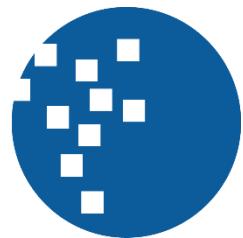


**SEMI-AUTOMATIC MEDICAL SYRINGE PUMP
DEVELOPMENT: INTERFACE, CONTROL, ALARM, AND
FEEDBACK**



SKRIPSI

Kevin Nicholas Tanex

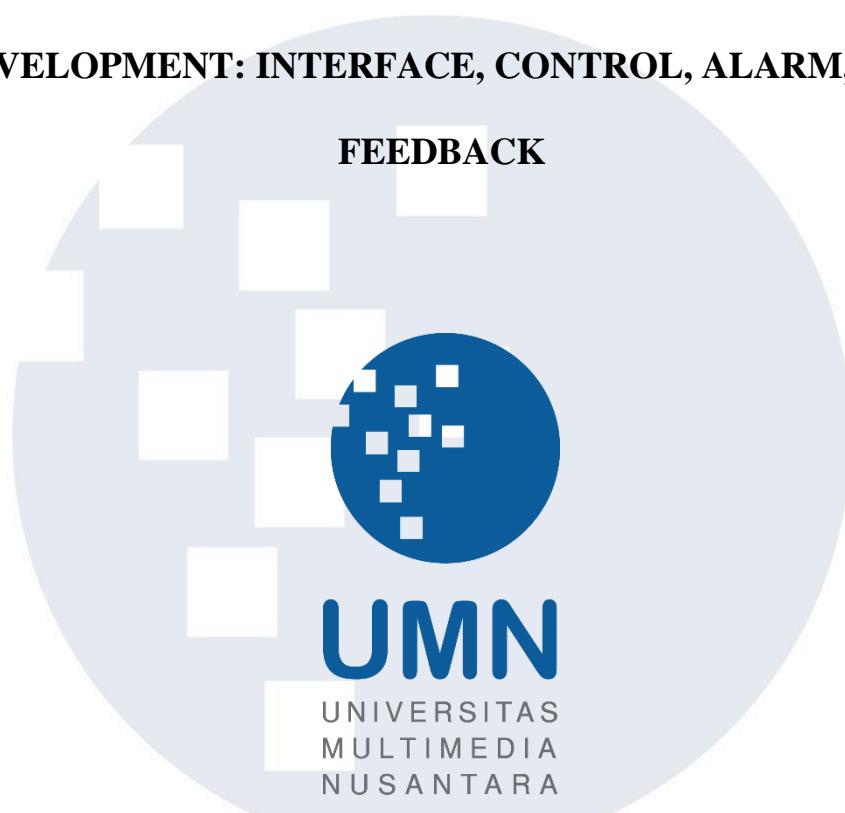
00000030721

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG
2022**

SEMI-AUTOMATIC MEDICAL SYRINGE PUMP

DEVELOPMENT: INTERFACE, CONTROL, ALARM, AND

FEEDBACK



SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana Teknik Elektro

Kevin Nicholas Tanex

00000030721

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA

TANGERANG

2022

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Kevin Nicholas Tanex
Nomor Induk Mahasiswa : 00000030721
Program studi : Teknik Elektro

Skripsi dengan judul:

SEMI-AUTOMATIC MEDICAL SYRINGE PUMP DEVELOPMENT:
INTERFACE, CONTROL, ALARM, AND FEEDBACK

merupakan hasil karya saya sendiri bukan plagiat dari karya ilmiah yang ditulis oleh orang lain, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan skripsi maupun dalam penulisan laporan skripsi. saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk skripsi yang telah saya tempuh.

Tangerang, 17 Juni 2022



Kevin Nicholas Tanex

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul

SEMI-AUTOMATIC MEDICAL SYRINGE PUMP DEVELOPMENT:
INTERFACE, CONTROL, ALARM, AND FEEDBACK

Oleh

Nama : Kevin Nicholas Tanex
NIM : 00000030721
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Informatika

Telah disetujui untuk diajukan pada

Sidang Ujian Skripsi Universitas Multimedia Nusantara

Tangerang, 17 Juni 2022

Pembimbing



Megantara Pura, S.T., M.T.
075103

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ahmad Syahril Muharom, S.Pd., M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul

SEMI-AUTOMATIC MEDICAL SYRINGE PUMP DEVELOPMENT:
INTERFACE, CONTROL, ALARM, AND FEEDBACK

Oleh

Nama : Kevin Nicholas Tanex
NIM : 00000030721
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Informatika

Telah diujikan pada hari Senin 27 Juni 2022

Pukul 13.00 s.d. 15.00 dan dinyatakan

LULUS

Dengan susunan penguji sebagai berikut.

