



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**KINERJA SISTEM AIR HANDLING UNIT PADA BUILDING
AUTOMATION SYSTEM LABORATORIUM LISTRIK**

SKRIPSI

Muhammad Agung

4317040010

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2021



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KINERJA SISTEM *AIR HANDLING UNIT* PADA *BUILDING AUTOMATION SYSTEM* LABORATORIUM LISTRIK

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Muhammad Agung

4317040010

**PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2021



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhammad Agung

NIM : 4317040010

Tanda Tangan :

Tanggal : 23 Agustus 2021

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Muhammad Agung

NIM : 4317040010

Program Studi : Teknik Otomasi Listrik Industri

Judul Skripsi : Kinerja Sistem *Air Handling Unit* pada *Building Automation System* Laboratorium Listrik

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hari Senin 09 Agustus dan dinyatakan LULUS.

Pembimbing I: (Murie Dwiyaniti, S.T., M.T,
NIP. 197203312006041001)

Pembimbing II (A. Damar Aji, S.T., M.Kom.,
NIP. 195908121984031005)

(
(
(
(

Depok, 23 Agustus 2021

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. Sri Danaryani, M. T.

NIP. 196305031991032001



KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Politeknik.

Skripsi mengenai Kinerja Sistem *Air Handling Unit* pada *Building Automation System* Laboratorium Listrik ini diharapkan dapat berfungsi sebagai pembelajaran bagi mahasiswa program studi Teknik Otomasi Listrik Industri agar dapat mempelajari sistem AHU pada modul HVAC-BAS di Laboratorium Listrik Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Murie Dwiyaniti, S. T., M. T. dan A. Damar Aji, S. T., M. Kom., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
2. Pihak PT Teknik Inti Mandiri yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang penulis perlukan;
3. Bapak Alm. Meshadi dan Ibu Puji Astuti selaku orangtua penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
4. Sahabat yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 2021

Penulis

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Kinerja Sistem Air Handling Unit pada Building Automation System
Laboratorium Listrik

ABSTRAK

Building Automation System (BAS) merupakan sistem pengendalian dan pemantauan terpusat yang banyak digunakan di gedung bertingkat. Umumnya, BAS digunakan untuk mengoptimalkan pengendalian sistem dan kinerja dari peralatan sistem Heating, Ventilating, and Air Conditioning (HVAC) yang digunakan untuk pengkondisian udara pada suatu gedung. Dalam penelitian ini dibahas kinerja miniatur BAS untuk sistem HVAC khususnya sistem Air Handling Unit (AHU) pada laboratorium listrik yang menggunakan Direct Digital Control (DDC) sebagai controller yang terhubung dengan input dan output serta Human Machine Interface (HMI) TPC-70. Sistem AHU akan diuji berdasarkan kinerja pada security system, mode manual, mode otomatis, mode gangguan, komunikasi Modbus ke BACnet dengan gateway, monitoring menggunakan trend, dan kinerja sensor dengan menggunakan BAS. Hasilnya, security system sistem AHU berhasil membatasi hak akses tiap user dan mengaktifkan auto log off setelah 10 menit user yang login tidak memberikan input pada sistem. Pada mode manual, output digital berhasil dioperasikan melalui override switch dalam waktu 1 detik dengan status input yang terdeteksi dan ditampilkan pada HMI, analog motorized damper mengalami error posisi sebesar 1,57% dan akurasi posisi sebesar 98,43%, dan terjadi deviasi sebesar 0,29% pada output analog VSD fan AHU. Pada mode otomatis, sistem berhasil beroperasi dengan schedule sesuai sequence system pada pedoman ASHRAE Guideline 13-2015. Pada mode gangguan, gangguan berhasil dideteksi, menampilkan message alarm, dan mengaktifkan safety shutdown. Kemudian, komunikasi Modbus ke BACnet telah berhasil dilakukan pada sistem dan trend berhasil ditampilkan dan disimpan dalam format .XML serta kinerja sensor yang masih baik karena offset dan sensitivitasnya sesuai dengan datasheet sensor.

Kata kunci: AHU, BAS, DDC, HMI, HVAC

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Performance of Air Handling Unit System in Electrical Laboratory Building Automation System

ABSTRACT

The Building Automation System (BAS) is centralized control and monitoring system widely used in high-rise buildings. Generally, BAS is used to optimize system control and performance of the Heating, Ventilating, and Air Conditioning (HVAC) system equipment used for air conditioning in a building. This study discusses the implementation of miniature BAS for HVAC systems, especially the Air Handling Unit (AHU) system in an electrical laboratory that uses Direct Digital Control (DDC) as a controller that is connected to input and output as well as the Human Machine Interface (HMI) TPC-70. The AHU system will be tested based on the security system's performance, manual mode, automatic mode, interference mode, Modbus to BACnet communication with the gateway, monitoring using trend, and sensor performance using BAS. As a result, the security system of the AHU system succeeded in limiting the access rights of each user and activating auto-log off; after 10 minutes, the logged-in user did not provide input to the system. In manual mode, the digital output is successfully operated via the override switch within 1 second with the input status detected and displayed on the HMI, the analog motorized damper experiencing a position error of 1.57% and positioning accuracy 98.43%, and a deviation of 0.29% on the AHU fan's VSD analog output. In automatic mode, the system successfully operates according to the schedule according to the sequence system in the ASHRAE Guideline 13-2015. In the fault mode, the disturbance is detected successfully, displays an alarm message, and activates the safety shutdown. Then, Modbus communication to BACnet has been successfully carried out on the system. The trend is successfully displayed and saved. XML format and the sensor performance is still good because the offset and sensitivity are under the sensor datasheet.

