

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR ISTILAH .....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Metodologi Penelitian .....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
BAB III LANDASAN TEORI.....	11
3.1 Cairan Tubuh ( <i>Body Water</i> ) .....	11
3.2 Estimasi Nilai Cairan Tubuh .....	11
3.3 Konsep Dasar Bioimpedansi .....	12
3.4 Sensor Bioimpedansi .....	14
3.4.1 Generator sinyal .....	14
3.4.2 Voltage Controlled Current Source (VCCS).....	16
3.4.3 Penggunaan elektroda biopotensial pada tubuh .....	17
3.4.4 Penguat instrumentasi ( <i>Instrumentation Amplifier/INA</i> ).....	19
3.4.5 Alternating Current (AC) to Direct Current (DC) Converter.....	20
3.5 Prosedur Pengukuran BIA.....	21
3.6 Mikrokontroler .....	22
3.7 Modul Bidirectional Logic Level Converter (Modul BLLC) .....	23
3.8 Keypad Matriks 3x4 .....	24
3.9 LCD dengan Modul I2C.....	24
3.10 Server.....	25
3.11 Kesalahan Absolute .....	26
BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM.....	27
4.1 Analisis Kebutuhan Sistem .....	27
4.2 Perancangan Perangkat Keras .....	29
4.2.1 Rancangan sensor bioimpedansi .....	30
4.2.2 Perancangan perangkat keras keseluruhan.....	35
4.3 Perancangan Perangkat Lunak .....	36
4.4 Perancangan Tampilan Antarmuka Pengguna ( <i>User Interface/UI</i> ) .....	39

4.5	Skenario Pengujian dan Analisis Data .....	40
<b>BAB V IMPLEMENTASI SISTEM.....</b>		<b>42</b>
5.1	Implementasi Perangkat Keras .....	42
5.2	Implementasi Program .....	43
5.2.1	Implementasi program pada mikrokontroler.....	43
5.2.2	Implementasi program pada <i>server</i> .....	49
5.2.3	Implementasi program tampilan UI web.....	52
5.3	Implementasi Pengujian .....	54
<b>BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>57</b>
6.1	Kalibrasi Rancangan Sensor Bioimpedansi .....	57
6.1.1	Kalibrasi generator sinyal sinusoidal .....	57
6.1.2	Kalibrasi rangkaian <i>Voltage Controlled Current Source (VCCS)</i> ..	58
6.1.3	Kalibrasi rangkaian penguat instrumentasi (INA) .....	62
6.1.4	Kalibrasi rangkaian <i>AC to DC converter</i> .....	66
6.2	Kalibrasi ADC Mikrokontroler .....	68
6.3	Pengujian Pengiriman Data .....	71
6.4	Pengujian Kemampuan Fungsional Sistem .....	72
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>75</b>
7.1	Kesimpulan.....	75
7.2	Saran .....	75
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>76</b>
<b>LAMPIRAN A LISTING PROGRAM PADA SERVER .....</b>		<b>78</b>
<b>LAMPIRAN B LISTING PROGRAM TAMPILAN UI WEB .....</b>		<b>81</b>
B.1.	Listing Program Utama .....	81
B.2.	Listing Program HomePage().....	81
<b>LAMPIRAN C LISTING PROGRAM MIKROKONTROLER .....</b>		<b>88</b>
C.1.	Listing Program Arduino Uno.....	88
C.2.	Listing Program Esp32 .....	94

