

**RANCANG BANGUN ALAT PELARUT PCB SECARA
OTOMATIS BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT)**



Intelligentia - Dignitas

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana / Magister/
Doktor Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika

Oleh:

TIMUR VIRGO TAMPUBOLON

NIM: 1513621052

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA

TAHUN 2026

HALAMAN SAMPUL

**RANCANG BANGUN ALAT PELARUT PCB SECARA
OTOMATIS BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT)**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana / Magister/
Doktor Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika

Oleh:

TIMUR VIRGO TAMPUBOLON

NIM: 1513621052

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA
TAHUN 2026**

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
BENTUK: SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : Timur Virgo Tampubolon
NIM : 1513621052
Judul Penelitian : Rancang Bangun Alat Pelarut PCB Otomatis Berbasis
Internet Of Things (IoT)

ini telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat untuk diajukan dalam ujian tugas akhir.

Jakarta, 20 Juli 2026

Pembimbing 1,

Pembimbing 2,

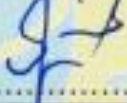

Prof. Dr. Moch. Sukardjo, M.Pd
NIDN. 0020075809


Vina Oktaviani, S.Pd., M.T.
NIDN. 0012109005

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR BENTUK : SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Timur Virgo Tampubolon
 NIM : 1513621052
 Program Studi/Fakultas : Pendidikan Teknik Elektronika / Teknik
 Judul Penelitian : Rancang Bangun Alat Pelarut PCB Otomatis
 Berbasis *Internet of Things* (IoT)

ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan dinyatakan *Lulus / Tidak Lulus* * Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal 20 Juli 2026
 Tim Penguji,

Ketua Penguji	Dr. Wisnu Djatmiko, M.T NIDN: 0014026706	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 1)	Dr. Aodah Diamah, S.T, M.Eng NIDN: 0019097802	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 2)	Bagus Tri Kuncoro, S.T, M.T NIDN: 0607039502	
Anggota Penguji (Pembimbing 1)	Prof. Dr. Moch. Sukardjo, M.Pd. NIDN: 0020075809	
Anggota Penguji (Pembimbing 2)	Vina Oktaviani, S.Pd., M.T. NIDN: 0012109005	

Mengetahui,
 Dekan Fakultas Teknik


 Prof. Dr. Neneng Siti Silfi Ambarwati, S.Si., Apt., M.Si.
 NIDN. 0029027204

Koordinator Program Studi
 Pendidikan Teknik Elektronika


 Dr. Baso Maruddani, S.T., M.T.
 NIDN. 0002058301

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Nama Mahasiswa : Timur Virgo Tampubolon
NIM : 1513621052
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektronika
Fakultas : Fakultas Teknik
Judul TA : Rancang Bangun Alat Pelarut Pcb Secara Otomatis Berbasis
Internet of Things (IoT)

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya tulis ilmiah ini.

Jakarta, 20 Juli 2026
Yang menyatakan,



(Timur Virgo Tampubolon)
NIM. 1513621052



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Timur Virgo Tampubolon
NIM : 1513621052
Fakultas/Prodi : Teknik/Pendidikan Teknik Elektronika
Alamat email : virgotampubolon753@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

RANCANG BANGUN ALAT PELARUT PCB SECARA OTOMATIS BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT)

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 27 Juli 2026
Penulis

Timur Virgo Tampubolon

KATA PENGANTAR

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak sejak tahap awal perancangan hingga penyusunan laporan akhir. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Baso Maruddani, S.T, M.T., selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, yang telah memberikan arahan, dukungan, serta kemudahan bagi penulis selama masa perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
2. Prof. Dr. Moch. Sukardjo, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Vina Oktaviani, S.Pd., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa memberikan evaluasi, saran teknis yang membangun, serta dukungan penuh hingga perancangan alat dan penulisan skripsi ini dapat diselesaikan.
4. Keluarga tercinta, yang selalu memberikan dukungan moral dan material sehingga penulis senantiasa bersemangat dalam menyelesaikan Pendidikan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna akibat keterbatasan pengalaman dan pengetahuan yang penulis miliki. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang.