Keywords: AHU, BAS, DDC, HMI, HVAC

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR RUMUS	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Luaran.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kenyamanan Ruangan.....	4
2.1.1 Faktor Kenyamanan Termal.....	4
2.2 Sistem <i>Heating, Ventilating, and Air Conditioning</i> (HVAC)	5
2.2.1 Sistem Pemanas.....	6
2.2.2 Sistem Ventilasi	6
2.2.3 Sistem Pengkondisian Udara.....	6
2.2.4 Komponen Utama Dalam Sistem HVAC	8
2.3 <i>Building Energy Management System</i>	12
2.4 <i>Building Automation System</i> (BAS)	13
2.4.1 Sensor.....	15
2.3.1 <i>Output Devices</i>	23
2.5 <i>Direct Digital Control</i> (DDC)	24
2.4.1 <i>PID Control</i>	25
2.6 <i>Gateway</i>	28
2.7 Metode Regresi Linier Sederhana	29
2.8 Koefisien Korelasi	30

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.9	Relative Error.....	31
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....		32
3.1	Rancangan Alat	32
3.1.1	Deskripsi Alat	32
3.1.2	Cara Kerja Alat	35
3.1.3	Spesifikasi Alat	44
3.1.4	Diagram Blok	54
3.2	Realisasi Alat.....	55
3.2.1	Wiring Diagram.....	55
3.2.2	Realisasi Miniatur BAS untuk Sistem HVAC	62
3.2.3	Realisasi Program Kontrol Miniatur BAS untuk Sistem HVAC....	63
BAB IV PEMBAHASAN.....		90
4.1	Pengujian <i>Security System</i> DDC	90
4.1.1	Deskripsi Pengujian	90
4.1.2	Prosedur Pengujian	90
4.1.3	Data Hasil Pengujian.....	92
4.1.4	Analisa Data	93
4.2	Pengujian Program DDC Mode Manual Sistem AHU.....	95
4.2.1	Deskripsi Pengujian	95
4.2.2	Prosedur Pengujian	95
4.2.3	Data Hasil Pengujian.....	96
4.2.4	Analisa Data	104
4.3	Pengujian Program DDC Mode Otomatis Sistem AHU	109
4.3.1	Deskripsi Pengujian	109
4.3.2	Prosedur Pengujian	109
4.3.3	Data Hasil Pengujian.....	110
4.3.4	Analisa Data	114
4.4	Pengujian Program DDC Mode Gangguan Sistem AHU	117
4.4.1	Deskripsi Pengujian	118
4.4.2	Prosedur Pengujian	118
4.4.3	Data Hasil Pengujian.....	120
4.4.4	Analisa Data	122
4.5	Pengujian Komunikasi Modbus ke BACnet menggunakan MBS Gateway pada Sistem AHU	125
4.5.1	Deskripsi Pengujian	125
4.5.2	Prosedur Pengujian	125



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.5.3	Data Hasil Pengujian.....	126
4.5.4	Analisa Data	127
4.6	Pengujian <i>Trend</i> pada Sistem AHU	130
4.6.1	Deskripsi Pengujian	130
4.6.2	Prosedur Pengujian	131
4.6.3	Data Hasil Pengujian.....	131
4.6.4	Analisa Data	136
4.7	Pengujian Kinerja Sensor pada Sistem AHU	139
4.7.1	Deskripsi Pengujian	139
4.7.2	Prosedur Pengujian	139
4.7.3	Data Hasil Pengujian.....	142
4.7.4	Analisa Data	146
BAB V PENUTUP		158
5.1	Simpan.....	158
5.2	Saran	160
DAFTAR PUSTAKA		162
LAMPIRAN.....		166

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daerah Kenyamanan Termal	4
Tabel 2.2 Klasifikasi Filter.....	11
Tabel 2.3 <i>Register Format</i> pada <i>Gateway</i>	28
Tabel 2.4 Kriteria hubungan koefisien korelasi	30
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat	44
Tabel 3.2 <i>Setting Pin</i> pada BMD4064	63
Tabel 3.3 <i>Setting Pin</i> BMA4024.....	65
Tabel 3.4 BACnet <i>Address</i>	86
Tabel 3.5 Konfigurasi <i>Plant Customer Level</i>	87
Tabel 3.6 <i>List Program Variable</i> Sistem AHU	88
Tabel 3.7 <i>List Program Variable Trend</i>	90
Tabel 4.1 CUser pada Program <i>Code Level</i> DDC.....	93
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Program <i>Override Switch</i> Mode Manual	96
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian <i>Status Input Digital</i> Mode Manual	97
Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian <i>Output Digital</i> Mode Manual.....	99
Tabel 4.5 Pengujian <i>Analog Motorized Damper (MD3) Mode</i> Manual	100
Tabel 4.6 Pengujian <i>Analog Kontrol Valve Cooling Coil</i> Mode Manual	101
Tabel 4.7 Pengujian <i>Analog VSD</i> dan <i>Fan AHU</i> Mode Manual.....	103
Tabel 4.8 Penulisan program <i>Override Switch</i>	105
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Persentase <i>Error</i> dan Akurasi Posisi <i>Analog Motorized Damper</i>	106
Tabel 4.10 Deviasi (<i>error</i>) pada <i>Analog Output</i> DDC.....	108
Tabel 4.11 Pengujian Program DDC Mode Otomatis Sistem AHU.....	111
Tabel 4.12 <i>Limit</i> pada Alarm Minor	119
Tabel 4.13 Pengujian Mode Gangguan Alarm Mayor VSD AHU	120
Tabel 4.14 Pengujian Mode Gangguan Alarm Mayor EF	121
Tabel 4.15 Pengujian Mode Gangguan Alarm Minor.....	122
Tabel 4.16 Pengujian Komunikasi Modbus ke BACnet pada <i>Power Meter</i>	126
Tabel 4.17 Pengujian Komunikasi Modbus ke BACnet Pada VSD AHU.....	127
Tabel 4.18 Data Hasil Pengujian Sensor Temperatur <i>Duct Supply</i>	142

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.19 Data Hasil Pengujian Sensor Temperatur <i>Duct Return</i>	143
Tabel 4.20 Data Hasil Pengujian Sensor <i>Humidity Duct Supply</i>	143
Tabel 4.21 Data Hasil Pengujian Sensor <i>Humidity Duct Return</i>	144
Tabel 4.22 Data Hasil Pengujian Sensor <i>Pressure Duct Supply</i>	144
Tabel 4.23 Pengujian Sensor <i>Room Temperature</i> RBW4305.....	145
Tabel 4.24 Data Perhitungan Pengujian Sensor Temperatur <i>Duct Supply</i>	145
Tabel 4.25 Data Perhitungan Pengujian Sensor Temperatur <i>Duct Return</i>	148
Tabel 4.26 Data Perhitungan Pengujian Sensor <i>Humidity Duct Supply</i>	150
Tabel 4.27 Data Perhitungan Pengujian Sensor <i>Humidity Duct Return</i>	152
Tabel 4.28 Data Perhitungan Pengujian Sensor <i>Humidity Duct Return</i>	155





DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Chiller</i>	9
Gambar 2.2 Komponen <i>Chiller</i>	9
Gambar 2.3 <i>Air Handling Unit</i> (AHU)	10
Gambar 2.4 Komponen pada AHU	11
Gambar 2.5 Arsitektur <i>Building Energy Management System</i>	13
Gambar 2.6 Arsitektur <i>Building Automation System</i> (BAS).....	14
Gambar 2.7 Fisik dan Simbol Sensor RTD.....	15
Gambar 2.8 Sensor RTD 2 Kabel	16
Gambar 2.9 Sensor RTD 3 Kabel	16
Gambar 2.10 Sensor RTD 4 Kabel	17
Gambar 2.11 Fisik dan Simbol Sensor NTC.....	17
Gambar 2.12 Fisik dan Simbol Sensor PTC	17
Gambar 2.13 Sensor <i>Thermocouple</i> dan Simbol Sensor <i>Thermocouple</i>	18
Gambar 2.14 Sensor Kelembapan Relatif Kapasitif	20
Gambar 2.15 Sensor Kelembapan Relatif Resistif.....	20
Gambar 2.16 Simbol Sensor <i>Pressure</i>	20
Gambar 2.17 <i>Absolute Pressure Sensor</i>	21
Gambar 2.18 <i>Sensor Pressure Gauge</i>	21
Gambar 2.19 <i>Differential Pressure Sensor</i>	22
Gambar 2.20 <i>Wiring diagram pressure transmitter 2 wires</i>	22
Gambar 2.21 <i>Wiring diagram pressure transmitter 3 wires</i>	22
Gambar 2.22 Relay.....	23
Gambar 2.23 Aktuator pada <i>Damper</i>	23
Gambar 2.24 Aktuator pada <i>Valve</i>	23
Gambar 2.25 Blok Diagram DDC.....	25
Gambar 2.26 Grafik Kontrol Proposional.....	26
Gambar 2.27 Grafik Kontrol Proposional – Integral	27
Gambar 2.28 Grafik Kontrol Proposional Integral Derivatif	27
Gambar 2.29 <i>Gateway</i>	28
Gambar 3.1 Desain alat	33
Gambar 3.2 P&ID Sistem <i>Chiller</i>	35
Gambar 3.3 P&ID Sistem AHU.....	36
Gambar 3.4 P&ID Sistem FCU.....	37
Gambar 3.5 <i>Flowchart</i> Mode Manual Sistem <i>Chiller</i>	38
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> Mode Manual Sistem AHU	39
Gambar 3.7 <i>Flowchart</i> Mode Manual Sistem FCU	40
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> Mode Otomatis Sistem <i>Chiller</i>	41
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Mode Otomatis Sistem AHU.....	42
Gambar 3.10 <i>Flowchart</i> Mode Otomatis Sistem FCU	43
Gambar 3.11 Blok Diagram Sistem	54
Gambar 3.12 <i>Power Panel</i>	56
Gambar 3.13 <i>Control Panel</i> 1	57
Gambar 3.14 <i>Control Panel</i> 2	58
Gambar 3.15 <i>Control Panel</i> 3	59
Gambar 3.16 <i>Control Panel</i> 4	60

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3.17 <i>Room Control-Field Bus Module RBW4305</i>	61
Gambar 3.18 <i>Power Panel</i>	62
Gambar 3.19 <i>Control Panel</i>	62
Gambar 3.20 <i>Sistem AHU</i>	62
Gambar 3.21 <i>Plant 01-Reset Alarm</i>	66
Gambar 3.22 <i>Group 01-Reset Alarm</i>	67
Gambar 3.23 <i>Properties reset switch</i>	67
Gambar 3.24 <i>Group-02 Alarms DDC</i>	68
Gambar 3.25 <i>Plant 03-AHU</i>	68
Gambar 3.26 <i>Group-01 Open Close Damper</i>	69
Gambar 3.27 <i>Dly Squence Marker 04 (a) dan Marker 05 (b)</i>	69
Gambar 3.28 <i>Marker 01 Mode Auto Damper AHU</i>	70
Gambar 3.29 <i>Marker 07 Mode Auto Damper EF</i>	70
Gambar 3.30 <i>Marker 02 Mode Manual Damper AHU</i>	71
Gambar 3.31 <i>Marker 02 Mode Manual Damper AHU</i>	71
Gambar 3.32 <i>Marker 03-Marker Utama Open Close Damper AHU</i>	72
Gambar 3.33 <i>Marker 09-Marker Utama Open Close Damper EF</i>	72
Gambar 3.34 <i>Group 02-Start Stop AHU EF</i>	72
Gambar 3.35 <i>Marker 08-Dly squenc dengan F007.01 untuk off delay</i>	73
Gambar 3.36 <i>Marker 01 Mode Auto VSD AHU</i>	73
Gambar 3.37 <i>Marker 02 Mode Manual VSD AHU</i>	74
Gambar 3.38 <i>Marker 03-Marker Utama Start Stop VSD AHU</i>	74
Gambar 3.39 <i>Marker 09 Dly squenc dengan F007.01 untuk on delay</i>	74
Gambar 3.40 <i>Marker 04 Mode Auto Start Stop EF</i>	75
Gambar 3.41 <i>Marker 05 Mode Manual EF</i>	76
Gambar 3.42 <i>Marker 03-Marker Utama Start Stop VSD AHU</i>	76
Gambar 3.43 <i>Group 03-General alarm AHU</i>	77
Gambar 3.44 <i>Program Alarm Mayor AHU dan EF</i>	77
Gambar 3.45 <i>Setting FB_IR.01 (BACnet Message)</i>	77
Gambar 3.46 <i>Program Alarm Minor Sistem AHU</i>	78
Gambar 3.47 <i>Group 04-PID Sistem AHU</i>	79
Gambar 3.48 <i>Properties S324-Scaling</i>	79
Gambar 3.49 <i>Pin 4 room temperature pada RBW4305</i>	80
Gambar 3.50 <i>Plant 05-Indicator</i>	80
Gambar 3.51 <i>Group 01-Group 01 Plant Indicator</i>	80
Gambar 3.52 <i>Plant 06-Room</i>	81
Gambar 3.53 <i>Group 01- Lamp untuk on/off Lamp Room</i>	81
Gambar 3.54 <i>Datapoints per Slave pada Program MBS Gateway</i>	82
Gambar 3.55 <i>Slaves present pada Program MBS Gateway</i>	83
Gambar 3.56 <i>Data Program MBS Gateway</i>	83
Gambar 3.57 <i>Upload Program modmster1.txt pada MBS Gateway</i>	84
Gambar 3.58 <i>Upload Program dispatch.txt pada MBS Gateway</i>	84
Gambar 3.59 <i>Upload Program bac1.txt pada MBS Gateway</i>	85
Gambar 3.60 <i>Modbus datapoints status pada MBS Gateway</i>	85
Gambar 3.61 <i>BACnet datapoints status pada MBS Gateway</i>	86
Gambar 3.62 <i>BACnet Device pada PS4000</i>	87
Gambar 3.63 <i>Konfigurasi Plant pada Customer Level Base Setting</i>	88
Gambar 3.64 <i>Customer Level Sistem AHU</i>	91