Ketua Sidang



Dr. Rangga Winantyo, Ph.D., MSc,
BCS
038470

Penguji



Ahmad Syahril Muharom, S.Pd., M.T.
051317

Pembimbing



Megantara Pura, S.T., M.T.
075103

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ahmad Syahril Muharom, S.Pd., M.T.
051317

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas academica Universitas Multimedia Nusantara, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kevin Nicholas Tanex

NIM : 00000030721

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik dan Informatik

Jenis Karya : *Tesis/Skripsi/Tugas Akhir (*coret salah satu)

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Multimedia Nusantara Hak Bebas Royalti Nonekslusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul.

**SEMI-AUTOMATIC MEDICAL SYRINGE PUMP DEVELOPMENT:
INTERFACE, CONTROL, ALARM, AND FEEDBACK**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Nonekslusif ini, Universitas Multimedia Nusantara berhak menyimpan, mengalihmediakan/mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Tangerang, 27 Juni 2022

Yang menyatakan,



Kevin Nicholas Tanex

KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas berkat dan rahmat kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesempatan, kemudahan serta kelancaran sehingga dapat menyelesaikan laporan yang berjudul:

SEMI-AUTOMATIC MEDICAL SYRINGE PUMP DEVELOPMENT: INTERFACE, CONTROL, ALARM, AND FEEDBACK

dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia Nusantara. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

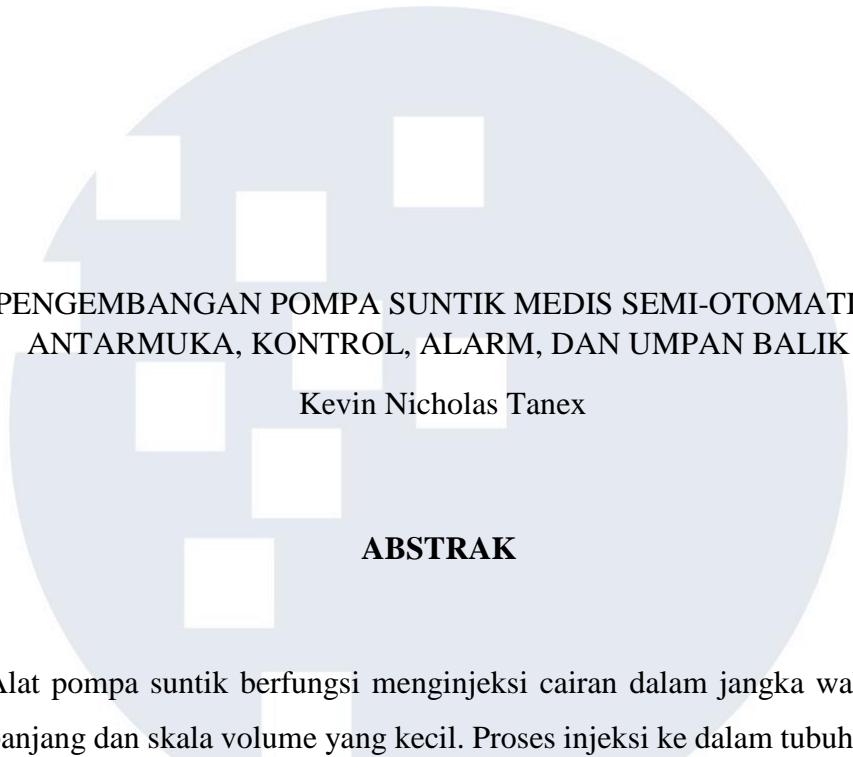
- 1) Dr. Ninok Leksono, M.A., selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara.
- 2) Dr. Eng. Niki Prastomo, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Multimedia Nusantara.
- 3) Ahmad Syahril Muharon, S.Pd., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro, Universitas Multimedia Nusantara
- 4) Megantara Pura, S.T., M.T., sebagai Pembimbing Magang dari Universitas Multimedia Nusantara.
- 5) Keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
- 6) Serta teman-teman seperjuangan seangkatan saya.

