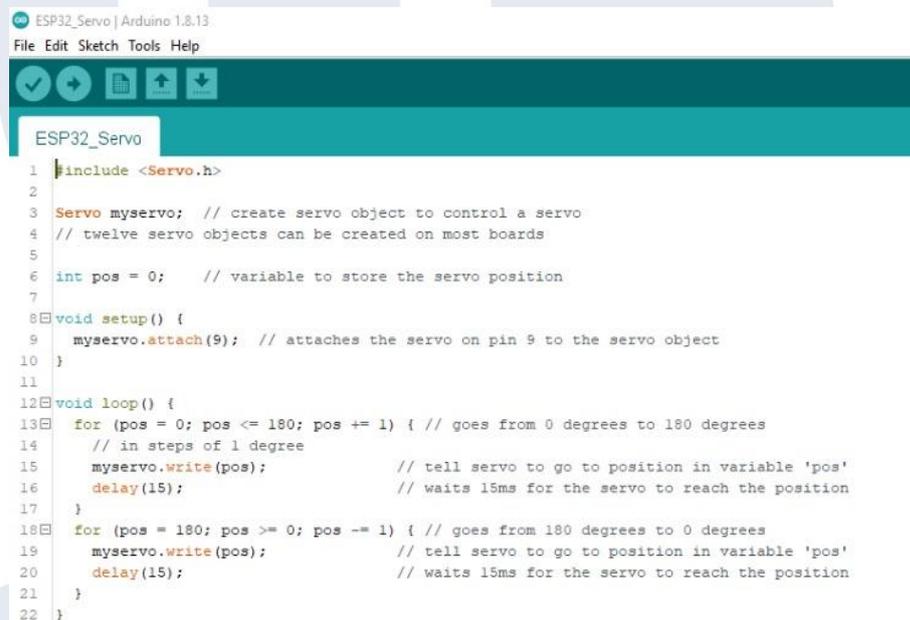
Gambar 3. 24 Percobaan modul *Keypad* 4x4.

```
COM7
13:44:02.185 -> 2
13:44:18.559 -> 5
13:44:20.302 -> 2
13:44:21.459 -> 2
13:44:21.901 -> 2
13:44:22.204 -> 2
13:44:22.952 -> 5
13:44:23.766 -> 8
13:44:24.582 -> 9
13:44:25.428 -> 6
13:44:26.583 -> 3
13:44:26.956 -> a
13:44:27.534 -> b
```

Gambar 3. 25 Hasil Percobaan Modul *Keypad* 4x4 pada *Serial Monitor*.

#### 2.4.4 Servo Motor Tower Pro MG996R

Modul Servo Motor diuji dengan menyambungkan pin GND dan pin Digital/PWM ke Arduino MEGA. Untuk Vcc servo menggunakan daya eksternal karena arus dari Arduino MEGA tidak mencukupi spesifikasi arus yang dibutuhkan servo. Program *dicompile* dan *diupload* ke Arduino MEGA. Sebagai pengujian komponen, servo diuji dengan diberikan posisi spesifik berdasarkan sudut perputaran. Pada percobaan dilakukan sudut  $0^\circ$  dan  $180^\circ$  sehingga servo berputar dengan sudut demikian.



```
ESP32_Servo | Arduino 1.8.13
File Edit Sketch Tools Help

ESP32_Servo
1 #include <Servo.h>
2
3 Servo myservo; // create servo object to control a servo
4 // twelve servo objects can be created on most boards
5
6 int pos = 0; // variable to store the servo position
7
8 void setup() {
9   myservo.attach(9); // attaches the servo on pin 9 to the servo object
10 }
11
12 void loop() {
13   for (pos = 0; pos <= 180; pos += 1) { // goes from 0 degrees to 180 degrees
14     // in steps of 1 degree
15     myservo.write(pos); // tell servo to go to position in variable 'pos'
16     delay(15); // waits 15ms for the servo to reach the position
17   }
18   for (pos = 180; pos >= 0; pos -= 1) { // goes from 180 degrees to 0 degrees
19     myservo.write(pos); // tell servo to go to position in variable 'pos'
20     delay(15); // waits 15ms for the servo to reach the position
21   }
22 }
```

Gambar 3. 26 Tes program pada Arduino untuk modul *Servo Motor* MG996R menggunakan *library* <Servo.h>.



Gambar 3. 27 Percobaan pada modul *Servo Motor* MG996R.

## 2.5 Biaya dan Jadwal

### 2.5.1 Kebutuhan Biaya

Analisis biaya untuk mencapai proyek SPICAF adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 16 Analisis Kebutuhan Biaya.