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3.65 <i>Customer Level Trend Data</i>	92
Gambar 3.66 <i>Configuration</i> pada HMI TPC-70	92
Gambar 4.1 Kondisi HMI TPC70 Tanpa <i>Login User</i>	91
Gambar 4.2 Pemilihan <i>User</i> (a), Memasukkan <i>Password</i> (b), dan Kondisi <i>Login</i> (c)	91
Gambar 4.3 Pengujian Program <i>Security System</i> DDC Tanpa <i>Login User Plant</i> Sistem AHU	92
Gambar 4.4 Pengujian Program <i>Security System</i> DDC dengan <i>Login User Plant</i> Sistem AHU	93
Gambar 4.5 Pengujian Program <i>Security System</i> DDC pada mode <i>Auto Logoff</i> ..	93
Gambar 4.6 Mode Manual kondisi Semua Peralatan Sistem OFF	104
Gambar 4.7 Mode Manual Semua Peralatan Sistem ON	104
Gambar 4.8 <i>Schedule System</i> Sistem AHU	110
Gambar 4.9 <i>Timechart</i> Mode Otomatis <i>Plant</i> Sistem AHU	114
Gambar 4.10 Kondisi Seluruh Tampilan HMI ketika <i>Trip Fan</i> AHU (a) dan Kondisi Seluruh Tampilan HMI ketika <i>Trip Fan</i> AHU direset (b)	120
Gambar 4.11 Kondisi Seluruh Tampilan HMI ketika <i>Trip EF</i> (a) dan Kondisi Seluruh Tampilan HMI ketika <i>Trip EF</i> direset (b)	121
Gambar 4.12 Modbus Master <i>Datapoints</i> Status pada <i>MBS Gateway</i>	126
Gambar 4.13 BACnet <i>Datapoint</i> Status pada <i>MBS Gateway</i>	126
Gambar 4.14 <i>Trend</i> Tegangan pada Sistem AHU	131
Gambar 4.15 <i>Trend</i> Arus pada Sistem AHU	132
Gambar 4.16 <i>Trend</i> Frekuensi pada Sistem AHU	132
Gambar 4.17 <i>Trend</i> Total Energi Aktif pada Sistem AHU	132
Gambar 4.18 <i>Trend Cos Phi</i> pada Sistem AHU	133
Gambar 4.19 <i>Trend</i> Daya pada Sistem AHU	133
Gambar 4.20 <i>Trend Temperature Duct Supply</i> – TIC_01.01 pada Sistem AHU	133
Gambar 4.21 <i>Trend Humidity Duct Supply</i> – HIC_01.01 pada Sistem AHU	134
Gambar 4.22 <i>Trend Pressure Duct Supply</i> – PIC_01.01 pada Sistem AHU	134
Gambar 4.23 <i>Trend Temperature Duct Return</i> – TI_01.01 pada Sistem AHU ..	134
Gambar 4.24 <i>Trend Humidity Duct Return</i> – HI_01.01 pada Sistem AHU	135
Gambar 4.25 <i>Trend Room Temperature</i> pada Sistem AHU	135
Gambar 4.26 Tampilan File <i>Data Trend</i> .XML	135
Gambar 4.27 Rangkaian Pengujian Sensor Temperatur <i>Duct Supply</i>	140
Gambar 4.28 Rangkaian Pengujian Sensor Temperatur <i>Duct Return</i>	140
Gambar 4.29 Rangkaian Pengujian Sensor <i>Humidity Duct Supply</i>	141
Gambar 4.30 Rangkaian Pengujian Sensor <i>Humidity Duct Return</i>	141
Gambar 4.31 Rangkaian Pengujian Sensor <i>Pressure Duct Supply</i>	142
Gambar 4.32 Grafik Regresi Linear Karakteristik Sensor Temperatur <i>Duct Supply</i>	147
Gambar 4.33 Grafik Regresi Linear Karakteristik Sensor Temperatur <i>Duct Return</i>	150
Gambar 4.34 Grafik Regresi Linear Karakteristik Sensor <i>Humidity Duct Supply</i>	152
Gambar 4.35 Grafik Regresi Linear Karakteristik Sensor <i>Humidity Duct Return</i>	154
Gambar 4.36 Grafik Regresi Linear Karakteristik Sensor <i>Pressure Duct Supply</i>	157