Semoga dengan penyusunan skripsi ini, saya menjadi lebih paham kerja bidang Teknik Elektro serta bermanfaat, baik sebagai sumber informasi maupun sumber inspirasi, bagi para pembaca.

Tangerang, 17 Juni 2022



Kevin Nicholas Tanex



PENGEMBANGAN POMPA SUNTIK MEDIS SEMI-OTOMATIS: ANTARMUKA, KONTROL, ALARM, DAN UMPAN BALIK

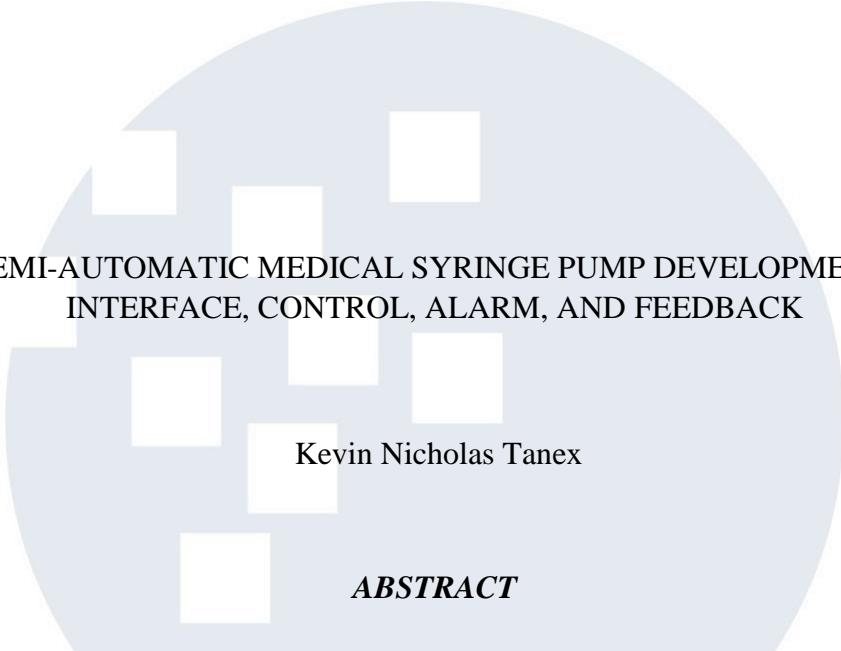
Kevin Nicholas Tanex

ABSTRAK

Alat pompa suntik berfungsi menginjeksi cairan dalam jangka waktu yang panjang dan skala volume yang kecil. Proses injeksi ke dalam tubuh manusia akan berbahaya jika ada udara yang masuk. Pendektsian awal dapat dilakukan menggunakan sensor gelembung. SPICAF yang dikembangkan dilengkapi *gearbox* mampu menginjeksi suntik dalam jangka yang panjang, skala yang kecil, dan mampu mendekksi udara dengan mengomparasikan intensitas cahaya pada selang bening yang kemudian menotifikasi pengguna secara otomatis. Produk SPICAF berhasil dirancang, dikembangkan, dan diuji dengan spesifikasi WHO.

Kata kunci: pompa suntik, otomatis, injeksi, *gearbox*, sensor gelembung.

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



SEMI-AUTOMATIC MEDICAL SYRINGE PUMP DEVELOPMENT: INTERFACE, CONTROL, ALARM, AND FEEDBACK

Kevin Nicholas Tanex

ABSTRACT

The syringe pump is used to inject liquids for a long period of time and on a small volume scale. The presence of air inside tube whilst injection to the human body is dangerous. Early detection can be done using a bubble sensor. The developed SPICAF is equipped with a gearbox capable of injecting long-term injections on a small scale, and capable of detecting air by comparing light intensity on a clear tube which then automatically notifies the user if dangerous conditions occur. SPICAF product are successfully designed, developed and tested to WHO specifications.