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Pendekatan elektronik dari jaringan tubuh (Jalalzadeh, 2017) .....	12
Gambar 3.2 Aliran konduktivitas terhadap perbedaan frekuensi pada jaringan tubuh manusia (Bioscan, 2023) .....	15
Gambar 3.3 ICL 8038 (a) rangkaian (b) pinout (Semiconductor, 1998) .....	15
Gambar 3.4 Sumber arus Howland (Salvatori, 2019) .....	16
Gambar 3.5 Pinout IC LF412CN (Instruments, 2014), .....	17
Gambar 3.6 Metode empat elektroda (Maylott, 2014) .....	18
Gambar 3.7 Pengukuran BIA menggunakan produk komersil BIA-101Q (Systems, 2010) .....	19
Gambar 3.8 Rangkaian penguat instrumentasi (Devices, 2004) .....	19
Gambar 3.9 Koneksi Kaki IC AD620 (Devices, 2004) .....	20
Gambar 3.10 Pinout AD536A (Devices, 2019) .....	21
Gambar 3.11 Modul Bidirection Logic Level Converter .....	23
Gambar 3.12 Keypad 3x4 (Ardutech, 2019) .....	24
Gambar 3.13 LCD 16x2 dengan modul I2C (Nguyen, 2020) .....	24
Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem .....	30
Gambar 4.2 Rancangan sensor bioimpedansi .....	31
Gambar 4.3 Rangkaian generator sinyal sinusoidal .....	32
Gambar 4.4 Rangkaian VCCS .....	33
Gambar 4.5 Rangkaian Penguatan Instrumentasi .....	34
Gambar 4.6 Rangkaian AC to DC converter .....	35
Gambar 4.7 Rangkaian sensor bioimpedansi keseluruhan .....	35
Gambar 4.8 Diagram alir alur kerja sistem .....	37
Gambar 4.9 Struktur tabel “pasien” pada <i>database</i> “bia” .....	38
Gambar 4.10 Rancangan tabel “pasien” pada <i>database</i> “bia” .....	38
Gambar 4.11 Rancangan antarmuka pengguna .....	39
Gambar 4.12 Tampilan <i>user interface</i> (UI) web .....	40
Gambar 5.1 Implementasi perangkat keras .....	42
Gambar 5.2 Jalur PCB sensor bioimpedansi .....	43
Gambar 5.3 Kode program deklarasi variabel pada mikrokontroler Arduino .....	44
Gambar 5.4 Kode program deklarasi <i>input output</i> pin Arduino .....	45
Gambar 5.5 Kode program deklarasi dan inisialisasi Esp32 .....	45
Gambar 5.6 Kode program inisialisasi LCD .....	46
Gambar 5.7 Kode program Arduino kirim data secara serial ke Esp32 .....	47
Gambar 5.8 Kode program Esp32 baca data serial dari Arduino .....	47
Gambar 5.9 Kode program Esp32 kirim data secara serial ke Arduino .....	48
Gambar 5.10 Kode program Arduino baca data serial dari Esp32 .....	48
Gambar 5.11 Kode program protokol HTTP yang digunakan .....	49
Gambar 5.12 Kode program menghubungkan <i>server node.js</i> dengan <i>database</i> ...	50
Gambar 5.13 Kode program <i>server</i> menanggapi <i>request</i> Esp32 untuk meminta data pasien dari <i>database</i> .....	50
Gambar 5.14 Kode program <i>server</i> menanggapi <i>request</i> Esp32 untuk meng- <i>update</i> data ECW pada <i>database</i> .....	51