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RUMUS

2.1 Aliran Udara Searah.....	7
2.2 Aliran Udara Tidak Searah.....	8
2.3 Kecepatan Rata-Rata Ruangan.....	8
2.4 Persamaan Regresi Linear Sederhana.....	28
2.5 <i>Offset</i> pada Regresi Linear Sederhana.....	29
2.6 Sensitivitas pada Regresi Linear Sederhana.....	29
2.7 Koefisien Korelasi.....	29
2.8 Nilai Absolut <i>Error</i>	30
2.9 Persentase <i>Error</i> Relatif.....	30
2.10 Persentase Akurasi.....	30

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup	165
--	-----



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Building Automation System (BAS) merupakan sistem pengendalian dan pemantauan yang terpusat untuk seluruh peralatan mekanik dan elektrik yang terdapat pada suatu gedung (Chandra et al., 2020). BAS meliputi proses pemrograman, komputerisasi, *intelligent network* dari peralatan elektronik yang memonitor dan mengontrol sistem mekanis dan sistem penerangan dalam sebuah gedung (Mandarani & Zaini, 2015). Umumnya, BAS mengoptimalkan pengendalian sistem dan performansi dari peralatan HVAC (*Heating, Ventilating, and Air Conditioning*) berupa sistem alarm pada suatu gedung untuk meningkatkan kenyamanan pemilik pada pengkondisian udara, optimalisasi energi yang digunakan, dan menyediakan *off-site* kontrol dan monitoring gedung ((Chandra et al., 2020; Mandarani & Zaini, 2015)

Saat ini, Politeknik Negeri Jakarta khususnya di Laboratorium Listrik telah memiliki miniatur BAS untuk sistem HVAC yang terdiri dari sistem *chiller*, sistem *Air Handling Unit* (AHU), dan sistem *Fan Coil Unit* (FCU). BAS menggunakan *Direct Digital Control* (DDC) sebagai *controller* pada sistem yang terhubung dengan peralatan *input* dan *output* sistem. Namun, kinerja dari masing-masing peralatan pada miniatur BAS sistem HVAC belum diketahui.

Kinerja dari masing-masing peralatan pada miniatur BAS untuk sistem HVAC dapat diketahui melalui pembuatan program pada *Direct Digital Control* (DDC) dengan *Planungssystem* 4000 sesuai dengan sistem kerja, pembuatan program komunikasi Modbus ke BACnet pada *MBS Gateway*, dan pembuatan program *Human Machine Interface* (HMI) pada TPC 70 menggunakan *Service Tool*. Kinerja setiap peralatan BAS, cara penggunaan, dan step pemrograman perlu didokumentasikan dengan baik dalam bentuk *jobsheet*. Hal ini sangat penting karena miniatur BAS akan digunakan untuk praktikum mahasiswa TOLI.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dalam skripsi diusulkan pengembangan program yang akan disusun dalam bentuk *jobsheet* miniatur BAS untuk sistem HVAC pada laboratorium listrik. Program pada *jobsheet* tersebut akan dijadikan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

acuan untuk menguji kinerja sistem. Pengujian kinerja sistem pada miniatur BAS untuk sistem HVAC pada laboratorium listrik akan dilakukan secara langsung pada masing-masing peralatan yang ada pada setiap sistem. Salah satu sistem yang dibahas penulis adalah sistem AHU. Sistem AHU akan diuji berdasarkan kinerja pada *security system*, mode manual, mode otomatis, mode gangguan, komunikasi Modbus ke BACnet dengan *gateway*, monitoring menggunakan *trend*, dan kinerja sensor dengan menggunakan BAS. Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, maka penulis mengambil judul “**Kinerja Sistem Air Handling Unit pada Building Automation System Laboratorium Listrik**”.

1.2 Perumusan Masalah

Miniatur BAS untuk sistem HVAC terdiri dari sistem *chiller*, sistem *Air Handling Unit* (AHU), dan sistem *Fan Coil Unit* (FCU). Namun pada skripsi ini Batasan permasalahan hanya pada sistem AHU yang didokumentasikan dalam bentuk *jobsheet*. Masalah yang akan dibahas pada sistem AHU untuk miniatur sistem HVAC adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana program DDC *controller* untuk sistem AHU?
2. Bagaimana program *Human Machine Interface* (HMI) TPC-70 untuk sistem AHU?
3. Bagaimana program MBS *Gateway* untuk komunikasi modbus ke BACnet pada sistem AHU?
4. Bagaimana kesesuaian deskripsi sistem AHU?
5. Bagaimana tampilan data *trend* pada HMI TPC-70 sistem AHU?
6. Bagaimana pengujian peralatan sistem AHU?

1.3 Tujuan

1. Mengimplementasikan program DDC *controller* untuk sistem AHU pada miniatur BAS untuk sistem HVAC pada laboratorium listrik.
2. Mengimplementasikan program HMI TPC-70 untuk sistem AHU pada miniatur BAS untuk sistem HVAC laboratorium listrik.
3. Mengimplementasikan program MBS *Gateway* untuk sistem AHU pada miniatur BAS sistem HVAC laboratorium listrik.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Mengimplementasikan deskripsi yang sesuai dengan pedoman ASHRAE untuk sistem AHU pada miniatur BAS sistem HVAC laboratorium listrik
5. Menampilkan dan menyimpan *trend* sistem AHU pada miniatur BAS untuk sistem HVAC laboratorium listrik.
6. Memperoleh pemahaman mengenai performa peralatan sistem AHU pada miniatur BAS untuk sistem HVAC laboratorium listrik.