Keywords: *injection pump, automatic, injection, gearbox, bubble sensor.*

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
B100	20
Pendahuluan	20
1.1 Ringkasan Isi Dokumen	20
1.2 Tujuan Penulisan, Aplikasi dan Fungsi Dokumen	20
Proposal Pengembangan Produk	20
2.1 Pendahuluan	20
2.2 Konsep Desain	24
2.2.1 Konfigurasi Umum	25
2.2.2 Kemampuan dan Kapasitas Produk	27
2.2.3 Teknologi yang Digunakan	27
2.2.4 Batasan-batasan Sistem	27
2.3 Skenario Pemanfaatan Produk	29
2.4 Nilai Strategis	30
2.5 Usaha Pengembangan Produk	31
2.5.1 Man-Month	31
2.5.2 Machine-Month	32
2.5.3 Development Tools	32
2.5.4 Test Equipment	32
2.5.5 Kebutuhan Expert	32

2.5.6 Kebutuhan Biaya.....	33
2.5.7 Peluang Keberhasilan	33
2.5.8 Jadwal dan Waktu Pengembangan	34
Kesimpulan.....	34
B200 DOKUMEN TEKNIS SPESIFIKASI PRODUK	35
Pendahuluan	35
1.1 Ringkasan Isi Dokumen	35
1.2 Tujuan Penulisan, Aplikasi dan Fungsi Dokumen	35
Spesifikasi Pengembangan Produk.....	35
2.1 Definisi, Fungsi, dan Spesifikasi	35
2.1 Desain Produk	39
2.2.1 Interaksi Pengguna dan Sistem	41
2.2.2 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Kemampuan dan Fungsionalitas	42
2.2.3 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Standarisasi.....	48
2.2.4 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Keandalan dan Perawatan	48
2.2.5 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Hambatan.....	49
2.2 Verifikasi Spesifikasi Produk	49
2.3.1 Prosedur Pengujian	49
2.3.2 Analisis Toleransi	51
2.3.3 Pelaksanaan Pengujian.....	51
2.3 Biaya dan Jadwal.....	51
2.4.1 Kebutuhan Biaya.....	52
2.4.2 Jadwal dan Waktu Pengembangan	52
B300 DOKUMEN TEKNIS PERANCANGAN PRODUK	54
Pendahuluan	54
1.1 Ringkasan Isi Dokumen	54
1.2 Tujuan Penulisan, Aplikasi dan Fungsi Dokumen	54
Perancangan Produk	55
2.1 Definisi, Fungsi dan Spesifikasi	55
2.2 Tinjauan Desain Produk	55
2.2.1 Tinjauan Desain Sistem Secara Umum	55
2.2.2 Tinjauan Desain Subsistem.....	56

2.2.3	Deskripsi Fisik Sistem	60
2.2.4	Diagram Sistem.....	63
2.3	Komponen Sistem	63
2.4	Pengujian Komponen	70
2.5	Biaya dan Jadwal.....	74
2.5.1	Kebutuhan Biaya.....	74
2.5.2	Jadwal dan Waktu Pengembangan	74
B400	DOKUMEN TEKNIS IMPLEMENTASI PRODUK	76
	Pendahuluan	76
1.1	Ringkasan Isi Dokumen	76
1.2	Tujuan Penulisan, Aplikasi dan Fungsi Dokumen	76
	Implementasi Rancangan Produk	77
2.1	Platform Sistem	77
2.1.1	Pendahuluan.....	77
2.1.2	Environment.....	77
2.1.3	Implementasi Modul	78
2.2	Implementasi Subsistem <i>Bubble Sensor</i>	83
2.2.1	Pendahuluan.....	83
2.2.2	Environment.....	83
2.2.3	Implementasi Subsistem	83
2.2.4	Permasalahan dan Solusi	87
2.3	Implementasi Subsistem Pendorong Suntik	87
2.3.1	Pendahuluan.....	87
2.3.3	Environment.....	88
2.3.2	Implementasi subsistem.....	89
2.3.4	Permasalahan dan Solusi	97
2.4	Subsistem Antarmuka Pengguna (UI)	98
2.4.1	Pendahuluan.....	98
2.4.2	Environment.....	99
2.4.3	Struktur Implementasi.....	99
2.4.4.	Permasalahan dan Solusi	102
2.5	Subsistem Notifikasi Pengguna (UN)	102