Akhir kata, penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat memberikan manfaat, inspirasi, dan kontribusi nyata bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang kendali otomatis, Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan (K3L), serta penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT).

Jakarta, 20 Juli 2026



Timur Virgo Tampubolon

RANCANG BANGUN ALAT PELARUT PCB SECARA OTOMATIS BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

TIMUR VIRGO TAMPUBOLON

Pembimbing: Prof. Dr. Moch. Sukardjo, M.Pd. dan Vina Oktaviani, S.Pd., M.T,

ABSTRAK

Proses pelarutan jalur tembaga *Printed Circuit Board* (PCB) secara manual memerlukan waktu lama, memberikan hasil tidak konsisten, dan berisiko tinggi terhadap keselamatan pengguna akibat paparan uap bahan kimia korosif. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan prototipe alat pelarut PCB otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang cepat, dan aman. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) menggunakan kerangka kerja V-Model yang meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, hingga pengujian unit, integrasi, sistem, dan penerimaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi flow sensor dan pompa peristaltik mampu menarik cairan asam klorida dan hidrogen peroksida dengan cukup presisi dengan tingkat error flow sensor sebesar 6.4% dan tingkat error pompa peristaltik sebesar 10%. Selain itu, fitur IoT melalui bot Telegram terbukti dapat memberikan perintah dari jarak jauh dengan rata-rata *delay latency* ± 2 detik, tanpa mengharuskan pengguna melakukan kontak fisik dengan mesin. Penggoyangan mekanis menggunakan motor DC terbukti mempercepat proses pelarutan untuk berbagai variasi ukuran PCB yang diuji (mulai dari 5x5 cm hingga 10x15 cm), dengan rentang efisiensi waktu 27 hingga 47 detik lebih cepat dibandingkan metode manual. Kesimpulannya, alat pelarut PCB otomatis ini berhasil beroperasi dengan baik, meningkatkan efisiensi waktu, mencetak jalur tembaga *over-etching*, serta menjamin standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Lingkungan berkat sistem operasional yang tertutup.

Kata kunci: ESP32, *Internet of Things*, Pelarut PCB, V-Model

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN IOT-BASED AUTOMATIC PCB ETCHING MACHINE

TIMUR VIRGO TAMPUBOLON

Advisor: Prof. Dr. Moch. Sukardjo, M.Pd. and Vina Oktaviani, S.Pd., M.T,

ABSTRACT

The manual etching process of Printed Circuit Board (PCB) copper traces is time-consuming, yields inconsistent results, and poses a high safety risk to users due to exposure to corrosive chemical vapors. This research aims to produce a fast and safe Internet of Things (IoT)-based automatic PCB etching machine prototype. The research method used is Research and Development (R&D) utilizing the V-Model framework, which includes the stages of requirement analysis, system design, implementation, up to unit, integration, system, and acceptance testing. The test results indicate that the integration of a flow sensor and a peristaltic pump can dose hydrochloric acid and hydrogen peroxide with adequate precision, presenting a flow sensor error rate of 6.4% and a peristaltic pump error rate of 10%. Furthermore, the IoT feature via the Telegram bot is proven to be able to provide remote commands with an average delay latency of ± 2 seconds, without requiring the user to make physical contact with the machine. Mechanical agitation using a DC motor is proven to accelerate the etching process for various tested PCB sizes (from 5x5 cm to 10x15 cm), saving between 27 to 47 seconds compared to the manual method. In conclusion, this automatic PCB etching machine operates well, improves time efficiency, produces copper traces without over-etching defects, and guarantees Occupational Health and Safety (OHS) and environmental standards due to its closed operational system.