1.4 Luaran

1. Laporan skripsi yang berjudul Desain dan Analisis Kinerja *Heating Ventilating Air Conditioning – Building Automation System* Pada Laboratorium Listrik
2. Artikel ilmiah yang diterbitkan pada jurnal *electricies*
<http://jurnal.pnj.ac.id/index.php/electric>
3. HKI Hak Cipta Pemrograman Komputer
4. *Jobsheet* laboratorium HVAC-BAS

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan pembahasan dan hasil analisa pengujian, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. *Security system* miniatur BAS untuk sistem HVAC pada *plant* sistem AHU telah berhasil diaplikasikan untuk membatasi hak akses tiap *user*.
2. *Security system* miniatur BAS untuk sistem HVAC pada *plant* sistem AHU berhasil diatur untuk mode *auto logoff* yang akan aktif setelah 10 menit *user* yang *login* tidak melakukan aktivitas berupa sentuhan pada HMI maupun *input* pada sistem.
3. Mode manual pada *plant* sistem AHU berhasil digunakan untuk mengoperasikan seluruh *device* sesuai kondisi manual tiap *device*.
4. *Override switch* yang digunakan untuk mode manual pada HMI TPC-70 berhasil digunakan untuk prosedur *start up* unit, *commissioning*, dan *troubleshooting* sistem dengan indikator visual sebagai status *output*.
5. *Status input* yang ada pada *plant* sistem AHU telah berhasil mendeteksi kondisi *on/off* pada *device* dan *status input* dapat diproses pada DDC serta ditampilkan pada HMI TPC-70.
6. *Output digital* pada mode manual *plant* sistem AHU akan bereaksi setelah diberi perintah dari *controller* dalam waktu ± 1 detik.
7. *Analog motorized damper* (MD3) pada *plant sistem* AHU *persentase error* rata-rata sebesar 1,57% dan akurasi posisi rata-rata sebesar 98,43%. Kondisi ini masih memenuhi standar akurasi posisi pada *datasheet* NM24A-SR sebesar 5%.
8. Kontrol *valve* pada *plant sistem* AHU berhasil diatur pada posisi 0-100% dan digunakan pada *continuous control*.
9. *Pin analog output* DDC yang terhubung pada VSD *fan* AHU mengalami deviasi rata-rata sebesar 0,29% sehingga terjadi selisih antara frekuensi yang ditampilkan pada VSD dengan masukan frekuensi manual dari DDC.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

10. Mode otomatis pada *plant* sistem AHU berhasil dioperasikan berdasarkan *sequence system* sesuai dengan waktu *schedule on* dan *off* yang ditentukan oleh *user*.
11. *Sequence system* berhasil diimplementasikan untuk kondisi operasi bersamaan, *safety operation*, dan *safety shutdown* pada *plant* sistem AHU.
12. Kontrol PID pada *plant* sistem AHU dapat mengatur kondisi *actuator* yang ditentukan untuk menjaga *setpoint* yang ditentukan. Namun, kontrol PID belum dapat menjaga kondisi *setpoint* yang ditentukan karena kondisi *plant* sistem AHU berupa *open loop control system*.
13. Mode gangguan pada *plant* sistem AHU berhasil mendeteksi gangguan mayor maupun minor dan mampu menampilkan *message alarm* dengan selang waktu ± 2 detik setelah gangguan terdeteksi.
14. *Alarm message* pada HMI TPC-70 berhasil menerima beberapa *message alarm* dalam selang waktu 1-5 detik.
15. *Alarm minor* pada *plant* sistem AHU telah berhasil mengimplementasikan *alarm limit* yang akan aktif apabila pembacaan sensor atau parameter melebihi limit yang ditentukan.
16. Komunikasi Modbus ke BACnet pada *power meter* menggunakan MBS *Gateway* berhasil menampilkan data yang sesuai pada *timestamp* yang sama.
17. Komunikasi Modbus ke BACnet pada VSD menggunakan MBS *Gateway* berhasil menampilkan data yang sesuai pada *timestamp* yang sama dan berhasil digunakan untuk kontrol pada VSD menggunakan DDC.
18. *Trend* yang ditampilkan pada *plant* sistem AHU dapat diatur pada posisi X/Y sesuai kebutuhan *user* dan dapat dilihat berdasarkan periode waktu, hari, dan bulan. Selain itu, *trend log* pada *plant* sistem AHU juga dapat disimpan atau di-*export* dalam format standar seperti .XML.
19. Sensor temperatur *duct supply* pada *plant* sistem AHU memiliki respons tegangan keluaran sensor mendekati linear dengan sensitivitas sensor sebesar 0,0103 V/°C, *offset* sebesar 2,713 V, koefisien korelasi sebesar 0,997, dan koefisien determinasi sebesar 0.995.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

20. Sensor temperatur *duct return* pada *plant* sistem AHU memiliki respons tegangan keluaran sensor mendekati linear dengan sensitivitas sensor sebesar $0,0102 \text{ V}/^\circ\text{C}$, *offset* sebesar $2,7169 \text{ V}$, koefisien korelasi sebesar $0,997$, dan koefisien determinasi sebesar 0.995 .
21. Sensor *humidity duct supply* pada *plant* sistem AHU memiliki respons tegangan keluaran sensor mendekati linear dengan sensitivitas sensor sebesar $0,1053 \text{ V}/\%$, *offset* $0,0001 \text{ V}$, koefisien korelasi sebesar $0,998$, dan koefisien determinasi sebesar 0.997 .
22. Sensor *humidity duct return* pada *plant* sistem AHU memiliki respons tegangan keluaran sensor mendekati linear dengan sensitivitas sensor sebesar $0,0949 \text{ V}/\%$, *offset* sebesar $0,2705 \text{ V}$, koefisien korelasi sebesar $0,981$, dan koefisien determinasi sebesar $0,963$.
23. Sensor *pressure duct supply* pada *plant* sistem AHU memiliki respons tegangan keluaran sensor mendekati linear dengan sensitivitas sensor sebesar $0,0098 \text{ V}/\text{Pa}$, *offset* sebesar $0,1395 \text{ V}$, koefisien korelasi sebesar $0,9994$, dan koefisien determinasi sebesar 0.9989 .
24. Sensor temperatur ruangan *plant* sistem AHU dapat disetting untuk mengatur *setpoint*, *override switch* dan menampilkan *display* pembacaan sensor. Namun, *setting* yang digunakan hanya untuk menampilkan *display* sesuai dengan cara kerja sistem *plant* AHU yang umum digunakan pada industri atau gedung bertingkat.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis untuk miniatur BAS sistem HVAC pada *plant* sistem AHU diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Desain *plant* sistem AHU perlu dikembangkan untuk membentuk *close loop control system* melalui penambahan *ducting* pada *plant*, penambahan miniatur ruangan tertutup, miniatur *damper*, miniatur *cooling coil*, menambahkan *fan* untuk EF, dan mengganti *fan* AHU yang digunakan dengan *fan* yang memiliki kapasitas untuk menghasilkan *airflow* yang sesuai untuk miniature ruangan.