2.5.1 Pendahuluan.....	102
2.5.2 Environment.....	102
2.5.3 Struktur Implementasi.....	103
2.5.4 Permasalahan dan Solusi	105
2.6 Subsistem Power Management Subsystem	105
2.6.1 Pendahuluan.....	105
2.6.2 Environment.....	106
2.6.3 Struktur Implementasi.....	106
2.6.4 Permasalahan dan Solusi	111
2.7 Subsistem Data Logging	112
2.7.1. Pendahuluan.....	112
2.7.2 Environment.....	113
2.7.3 Struktur Implementasi.....	113
Kesimpulan.....	115
B500 DOKUMEN TEKNIS PENGUJIAN DAN ANALISIS PRODUK	116
Pendahuluan	116
1.1 Ringkasan Isi Dokumen	116
1.2 Tujuan Penulisan, Aplikasi dan Fungsi Dokumen	116
Pengujian dan Analisis Hasil Produk	117
2.6 Pengujian Subsistem <i>Bubble Sensor</i>	117
2.1.1. Lingkup Pengujian	117
2.1.2. Konfigurasi Pengujian	117
2.1.3. Syarat Pengujian	117
2.1.4. Prosedur Pengujian dan Verifikasi	118
2.1.5 Hasil Pengujian	119
2.1.6 Analisis	120
2.7 Pengujian Subsistem Pendorong Suntik	121
2.2.1 Lingkup Pengujian	121
2.2.2 Konfigurasi Pengujian	121
2.2.3 Syarat Pengujian	121
2.2.4 Prosedur Pengujian dan Verifikasi	122
2.2.5 Hasil Pengujian	122

2.2.6 Analisis	123
2.8 Pengujian Subsistem Antarmuka Pengguna (UI)	124
2.3.1 Lingkup Pengujian	124
2.3.2 Konfigurasi Pengujian	125
2.3.3 Syarat Pengujian	125
2.3.4 Prosedur Pengujian dan Verifikasi	125
2.3.5 Hasil Pengujian	126
2.3.6 Analisis	128
2.9 Pengujian Notifikasi Pengguna (UN).....	129
2.4.1 Lingkup Pengujian	129
2.4.2 Konfigurasi Pengujian	129
2.4.3 Syarat Pengujian	129
2.4.4 Prosedur Pengujian dan Verifikasi	130
2.4.5 Hasil Pengujian	130
2.4.6 Analisis	131
2.10 Pengujian Power Management Subsystem.....	132
2.5.1 Lingkup Pengujian	132
2.5.2 Konfigurasi Pengujian	132
2.5.3 Syarat Pengujian	132
2.5.4 Prosedur Pengujian dan Verifikasi	133
2.5.5 Hasil Pengujian	133
2.5.6 Analisis	134
2.11 Pengujian Subsistem Data Logging	134
2.6.1 Lingkup Pengujian	134
2.6.2 Konfigurasi Pengujian	134
2.6.3 Syarat Pengujian	135
2.6.4 Prosedur Pengujian dan Verifikasi	135
2.6.5 Hasil Pengujian	135
2.6.6 Analisis	135
2.12 Pengujian Sistem Keseluruhan	136
2.7.1 Lingkup Pengujian	136
2.7.2 Konfigurasi Pengujian	136

2.7.3 Syarat Pengujian	137
2.7.4 Prosedur Pengujian dan Verifikasi	137
2.7.5 Hasil Pengujian	138
2.7.6 Analisis	138
Kesimpulan dan Saran Pengembangan Produk	139
3.1 Kesimpulan Hasil Pengembangan Produk	139
3.2 Saran Pengembangan Produk	140
DAFTAR PUSTAKA	141
LAMPIRAN	143
TABEL DATA	143
BIODATA TIM PENGUSUL	147
TURNITIN	151
FORM BIMBINGAN B400	152
FORM BIMBINGAN B500	159
DAFTAR SUMBER INFORMASI TAMBAHAN	163



DAFTAR TABEL

B100

Tabel 1. 1 Spesifikasi sensor <i>photodiode</i>	24
Tabel 1. 2 Analisis Kebutuhan Biaya.....	33
Tabel 1. 3 <i>Milestones & Deliverables</i> Pengembangan Produk.....	34