Keywords: Automatic Etching, ESP32, Internet of Things, PCB, V-Model

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Pembatasan Masalah	3
1.4. Perumusan Masalah	3
1.5. Tujuan Penelitian.....	3
1.6. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Konsep Pengembangan Produk.....	5
2.2. Konsep Produk Yang Dikembangkan	6
2.3. Kerangka Teoritik.....	9
2.3.1. Alat Pelarut.....	9
2.3.2. <i>Printed Circuit Board (PCB)</i>	10
2.3.3. ESP32.....	10
2.3.4. Arduino IDE.....	13
2.3.5. Flow Sensor YF-S401	14
2.3.6. Buzzer	17
2.3.7. Modul LCD 16x2 I2C	19
2.3.8. Relay	21

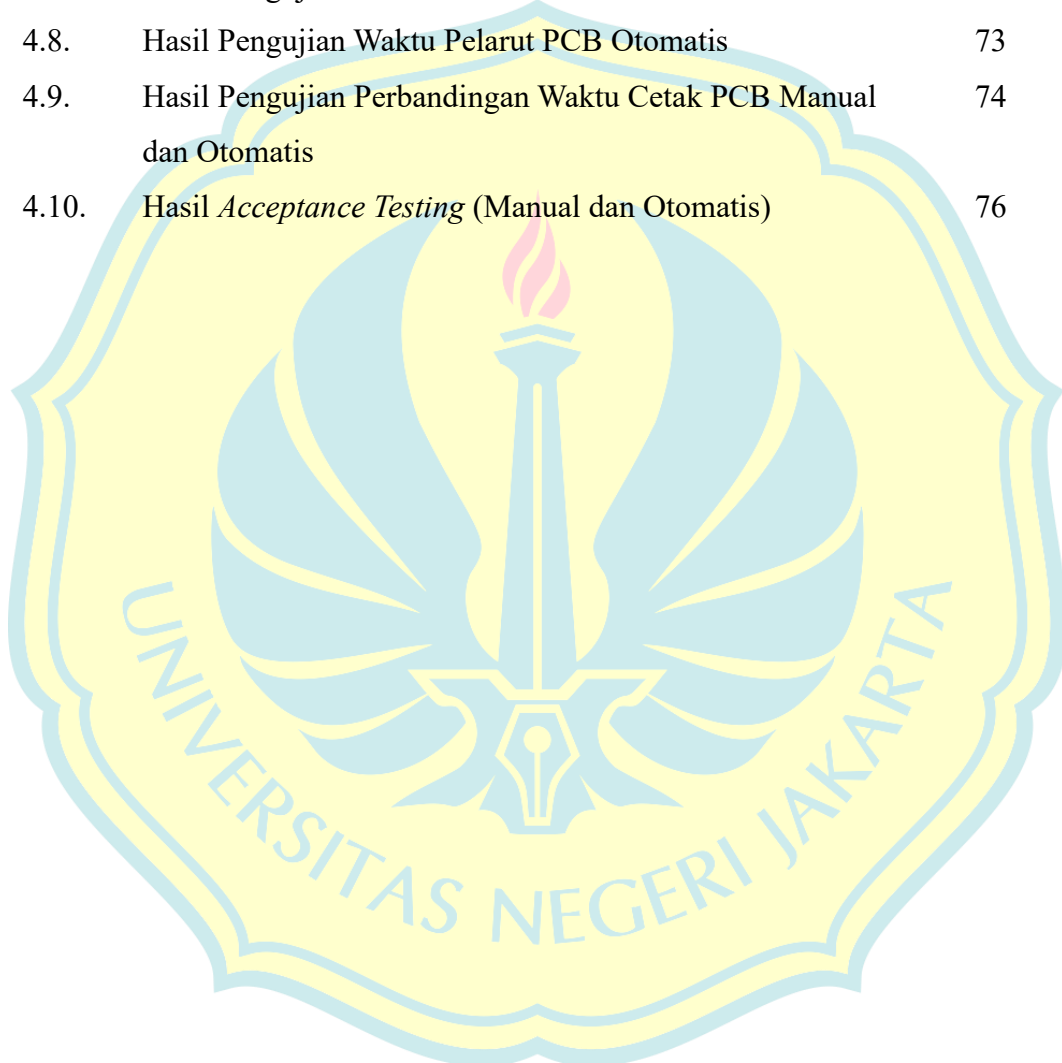
2.3.9.	Motor DC dan PWM Motor <i>Speed Controller</i>	22
2.3.10.	<i>Water Pump</i> Motor	25
2.3.11.	Keypad 4x4	27
2.3.12.	Peristaltic Pump	29
2.3.13.	Proses <i>Etching PCB</i>	32
2.3.14.	H ₂ O ₂ dan HCl	34
2.3.15.	<i>Internet Of Things</i> (IoT).....	35
2.3.16.	Bot Telegram	36
2.4.	Rancangan Produk	37
2.4.1.	Diagram Blok Sistem	37
2.4.2.	Diagram Alir Pemograman	38
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		41
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian.....	41
3.2.	Metode Pengembangan Produk.....	41
3.2.1.	Tujuan Pengembangan Produk.....	41
3.2.2.	Metode Pengembangan Produk.....	41
3.2.3.	Sasaran Produk.....	42
3.2.4.	Instrumen	42
3.3.	Prosedur Pengembangan	43
3.3.1.	Analisis Kebutuhan (<i>Requirement Analysis</i>).....	43
3.3.1.1.	Teknik Pengumpulan Data	43
3.3.1.2.	Teknik Analisis Data	45
3.3.2.	Sistem Desain (<i>System Design</i>).....	45
3.3.3.	Perancangan Arsitektur (<i>Architecture Design</i>).....	45
3.3.3.1.	Perancangan Perangkat Keras	46
3.3.3.1.1.	Menentukan Mikrokontroler yang Digunakan.....	46
3.3.3.1.2.	Menentukan Sumber Tegangan.....	47
3.3.3.1.3.	Menentukan <i>Input</i> dan <i>Output</i>	47
3.3.3.2.	Perancangan Perangkat Lunak	50
3.3.3.2.1.	Arduino Ide	50
3.3.3.2.2.	<i>Telegram Bot</i>	50
3.3.3.3.	Perancangan Desain Alat.....	51