Alat dan Bahan	Jumlah	Satuan	Harga satuan	Total harga
18650 Battery Housing Series	1	buah	Rp 18.000,00	Rp 18.000,00
4x4 Matrix Keypad Membrane	1	buah	Rp 7.500,00	Rp 7.500,00
AC to DC Voltage Adapter	1	buah	Rp 25.000,00	Rp 25.000,00
Active Piezo Buzzer	1	buah	Rp 8.500,00	Rp 8.500,00
Akrilik A4	5	buah	Rp 10.000,00	Rp 50.000,00
Arduino Data Cable	1	buah	Rp 8.000,00	Rp 8.000,00
Baterai 18650 3000mAh	4	buah	Rp 10.000,00	Rp 40.000,00
Filamen PLA untuk 3D Printing	1	roll	Rp 62.000,00	Rp 62.000,00
Jumpers 10 cm MF	1	ikat	Rp 11.000,00	Rp 11.000,00
LCD 16x2 with I2C Serial Adapter	1	buah	Rp 27.000,00	Rp 27.000,00
LDR Light Sensor Module Arduino	1	buah	Rp 8.000,00	Rp 8.000,00
LED White/Red	2	buah	Rp 250,00	Rp 500,00
Lem Akrilik	1	buah	Rp 19.000,00	Rp 19.000,00
LM2596 Buck Converter with Display	1	buah	Rp 36.000,00	Rp 36.000,00
MicroSD Card Module	1	buah	Rp 13.500,00	Rp 13.500,00
Mikrokontroler Arduino Mega 2560 R3	1	buah	Rp 125.000,00	Rp 125.000,00
PCB Manufacturing + Service	1	buah	Rp 20.000,00	Rp 20.000,00
Power Transition Module (AC to Battery)	1	buah	Rp 52.000,00	Rp 52.000,00
Protoboard 803 Tie Point	1	buah	Rp 16.500,00	Rp 16.500,00
Rak plastik	1	buah	Rp 115.000,00	Rp 115.000,00
Servo Tower Pro MG996R	1	buah	Rp 47.000,00	Rp 47.000,00
Stop kontak	1	buah	Rp 25.000,00	Rp 25.000,00
Syringe various size (5cc, 10cc, 20cc, 50cc)	4	buah	Rp 3.000,00	Rp 12.000,00
Total keseluruhan				Rp 746.500

### 2.5.2 Jadwal dan Waktu Pengembangan

Proyek dan modul-modul SPICAF dirancang untuk rentang satu tahun, dimulai pada Oktober 2021– Agustus 2022. Digambarkan menggunakan bentuk *Gantt Chart* dan Tabel *Milestones & Deliverables*.

Tabel 3. 17 *Gantt Chart* Jadwal Pengembangan Produk.

No.	Deskripsi	Waktu																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	Studi Pustaka																			
2	Perumusan Masalah																			

3	Analisis Strategis	
4	Dokumen Proposal	
5	Analisis Standar	
6	Analisis Spek	
7	Dokumen Spesifikasi	
8	Analisis Desain	
9	3D Mockup	
10	Dokumen Perancangan	

Tabel 3. 18 *Milestones & Deliverables* Pengembangan Produk.

Fase	Deliverables	Jadwal	Kebutuhan Sumberdaya
Konsep Produk	B100 Proposal	Oktober 2021	Literatur
Analisis	B200 Spesifikasi Fungsional	November 2021	- Spek standar - <i>Engineer</i>
Desain	B300 Skematik dan Rancangan Sistem Keseluruhan	- LCD <i>module</i> : Desember 2021 - Keypad <i>module</i> : Desember 2021 - Alarm and motor: Januari 2022 - Sensor : Februrari 2022	- <i>Dev Tools</i> - Penguasaan Teknologi Pendukung - Literatur - <i>Engineer</i>
Implementasi	B400 Implementasi <i>Prototype</i>	- LCD <i>module</i> : Februari 2022 - Keypad <i>module</i> : Februari 2022 - Alarm and motor: Maret 2022 - Akusisi data sensor: Maret 2022	- <i>Dev Tools</i> - <i>Outsource</i> PCB - <i>Engineer</i>
Uji Subsistem	- <i>Error report</i> - <i>Field prototype</i>	- Alarm and motor: April 2022 - Akusisi data sensor: April 2022	- <i>Chamber</i> - <i>Test Equipment</i> - <i>Field Trial Facility</i> - <i>Test Engineer</i>
Integrasi Sistem	<i>Lab prototype</i>	Mei 2022	- <i>Dev Tools</i> - <i>Engineer</i>
Uji Sistem	<i>Field Prototype</i>	Juni 2022	- <i>Chamber</i> - <i>Test Equipment</i> - <i>Field Trial Facility</i> - <i>Test Engineer</i>
Analisis, Kesimpulan dan Dokumentasi	B500	Agustus 2022	- ATK