B200

Tabel 2. 1 Penjelasan DFD Level 0 Sistem SPICAF.....	45
Tabel 2. 2 Penjelasan DFD Level 1 Sistem SPICAF.....	46
Tabel 2. 3 Penjelasan DFD Level 2 Subsistem dalam SPICAF.....	47
Tabel 2. 4 Analisis Kebutuhan Biaya.....	52
Tabel 2. 5 <i>Gantt Chart</i> Jadwal Pengembangan Produk.....	52
Tabel 2. 6 <i>Milestones & Deliverables</i> Pengembangan Produk.....	53

B300

Tabel 3. 1 Penjelasan <i>Input/Output</i> Sistem SPICAF.	56
Tabel 3. 2 Penjelasan <i>Input/Output</i> Subsistem Antarmuka Pengguna.....	57
Tabel 3. 3 Penjelasan <i>Input/Output</i> Subsistem Prosedur <i>Push-Pull</i>	58
Tabel 3. 4 Penjelasan <i>Input/Output</i> Subsistem Akuisisi Data Sensor.....	58
Tabel 3. 5 Penjelasan <i>Input/Output</i> Subsistem Notifikasi Pengguna.....	59
Tabel 3. 6 Penjelasan <i>Input/Output</i> Subsistem <i>Data Logging</i>	60
Tabel 3. 7 Penjelasan <i>Input/Output</i> Subsistem <i>Power Manager</i>	60
Tabel 3. 8 Spesifikasi Arduino MEGA 2560 R3.	64
Tabel 3. 9 Spesifikasi 16x2 LCD with I2C <i>Serial Adapter</i>	65
Tabel 3. 10 Spesifikasi 4x4 Matrix <i>Keypad Membrane</i>	66
Tabel 3. 11 Spesifikasi MG996R <i>Servo Motor</i>	66
Tabel 3. 12 Spesifikasi <i>Active Piezo Buzzer module</i>	67
Tabel 3. 13 Spesifikasi <i>MicroSD Card module</i>	68
Tabel 3. 14 Spesifikasi LED.	68
Tabel 3. 15 Spesifikasi LDR pada modul.	69
Tabel 3. 16 Analisis Kebutuhan Biaya.....	74
Tabel 3. 17 <i>Gantt Chart</i> Jadwal Pengembangan Produk.	74
Tabel 3. 18 <i>Milestones & Deliverables</i> Pengembangan Produk.....	75

B400

-

B500

Tabel 5. 6 Tabel kebenaran pengujian ATS.....	134
---	-----

DAFTAR GAMBAR

B100

Gambar 1. 1 Grafik komparasi respon waktu terhadap <i>flowrate</i> dari <i>peristaltic pump</i> , <i>syringe pump</i> , dan <i>pressure driven pump</i>	21
Gambar 1. 2 <i>Bubble sensor</i> untuk mendeteksi darah <i>Extracorporeal</i>	23
Gambar 1. 3 Modul sensor <i>photodiode</i>	24
Gambar 1. 4 Diagram blok kerja sistem SPICAF secara keseluruhan.....	26

B200

Gambar 2. 1 Diagram blok kerja sistem SPICAF secara keseluruhan.....	39
Gambar 2. 2 Model Desain Produk SPICAF.	40
Gambar 2. 3 Diagram alur penggunaan SPICAF.....	42
Gambar 2. 4 DFD Level 0 SPICAF.	45
Gambar 2. 5 DFD Level 1 Sistem SPICAF.	46
Gambar 2. 6 DFD Level 2 Subsistem dalam SPICAF.	47