3.3.4.	Perancangan Modul (<i>Module Design</i>)	52
3.3.5.	Implementasi Perangkat Lunak (<i>Coding</i>)	55
3.3.6.	Uji Unit (<i>Unit Testing</i>)	62
3.3.7.	Uji Integrasi (<i>Integration Testing</i>).....	63
3.3.8.	Uji Sistem (<i>System Testing</i>).....	64
3.3.9.	Pengujian penerimaan (<i>Acceptance Testing</i>).....	65
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	67
4.1.	Hasil Pengembangan Produk	67
4.2.	Hasil Pengujian Produk.....	68
4.2.1.	Pengujian unit (<i>Unit Testing</i>) Perangkat Keras	68
4.2.2.	Pengujian Integrasi (<i>Integration Testing</i>).....	72
4.2.3.	Pengujian Sistem (<i>System Testing</i>).....	73
4.2.4.	Pengujian Penerimaan (<i>Acceptance Testing</i>)	78
4.3.	Pembahasan.....	78
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	82
5.1.	Kesimpulan	82
5.2.	Implikasi.....	82
5.3.	Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....		85
LAMPIRAN.....		88
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		113

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1.	Spesifikasi ESP32	13
2.2.	toolbar aplikasi Arduino IDE	15
2.3.	Spesifikasi Flow Sensor	17
2.4.	Pin Flow Sensor ke ESP32	18
2.5.	Spesifikasi Buzzer	20
2.6.	Pin ESP32 ke BUZZER	20
2.7.	Spesifikasi LCD 16x2	22
2.8.	Pin LCD 16x2 I2C dengan ESP32	23
2.9.	Spesifikasi Relay	24
2.10.	Spesifikasi Motor DC	25
2.11.	Spesifikasi PWM Motor Speed Controller	27
2.12.	Pin Relay Motor DC ke ESP32	27
2.13.	Spesifikasi <i>Water Pump</i> Motor	29
2.14.	Pin Relay <i>Water Pump</i> ke ESP32	29
2.15.	Spesifikasi Keypad	31
2.16.	Pin Keypad ke ESP32	31
2.17.	Spesifikasi Water Pump Motor	34
2.18.	Pin Relay Pompa peristaltik ke ESP32	34
3.1.	Instrumen Perangkat Keras	42
3.2.	Instrumen Perangkat Lunak	43
3.3.	Jenis Teknik Pengumpulan Data	44
3.4.	Pengujian Akurasi Flow Sensor	63
3.5.	Pengujian Pompa Peristaltik	63
3.6.	Pengujian Water Pump Motor	64
3.7.	Pengujian Motor DC	64
3.8.	pengujian Integrasi Sistem	64
3.9.	Pengujian Takaran Larutan PCB Otomatis	65
3.10.	Pengujian Waktu Pelarutan PCB Ukuran 5x5 cm	66
3.11.	Pengujian Perbandingan Waktu Cetak PCB Manual dan Otomatis	66