2. Menambahkan peralatan pengujian kinerja seperti manometer (*airflow meter*) untuk memastikan kinerja *dampers*, kalibrator temperatur, kalibrator *relative humidity*, dan kalibrator *pressure* untuk menguji kinerja sensor pada *plant* sistem AHU.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





DAFTAR PUSTAKA

- 3-Wire RTD PT100 Temperature Sensor. (n.d.). <https://www.hackster.io/instrumentation-system/3-wire-rtd-pt100-temperature-sensor-a0f0d2>
- Agung, M. (2021). PERANCANGAN SISTEM HEATING VENTILATING AIR CONDITIONING PADA AHU-05 DI PROYEK PT TEMPO SCAN PACIFIC , TBK (Issue April).
- Abidin, Z. (2014). Penyedia Daya Cadangan Menggunakan Inverter. *Intekna*, 14(2), 102–209.
- Air Cooled Chiller*. (n.d.). Retrieved June 27, 2021, from <https://emschiller.com/>
- Akhyar, & Zaini. (2018). Building Automation System (Bas) Menggunakan Smart Metering. *TEKNOIF*, 6(2), 55–63. <https://doi.org/10.21063/JTIF.2018.V6.2>.
- Ansi/Ashrae. (2004). ANSI/ASHRAE 55:2004 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. *Ashrae*, 2004, 30.
- Anusha. (n.d.). *Humidity Sensor – Types and Working Principle*. Retrieved June 28, 2021, from <https://www.electronicshub.org/humidity-sensor-types-working-principle/>
- Apa Perbedaan Antara RTD 2, 3, dan 4 Kawat?* (n.d.). Retrieved July 22, 2021, from <http://momentous.id/2020/10/12/apa-perbedaan-antara-rtd-2-3-dan-4-kawat/>
- ASHRAE. (2017). *DESIGN GUIDE for CLEANROOMS* (M. S. Owen (Ed.)). W. Stephen Comstock.
- ASHRAE Technical Committee. (2015). *ASHRAE Handbook: Heating, Ventilating and Air-Conditioning Applications Inch-Pound Edition* (M. S. Owen (Ed.); Inch-Pound). ASHRAE.
- ASHRAE Technical Committee 9.11, C. S. (2017). *ASHRAE Design Guide for Cleanrooms : Fundamentals, Systems, and Performance* (C. S. ASHRAE Technical Committee 9.11 (Ed.)). ASHRAE Technical Committee 9.11, Clean Spaces.
- Azbil. (n.d.). *Azbil Integrated Building Management System*. Retrieved June 27, 2021, from Azbil Integrated Building Management System
- Cappenberg, A. D. (2020). *Analisis Chiller Dengan Penggunaan R123 Dan R134a Pada Kinerja Pendinginan*. 5(1), 48–57.
- Chandra, W. H., Swamardika, I. B. A., & Pemayun, A. A. G. M. (2020). ANALISIS PENGGUNAAN DDC PADA SISTEM HVAC UNTUK MENINGKATKAN PENGHEMATAN KONSUMSI ENERGI DI HOTEL LANGHAM DISTRICT 8 SCBD JAKARTA. *Jurnal SPEKTRUM*, 7(3), 1–7.
- Chargexbattery. (n.d.). *TECHNICAL SPESIFICATIONS 12 12 AH LITHIUM ION BATTERY*.
- Differential pressure gauge*. (n.d.). Retrieved July 22, 2021, from <https://www.festo-didactic.com/int-en/services/symbols/fluid-power-pneumatics/measuring-and-display-devices/differential-pressure-gauge.htm?fbid=aw50lmvulju1ny4xny4zmi4xmjq3ljy2ntm>
- Domingues, P., Carreira, P., Vieira, R., & Kastner, W. (2016). Building automation systems: Concepts and technology review. *Computer Standards and*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Interfaces*, 45, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2015.11.005>
- ElectGo. (n.d.). *Relay / Structure of Relays and Operating Principles*. Retrieved July 22, 2021, from <https://www.electgo.com/structure-operating-principles-relays/>
- Electric Valves*. (n.d.). Retrieved June 27, 2021, from <https://actuatedvalvesupplies.com/en-us/c/electric-valves-en-us/>
- Faizal, M., & Rudi, H. (2016). PERANCANGAN ULANG SISTEM HVAC PADA GEDUNG PERKANTORAN X DI JAKARTA DENGAN METODE CLTD. *Bina Teknika*, 12(1), 139–142.
- Fan coil units / GMC AIR Hvac Equipment*. (n.d.). Retrieved June 27, 2021, from Fan coil units / GMC AIR Hvac Equipment
- Fengki, F. (2018). *Implementasi Regresi Linear Untuk Memprediksi Lama Waktu Pengiriman Catering Kepada Konsumen Studi Kasus Home Catering Malang*.
- Firmansyah, A., Notosudjono, D., Suhendi, D., Teknik, M., Universitas, E., Bogor, P., Pakuan, J., & Bogor, P. O. B. (n.d.). *Analisa Sistem Otomatis Hvac (Heating , Ventilating , Air Conditioning) Pada Gedung Wisma Bca Pondok Indah*. 1–12.
- Firmansyah, A., Notosudjono, D., Suhendi, D., Teknik, M., Universitas, E., Bogor, P., Pakuan, J., & Bogor, P. O. B. (2012). *Analisa Sistem Otomatis Hvac (Heating , Ventilating , Air Conditioning) Pada Gedung Wisma Bca Pondok Indah*. 1–12.
- Gagani Chamdareno, P., & Setiyo Budi, G. (1979). Studi Penggunaan Sistem Otomasi Terintegrasi Gedung (Building Automation System) Pada Apartemen. *Jurnal Elektum*, 15(2), 51–64.
- HUTAPEA, N. (2020). *RANCANG BANGUN SISTEM UPS SEDERHANA UNTUK KEPERLUAN PENERANGAN MEMANFAATKAN INVERTER PERSEGI EMPAT BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA328*.
- Islahudin, I., Riadi, F., Rosdaniah, R., & Yustina Yuyun, Y. Y. (2019). Rancang Bangun Sensor Tekanan Berbasis Koil Datar Untuk Mengukur Tekanan Hidrostatik Air Bendungan Rawan Banjir Di Wilayah Lombok Nusa Tenggara Barat. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.31764/orbita.v5i1.893>
- Istiningrum, D. T., Arumintia W.S, R. L., Mukhlisin, M., & Rochadi, M. T. (2010). Kajian Kenyamanan Termal Ruang Kuliah Pada Gedung Sekolah C Lantai 2 Politeknik Negeri Semarang. *Wahana TEKNIK SIPIL*, 22(1), 1–16.
- Kho, D. (n.d.-a). *Pengertian Inverter dan Prinsip Kerjanya*. Retrieved August 12, 2021, from <https://teknikelektronika.com/pengertian-inverter-prinsip-kerja-power-inverter/>
- Kho, D. (n.d.-b). *Pengertian Termokopel (Thermocouple) dan Prinsip Kerjanya*. Retrieved June 27, 2021, from <https://teknikelektronika.com/pengertian-termokopel-thermocouple-dan-prinsip-kerjanya/>
- Kho, D. (n.d.-c). *Pengertian Thermistor (NTC dan PTC) beserta Karakteristiknya*. Retrieved June 27, 2021, from <https://teknikelektronika.com/pengertian-thermistor-ntc-ptc-karakteristik/>
- Komparatif, S., & Avr, A. (n.d.). *Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22*.
- Konsep Dasar Penyearah Gelombang (Rectifier)*. (2012). <http://elektronika-dasar.web.id/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier/>