Gambar 5.15 Kode program <i>server</i> menanggapi request Esp32 untuk meng- <i>update</i> data TBW pada <i>database</i> .....	51
Gambar 5.16 Kode program <i>server</i> menanggapi request web mengakses data pasien terbaru dari <i>database</i> .....	51
Gambar 5.17 Kode program untuk menampilkan alamat web aplikasi yang dirancang .....	52
Gambar 5.18 Program utama untuk menjalankan aplikasi flutter <i>web</i> .....	52
Gambar 5.19 Program inisialisasi variabel pada flutter <i>web</i> .....	53
Gambar 5.20 Program protokol HTTP <i>request</i> yang digunakan oleh <i>web</i> untuk meminta data pasien dari <i>database server</i> .....	53
Gambar 5.21 XAMPP untuk menjalankan <i>server database</i> .....	54
Gambar 5.22 Node.js untuk menjalankan <i>web server</i> .....	54
Gambar 5.23 Tampilan UI pada <i>web browser</i> Chrome .....	55
Gambar 5.24 LCD Menampilkan “No. Pasien” .....	55
Gambar 5.25 Pilih ukur TBW atau ECW .....	56
Gambar 5.26 LCD Menampilkan hasil pengukuran (a) ECW (b) TBW .....	56
Gambar 5.27 <i>Web browser</i> menampilkan hasil pengukuran .....	56
Gambar 6.1 Generator sinyal sebelum kalibrasi untuk pengukuran (a) ECW (b) TBW .....	57
Gambar 6.2 Generator sinyal setelah kalibrasi untuk pengukuran (a) ECW (b) TBW .....	58
Gambar 6.3 Pengukuran arus menggunakan multimeter .....	58
Gambar 6.4 Sinyal keluaran VCCS pada frekuensi (a) 5 kHz dan (b) 50 kHz .....	59
Gambar 6.5 Skema pengujian VCCS .....	59
Gambar 6.6 Pengujian VCCS dengan <i>R_BEBAN</i> 2 k $\Omega$ .....	60
Gambar 6.7 Grafik pengujian rangkaian VCCS .....	61
Gambar 6.8 Skema pengujian rangkaian INA .....	62
Gambar 6.9 Sinyal <i>input</i> INA pada frekuensi (a) 5 kHz dan (b) 50 kHz .....	63
Gambar 6.10 <i>Output</i> rangkaian INA pada frekuensi (a) 5 kHz dan (b) 50 kHz .....	63
Gambar 6.11 Grafik pengujian rangkaian INA .....	65
Gambar 6.12 Skema pengujian rangkaian AC to DC Converter .....	66
Gambar 6.13 <i>Input</i> rangkaian AC to DC Converter (a) 5 kHz dan (b) 50 kHz .....	66
Gambar 6.14 <i>Output</i> rangkaian AC to DC Converter (a) 5 kHz dan (b) 50 kHz .....	67
Gambar 6.15 Grafik pengujian rangkaian AC to DC Converter .....	68
Gambar 6.16 Skema kalibrasi ADC .....	69
Gambar 6.17 Pengujian ADC pada 1,06 V .....	69
Gambar 6.18 Grafik <i>sampling</i> ADC mikrokontroler .....	71
Gambar 6.19 Pengujian pengiriman data .....	71
Gambar 6.20 Pengukuran TBW dengan Mi Fit .....	73

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Korelasi penelitian .....	8
Tabel 3.1 Spesifikasi mikrokontroler .....	23
Tabel 3.2 Query dasar MySQL .....	25
Tabel 3.3 Perintah pesan pada HTTP standar .....	26
Tabel 4.1 Daftar bahan .....	28
Tabel 4.2 Daftar peralatan .....	29
Tabel 4.3 Koneksi pin perangkat keras sistem .....	36
Tabel 4.4 Skenario pengujian dan analisis data .....	41
Tabel 6.1 Pengujian rangkaian VCCS .....	60
Tabel 6.2 Pengujian rangkaian penguatan instrumentasi .....	64
Tabel 6.3 Pengujian rangkaian AC to DC converter .....	67
Tabel 6.4 Pengujian ADC .....	70
Tabel 6.5 Pengujian pengiriman data .....	72
Tabel 6.6 Hasil pengukuran TBW menggunakan Mi Fit 2.0 .....	74

## DAFTAR ISTILAH

- *Output* = Keluaran
- *Input* = Masukan
- *Integrated Circuit* (IC) = Sirkuit Terpadu
- *Bioimpedance Analysis* (BIA) = Analisis Biomedans
- *Total Body Water* (TBW) = Cairan Seluruh Tubuh
- *Extracellular Water* (ECW) = Cairan Ekstraseluler Tubuh
- *Intracellular Water* (ICW) = Cairan Intraseluler Tubuh
- *Voltage Control Current Source* (VCCS) = Sumber Arus dikendalikan Tegangan
- *Instrumentation Amplifier* (INA) = Penguat Instrumentasi
- *Alternating Current* (AC) = Arus Bolak-Balik
- *Direct Current* (DC) = Arus Searah
- *Analog to Digital Converter* (ADC) = Pengubah Sinyal Analog menjadi Digital