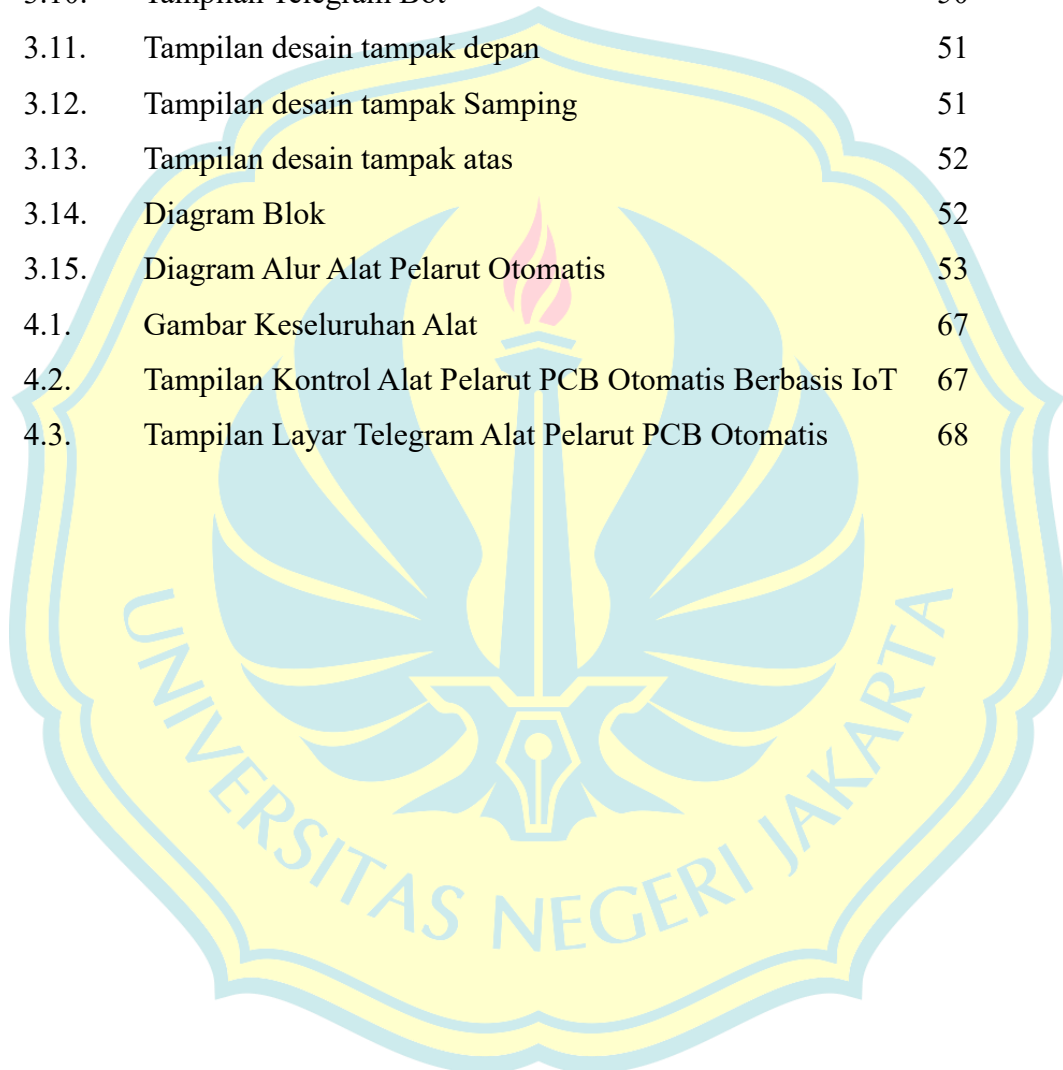
4.1.	Hasil Pengujian Flow Sensor YF-S401	69
4.2.	Hasil Pengujian Pompa Peristaltik	70
4.3.	Hasil Pengujian Water Pump Motor	70
4.4.	Hasil Pengujian Motor DC	71
4.5.	Hasil Pengujian Sistem Dengan Telegram	71
4.6.	Hasil Pengujian Sistem Dengan Keypad dan Push Button	71
4.7.	Hasil Pengujian Takaran Pelarut PCB Otomatis	72
4.8.	Hasil Pengujian Waktu Pelarut PCB Otomatis	73
4.9.	Hasil Pengujian Perbandingan Waktu Cetak PCB Manual dan Otomatis	74
4.10.	Hasil <i>Acceptance Testing</i> (Manual dan Otomatis)	76