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Main-parts-of-a-chiller*. (n.d.). Retrieved June 27, 2021, from <https://theengineeringmindset.com/water-cooled-chiller-design-data/main-parts-of-a-chiller/>
- Makmur, H. (n.d.). *Sistem AC (Air Conditioner) Sentral*. Retrieved July 22, 2021, from <https://docplayer.info/44822916-Sistem-ac-air-conditioner-sentral.html>
- Mohamed, N., Lazarova-molnar, S., & Al-jaroodi, J. (n.d.). *CE-BEMS: A Cloud-Enabled Building Energy Management System*.
- Niedenführ, P. (n.d.). *Understanding the difference between absolute, gage and differential pressure*. Retrieved July 22, 2021, from <https://blog.first-sensor.com/en/select-pressure-sensors/>
- Panke, R. A. (2002). *Energy Management Systems and Direct Digital Control*. In *Energy Management Systems and Direct Digital Control*. <https://doi.org/10.1201/9781003150992>
- POWERTECH. (n.d.). *Motorized Volume Control Damper*. Retrieved June 27, 2021, from <http://powertechac.com/motorized-volume-control-damper/>
- Robhani, H. A., & Ro'uf, A. (2018). Perancangan Flowmeter Ultrasonik untuk Mengukur Debit Air Pada Pipa. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 8(1), 83. <https://doi.org/10.22146/ijeis.31774>
- Rotronic. (n.d.). *THE CAPACITIVE HUMIDITY SENSOR*. Retrieved June 28, 2021, from https://www.rotronic.com/en/humidity_measurement-feuchtemessung-mesure_de_1_humidite/capacitive-sensors-technical-notes-mr
- Setiawan, A., Prihartono, J., & Subekti, P. (2014). Perhitungan Beban Pendinginan Instalasi Tata Udara Sistem Fan Coil Chilled Water Di Gedung Showroom Mobil Jakarta. *Jurnal Aptek, Vol. 6 No.*, 33–42.
- SNI. (2001). *SNI 03-6572-2001- Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung*. 1–55.
- SUPMEA. (n.d.). *Universal Pressure Transmitter for Application*.
- Suprayogi, M. R. (2014). *ANALISIS AUDIT ENERGI PADA BEBAN HVAC (HEAT, VENTILATION, AND AIR CONDITIONING) DI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH Dr. SAIFUL ANWAR MALANG*. 10.
- Supri. (n.d.). *UPS Offline, UPS Online, Dan UPS Line Interactive, Perbedaan Dan Cara Kerjanya*. Retrieved August 12, 2021, from <https://www.spiderbeat.com/ups-offline-ups-online-dan-ups-line-interactife/>
- SUPRIANTO. (n.d.). *PENYEARAH SETENGAH GELOMBANG (HALF WAVE)*. Retrieved August 12, 2021, from <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/penyearah-setengah-gelombang-half-wave/>
- Syahrizal, I., Panjaitan, S., & Udara, P. P. (2013). Analisis Konsumsi Energi Listrik Pada Sistem Pengkondisian Udara Berdasarkan Variasi Kondisi Ruangan (Studi Kasus Di Politeknik Terpikat Sambas). *Elkha*, 5(1), 14–20.
- Teknik, J., Bandara, L., & Surabaya, P. P. (2018). *PROTOTYPE KONTROL DAN MONITORING FCU (FAN COIL UNIT) SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI POLITEKNIK PENERBANGAN*. September, 1–5.
- Teten Dian Hakim, M. (2019). *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna Vol. 7 No.2 Februari 2019* 35. 7(2), 35–44.
- Vented Lead Acid Battery*. (n.d.). Retrieved August 12, 2021, from <https://www.avatecpower.com/products-vented-lead-acid-ogi.php#upper>
- Wang, W., Brambley, M. R., Kim, W., Somasundaram, S., & Stevens, A. J. (2018).

Automated point mapping for building control systems: Recent advances and future research needs. *Automation in Construction*, 85(July 2017), 107–123. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.013>

Yamatake Corporation. (2005). *Instrumentaion Guide Comfort Control*.

Yuasa. (2016). Yuasa Technical Data Sheet. *Datasheet*, V, 2016.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup



Muhammad Agung

Lahir di Jakarta pada 15 Mei 1999, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara Almarhum Bapak Sidik dan Ibu Puji Astuti. Penulis Lulus dari SDN Utan Jaya tahun 2011, SMPN 9 Depok tahun 2014, dan SMKN 2 Depok tahun 2017. Sampai penulisan ini selesai, penulis masih terdaftar sebagai mahasiswa aktif pada program studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