B300

Gambar 3. 1 Subsistem pada sistem SPICAF.	56
Gambar 3. 2 <i>Data Flow Diagram</i> Subsistem Antarmuka Pengguna.	57
Gambar 3. 3 <i>Data Flow Diagram</i> Subsistem Prosedur <i>Push-Pull</i>	57
Gambar 3. 4 <i>Data Flow Diagram</i> Subsistem Akuisisi Data Sensor.	58
Gambar 3. 5 <i>Data Flow Diagram</i> Subsistem Notifikasi Pengguna.	59
Gambar 3. 6 <i>Data Flow Diagram</i> Subsistem <i>Data Logging</i>	59
Gambar 3. 7 <i>Data Flow Diagram</i> Subsistem <i>Power Manager</i>	60
Gambar 3. 8 Tampak luar SPICAF.	61
Gambar 3. 9 Tampak dalam SPICAF.	61
Gambar 3. 10 Desain Modul <i>Photodiode</i> untuk mendeteksi <i>Bubbling</i>	62
Gambar 3. 11 <i>Wiring Diagram</i> SPICAF.	63
Gambar 3. 12 <i>Board</i> Arduino MEGA 2560 R3.	64
Gambar 3. 13 16x2 LCD with I2C <i>Serial Adapter</i>	65
Gambar 3. 14 4x4 Matrix <i>Keypad Membrane</i>	65
Gambar 3. 15 MG996R <i>Servo Motor</i>	66
Gambar 3. 16 <i>Active Piezo Buzzer module</i>	67
Gambar 3. 17 <i>MicroSD Card module</i>	67
Gambar 3. 18 Tampak LED.	68
Gambar 3. 19 Tampak dan spesifikasi LM2596 <i>Buck Converter Step Down</i>	69
Gambar 3. 20 Tes program pada Arduino untuk modul LCD + I2C.	70
Gambar 3. 21 Percobaan LCD	71
Gambar 3. 22 Hasil percobaan LCD.	71
Gambar 3. 23 Tes program pada Arduino untuk modul <i>Keypad 4x4</i>	72
Gambar 3. 24 Percobaan modul <i>Keypad 4x4</i>	72
Gambar 3. 25 Hasil Percobaan Modul <i>Keypad 4x4</i> pada <i>Serial Monitor</i>	72

Gambar 3. 26 Tes program pada Arduino untuk modul <i>Servo Motor MG996R</i> menggunakan <i>library <Servo.h></i>	73
Gambar 3. 27 Percobaan pada modul <i>Servo Motor MG996R</i>	73

B400

Gambar 4. 1 Tampak SPICAF dari depan.	78
Gambar 4. 2 DFD Level 1 SPICAF.	80
Gambar 4. 3 DFD Level 2 SPICAF.	81
Gambar 4. 4 <i>Wiring Diagram</i> Sistem SPICAF.	81
Gambar 4. 5 Alur penggunaan alat SPICAF.	82
Gambar 4. 6 DFD subsistem <i>bubble sensor</i>	83
Gambar 4. 7 Tampak atas subsistem <i>bubble sensor</i>	84
Gambar 4. 8 Tampak bawah subsistem <i>bubble sensor</i>	85
Gambar 4. 9 <i>Flowchart</i> subsistem <i>bubble sensor</i>	86
Gambar 4. 10 Tampak samping <i>torsion spring clamp</i> tanpa suntik.	87
Gambar 4. 11 Tampak <i>digital rotary encoder, stepper motor gear, transmission panel</i> , dan <i>gearbox</i>	88
Gambar 4. 12 DFD subsistem pendorong suntik.	89
Gambar 4. 13 Tampak belakang <i>stepper motor</i>	90
Gambar 4. 14 Desain <i>gear</i> dari <i>transmission panel</i>	91
Gambar 4. 15 Desain panel dari <i>transmission panel</i>	91
Gambar 4. 16 Desain <i>gear</i> pada <i>gearbox</i>	92
Gambar 4. 17 Tampak samping <i>gearbox</i>	92
Gambar 4. 18 Desain 3D <i>rack</i>	93
Gambar 4. 19 Desain <i>housing rack</i>	93
Gambar 4. 20 Tampak <i>housing, rack, and pinion</i> dengan suntik yang di- <i>clamp</i> . 94	94
Gambar 4. 21 Desain 3D <i>encoder gear</i>	94
Gambar 4. 22 Tampak atas <i>driver A4988</i>	95
Gambar 4. 23 Tampak belakang <i>digital rotary encoder</i>	96
Gambar 4. 24 <i>Flowchart</i> dari subsistem pendorong suntik.	97
Gambar 4. 25 Tampak depan subsistem antarmuka pengguna.	99
Gambar 4. 26 DFD subsistem antarmuka pengguna.....	99
Gambar 4. 27 <i>Flowchart</i> subsistem antarmuka pengguna.	101
Gambar 4. 28 Tampak depan subsistem notifikasi pengguna.	102
Gambar 4. 29 DFD subsistem notifikasi pengguna.	103
Gambar 4. 30 <i>Flowchart</i> subsistem notifikasi pengguna.	104
Gambar 4. 31 Tampak belakang PMS.	106
Gambar 4. 32 DFD subsistem manajer daya.....	106
Gambar 4. 33 Desain 3D untuk <i>housing MT3608</i>	107
Gambar 4. 34 Tampak belakang MT3608 dipasang menggunakan <i>housing</i>	107
Gambar 4. 35 <i>Casing</i> baterai 18650.....	108
Gambar 4. 36 Modul XL6009.....	108
Gambar 4. 37 Tampak atas ATS.	109