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
1.1.	Alat Pelarut PCB	2
2.1.	Metode V-Model	6
2.2.	ESP32	13
2.3.	Simbol dan Rangkaian ESP32	13
2.4.	Tampilan Antarmuka Software Arduino IDE	14
2.5.	Flow Sensor YF-S401	17
2.6.	Simbol dan Rangkaian Flow Sensor	17
2.7.	Buzzer	19
2.8.	Simbol dan Rangkaian Buzzer	20
2.9.	Modul LCD 16x2 I2C	22
2.10.	Simbol LCD 16X2 I2C	22
2.11.	Relay	23
2.12.	Simbol dan Modul Relay	24
2.13.	Motor DC	25
2.14.	Simbol dan Rangkaian Motor DC	25
2.15.	PWM Motor Speed Controller	26
2.16.	Simbol dan Rangkaian PWM Motor Speed Controller	26
2.17.	Water Pump Motor	28
2.18.	Simbol dan Rangkaian Water Pump Motor	29
2.19.	Keypad 4x4	31
2.20.	Contoh Serial Monitor ESP32 dengan Keypad 4x4	31
2.21.	Peristaltic Pump	34
2.22.	Simbol dan Rangkaian Peristaltic Pump	35
2.23.	Asam Klorida	36
2.24.	Hidrogen Peroksida	38
2.25.	Diagram Blok	40
2.26.	Diagram Alur Alat Pelarut Otomatis	46
3.1.	ESP32	47
3.2.	Skema Flow Sensor	48
3.3.	Skema Buzzer	48

3.4.	Skema LCD 16x2 I2C	48
3.5.	Skema Modul PWM Speed Control dan Motor DC	48
3.6.	Skema Water Pump Motor	48
3.7.	Skema Keypad 4x4	49
3.8.	Skema Rangkaian Keseluruhan	49
3.9.	Tampilan Arduino IDE	50
3.10.	Tampilan Telegram Bot	50
3.11.	Tampilan desain tampak depan	51
3.12.	Tampilan desain tampak Samping	51
3.13.	Tampilan desain tampak atas	52
3.14.	Diagram Blok	52
3.15.	Diagram Alur Alat Pelarut Otomatis	53
4.1.	Gambar Keseluruhan Alat	67
4.2.	Tampilan Kontrol Alat Pelarut PCB Otomatis Berbasis IoT	67
4.3.	Tampilan Layar Telegram Alat Pelarut PCB Otomatis	68



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran	Halaman
1.	Instrumen	94
2.	Produk Final	99
3.	Program Full Alat Pelarut PCB Berbasis IoT	103
4.	Buku Pedoman Penggunaan	118

