

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR SINGKATAN .....	xii
INTISARI .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
BAB I Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori .....	6
2.1 Tinjauan Pustaka .....	6
2.1.1 Persyaratan Teknis Tata Udara Rumah Sakit .....	6
2.1.2 Penelitian Pengendalian Tata Udara .....	8
2.2 Dasar Teori .....	14
2.2.1 Fluida Bergerak .....	14
2.2.2 Hukum Gas Ideal .....	15
2.2.3 Hukum Gas Nonideal .....	16
2.2.4 Hukum Ke-0 Termodinamika .....	16
2.2.5 Sistem HVAC ( <i>Heating, Ventilation, and Air Conditioning</i> ) .....	17
2.2.6 Sistem Kendali Umpan Balik .....	18
2.2.7 Representasi Matematis Sistem Kendali .....	19
2.2.8 Sistem Kendali Nonlinier .....	20
2.2.9 Metode Kendali <i>Backstepping</i> .....	21
2.2.10 Teori Stabilitas Lyapunov .....	22
2.2.11 Organisasi dan Arsitektur Komputer .....	22
2.2.12 Sistem Tertanam .....	24
2.2.13 Perangkat <i>Programmable Logic Controller (PLC)</i> .....	24
2.2.14 Perangkat <i>Human Machine Interface (HMI)</i> .....	27



2.2.15	Protokol Komunikasi TCP/IP .....	27
2.2.16	Topologi Jaringan Komunikasi Data .....	30
2.2.17	Protokol Komunikasi Modbus .....	32
2.2.18	Protokol Komunikasi I <sup>2</sup> C ( <i>Inter-Integrated Circuit</i> ) .....	34
2.2.19	Protokol Komunikasi SPI ( <i>Serial Peripheral Interface</i> ).....	34
2.2.20	Protokol Komunikasi 1-Wire ( <i>One-Wire</i> ) .....	35
2.2.21	Motor Listrik Arus Searah ( <i>Direct Current/DC</i> ) .....	36
2.2.22	Pengendali <i>H-Bridge</i> untuk Motor Listrik Arus Searah .....	37
2.3	Analisis Perbandingan Metode .....	39
BAB III Metodologi Penelitian .....		40
3.1	Alat dan Bahan Penelitian .....	40
3.1.1	Alat Penelitian.....	40
3.1.2	Bahan Penelitian .....	41
3.2	Metode yang Digunakan.....	41
3.3	Alur Tugas Akhir .....	42
3.4	Perancangan Purwarupa .....	43
3.4.1	Desain Fisis Sistem Purwarupa <i>Plant HVAC</i> .....	43
3.4.2	Pemodelan Matematis Sistem Purwarupa <i>Plant HVAC</i> .....	45
3.4.3	Simulasi Sistem Purwarupa <i>Plant HVAC</i> .....	48
3.4.4	Perancangan Sistem Elektronis.....	52
3.4.4.1	Topologi Perangkat Sistem Elektronis .....	52
3.4.4.2	Desain Modul Sensor Suhu, Kelembaban, dan Tekanan Modbus.....	56
3.4.4.3	Desain Modul Aktuator Pengendali PWM Kipas .....	62
3.4.4.4	Desain Modul Aktuator <i>Remote Control AC</i> Modbus ...	68
3.4.5	Perancangan Perangkat Lunak <i>PLC</i> .....	73
3.4.6	Perancangan Perangkat Lunak untuk <i>HMI</i> .....	79
BAB IV Hasil Pengujian dan Pembahasan .....		86
4.1	Uji Fungsionalitas Subsystem .....	86
4.1.1	Uji Fungsionalitas Subsystem Sensor Suhu, Tekanan, dan Kelembaban Modbus TCP.....	86
4.1.2	Uji Fungsionalitas Subsystem Aktuator Pengendali Kecepatan Kipas Modbus TCP .....	88
4.1.3	Uji Fungsionalitas Subsystem Aktuator Pengendali <i>Remote AC</i> Midea Modbus TCP.....	90
4.2	Uji Fungsionalitas Sistem Terintegrasi dengan PLC dan HMI .....	92
4.2.1	Uji Fungsionalitas Sistem Terintegrasi dengan Subsystem Modbus TCP .....	92
4.2.2	Uji Fungsionalitas Sistem Terintegrasi dengan HMI .....	96



4.3	Uji Performa Sistem Kendali Suhu .....	99
4.4	Analisis Hasil .....	104
BAB V	Kesimpulan dan Saran .....	106
5.1	Kesimpulan .....	106
5.2	Saran .....	106
DAFTAR PUSTAKA	.....	108
LAMPIRAN	.....	L-1
L.1	Kode Sumber Simulasi MATLAB Pengendali <i>Backstepping</i> .....	L-1
L.2	Kode Sumber <i>Firmware</i> Modul Modbus ESP32 .....	L-4
L.2.1	Kode Sumber Modul Modbus Sensor Suhu, Tekanan, dan Kelembaban .....	L-4
L.2.2	Kode Sumber Modul Modbus Aktuator <i>Remote Control AC Midea</i> .....	L-7
L.3	Kode Sumber <i>Firmware</i> Modul Modbus Arduino Mega 2560 .....	L-9
L.3.1	Kode Sumber Modul Modbus Aktuator Motor Driver L298N .....	L-9
L.4	Kode Sumber <i>Ladder Diagram</i> PLC Schneider M262 .....	L-14