Gambar 4. 38 <i>Male DC power jack</i> dicolok ke Arduino MEGA.....	109
Gambar 4. 39 Tampak samping <i>adaptor</i> yang digunakan.	110
Gambar 4. 40 USB dicolok ke <i>adapator</i>	110
Gambar 4. 41 <i>MicroUSB</i> dicolok ke MT3608.....	110
Gambar 4. 42 Tampak modul <i>MicroSD Card Adapter module</i>	112
Gambar 4. 43 DFD subsistem <i>data logging</i>	113
Gambar 4. 44 <i>Flowchart</i> subsistem notifikasi pengguna.....	114

B500

Gambar 5. 2 Kondisi selang berudara.	118
Gambar 5. 3 Grafik perbandingan intensitas cahaya ketika selang berudara dan selang berisi cairan.....	119
Gambar 5. 4 Konfigurasi ketika LED dinyalakan.....	119
Gambar 5. 5 Verifikasi kondisi selang dan beda bias cahaya pada saat bergelembung udara dan saat berisi cairan.	120
Gambar 5. 6 Grafik perbandingan <i>softstarter</i> tanpa <i>load</i> mencapai <i>steady state</i> dengan <i>delay</i> 100 ms.	122
Gambar 5. 7 Grafik perbandingan <i>softstarter</i> dengan <i>load</i> mencapai <i>steady state</i> dengan <i>delay</i> 100 ms.	123
Gambar 5. 8 <i>Rack and pinion</i> pada penhujung maksimum injeksi.....	123
Gambar 5. 9 Layar awal pemilihan ukuran suntik.	126
Gambar 5. 10 Pemilihan suntik 50 cc berhasil.....	126
Gambar 5. 11 Arahan memasukkan <i>volumetric flowrate</i>	126
Gambar 5. 12 Memasukkan <i>volumetric flowrate</i> dibawah spesifikasi.	127
Gambar 5. 13 Menekan tombol C untuk menghapus <i>input</i> dan mengisi ulang <i>volumetric flowrate</i>	127
Gambar 5. 14 Masukkan <i>volumetric flowrate</i> dihapus.	127
Gambar 5. 15 Layar setelah <i>input</i> dihapus.....	127
Gambar 5. 16 Masukkan kurang dari spesifikasi minimal, masukkan ditolak. ..	128
Gambar 5. 17 Masukkan yang memenuhi spesifikasi.....	128
Gambar 5. 18 Masukkan berhasil diterima alat.	128
Gambar 5. 19 Grafik pembacaan dB pada jarak 10 cm.	130
Gambar 5. 20 Grafik pembacaan dB pada jarak 8 m.	131
Gambar 5. 21 Hasil pembacaan pada <i>Spectroid</i> dengan frekuensi 7000 Hz.	131
Gambar 5. 22 Tampak kondisi ATS menarik daya dari <i>adaptor</i>	133
Gambar 5. 23 Tampak kondisi ATS menarik daya dari baterai.....	133
Gambar 5. 24 File .txt yang diisi data masukkan.....	135
Gambar 5. 25 Pengujian keseluruhan sistem.	138
Gambar 5. 26 Tampak selesai melakukan injeksi.	138

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A: Tabel Data.....	143
Lampiran B: Biodata Tim Pengusul.....	147
Lampiran C: Turnitin	151
Lampiran D: <i>Form</i> Bimbingan B400.....	152
Lampiran E: <i>Form</i> Bimbingan B500	159

