



© 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 *CHILLER* DAN *FAN COIL UNIT* PADA  
*BUILDING AUTOMATION SYSTEM* LABORATORIUM LISTRIK**

**SKRIPSI**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**Fikri Dwi Nugroho  
4317040023**

**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 : Fikri Dwi Nugroho

NIM : 4317040023

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 : Fikri Dwi Nugroho  
NIM : 4317040023  
Program Studi : Teknik Otomasi Listrik Industri  
Judul Skripsi : Kinerja Sistem *Chiller* dan *Fan Coil Unit*  
pada *Building Automation System*  
Laboratorium Listrik

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada Senin, 09 Agustus 2021 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : Murie Dwiyaniti, S.T., M.T  
NIP. 19780331 200312 2 002

Pembimbing II : A. Damar Aji, S.T., M.Kom  
NIP. 19590812 198403 1 005

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

Depok, 23 Agustus 2021

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. Sri Danaryani, M.T.

NIP. 19630503 199103 2 001





**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

## 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 penulis yaitu Kinerja Sistem *Chiller* dan *Fan Coil Unit* pada *Building Automation System* Laboratorium Listrik. Skripsi ini terpasang di Laboratorium *Building Automation System* agar dapat diketahui kinerja dari peralatan miniatur BAS yang terdapat pada Laboratorium tersebut.

Penulisan menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dan 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. selaku dosen pembimbing I dan A. Damar Aji, S.T., M.Kom. sebagai pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Heru Suryo Wibowo dan Taufik Hasbulloh sebagai pembimbing dari PT Teknik Inti Mandiri yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.
4. Muhammad Agung sebagai partner yang kompak dalam menyelesaikan skripsi.
5. Teman-teman TOLI 2017 dan semua pihak yang telah banyak membantu dan memberi dukungan terhadap penulisan skripsi ini.

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

Depok, Agustus 2021

Penulis



## Kinerja Sistem Chiller dan Fan Coil Unit pada *Building Automation System* Laboratorium Listrik

### ABSTRAK

*Sistem HVAC memerlukan sebuah sistem kontrol untuk mengoptimalkan kerjanya yang disebut Building Automation System (BAS). Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja miniatur BAS sistem HVAC Laboratorium Listrik PNJ khususnya untuk sistem Chiller dan Fan Coil Unit (FCU). Controller Miniatur BAS tersebut menggunakan DDC yang terdiri dari program mode manual, auto dan gangguan. Kinerja peralatan BAS pada sistem Chiller dan FCU dapat diketahui dengan pengujian pada security system, mode manual, auto, gangguan dan sensor. Security system pada sistem Chiller dan FCU dapat mengatur akses tiap user dan Human Machine Interface (HMI) dapat auto logoff setelah 10 menit. Pengujian mode manual menunjukkan bahwa peralatan digital input berfungsi dengan baik, digital output dapat dioperasikan menggunakan override switch dan analog output sistem Chiller memiliki 1,65% error dan 1,69% error pada sistem FCU. Pengujian mode auto menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi sesuai dengan schedule. Pengujian gangguan menghasilkan bahwa kondisi gangguan trip menyebabkan muncul message alarm mayor dan kondisi gangguan sensor menyebabkan muncul message alarm minor pada HMI. Trend data sensor dapat ditampilkan pada HMI berbentuk sebuah grafik serta data tersebut dapat di-backup dan di-transfer ke PC/laptop dengan format .xml. Pengujian kinerja sensor menunjukkan bahwa sensor tersebut masih dalam keadaan baik karena nilai offset dan sensitivitas sensor hampir sama dengan datasheet.*

**Kata kunci:** BAS; Chiller; DDC; FCU; HVAC

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## *Chiller and Fan Coil Unit System Performance in Electrical Laboratory Building Automation System*

### **ABSTRACT**

*The HVAC system requires a control system to optimize its work which calls the Building Automation System (BAS). This study has purposed to determine the performance of the PNJ Electrical Laboratory HVAC miniature BAS system, especially for the Chiller and Fan Coil Unit (FCU) system. The Miniature BAS uses a DDC controller that consists of manual, auto, and interrupt mode programs. The performance of BAS equipment on Chiller and FCU systems can be determined by testing the security system, manual, automatic, interrupt modes, and sensors. The security system on the Chiller and FCU systems can manage access for each user, and the Human Machine Interface (HMI) can auto log off after 10 minutes. The results from the manual mode test indicate that the digital input devices properly work, the override switch can operate the digital output, and the analogue output Chiller system has 1,65% errors and 1,69% errors in the FCU system. The results from the automatic mode test show that the system is operating according to the schedule. The results from the interrupt mode test show that the trip condition causes a major and a sensor fault condition causes a minor alarm. HMI displayed both alarm messages. HMI can display trend data charts, and the data can be back up and transferred to a PC/laptop in .xml format. The results from the sensor test show that the sensor is still in good condition because the offset value and sensor sensitivity are almost like in the datasheet.*

**Keywords:** *BAS; Chiller; DDC; FCU; HVAC*

**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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR RUMUS .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Luaran.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Kenyamanan Ruangan.....	3
2.1.1 Faktor Kenyamanan Termal.....	3
2.2 Sistem <i>Heating, Ventilating, and Air Conditioning</i> (HVAC).....	4
2.2.1 Sistem Pemanas.....	5
2.2.2 Sistem Ventilasi .....	5
2.2.3 Sistem Pengkodisian Udara.....	5
2.2.4 Komponen Utama Dalam Sistem HVAC .....	7
2.3 <i>Building Energy Management System</i> .....	10
2.4 <i>Building Automation System</i> (BAS) .....	11
2.4.1 Sensor.....	13
2.4.2 <i>Output Devices</i> .....	21
2.5 <i>Direct Digital Control</i> (DDC).....	22
2.5.1 <i>PID Control</i> .....	23
2.6 <i>Uninterruptible Power Supply</i> (UPS).....	25
2.7 Metode Regresi Linier Sederhana .....	33
2.8 Koefisien Korelasi .....	33
2.8 <i>Relative Error</i> .....	34
<b>BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....</b>	<b>35</b>

### 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1	Rancangan Alat .....	35
3.1.1	Deskripsi Alat .....	35
3.1.2	Cara Kerja Alat .....	37
3.1.3	Spesifikasi Alat .....	46
3.1.4	Diagram Blok .....	53
3.2	Realisasi Alat.....	54
3.2.1	Wiring Diagram.....	54
3.2.2	Realisasi Miniatur BAS untuk Sistem HVAC .....	60
3.2.3	Realisasi Program Kontrol Miniatur BAS untuk Sistem HVAC .....	62
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>		<b>85</b>
4.1	Pengujian <i>Security System</i> DDC pada Sistem <i>Chiller</i> dan <i>Fan Coil Unit</i> (FCU) .....	85
4.1.1	Deskripsi Pengujian .....	85
4.1.2	Prosedur Pengujian .....	85
4.1.3	Data Hasil Pengujian.....	86
4.1.4	Analisa Data .....	87
4.2	Pengujian Program DDC Mode Manual Sistem <i>Chiller</i> dan <i>Fan Coil Unit</i> (FCU) .....	88
4.2.1	Deskripsi Pengujian .....	89
4.2.2	Prosedur Pengujian .....	89
4.2.3	Hasil Data Pengujian.....	89
4.2.4	Analisa Data .....	97
4.3	Pengujian Program DDC Mode <i>Auto</i> Sistem <i>Chiller</i> dan <i>Fan Coil Unit</i> (FCU) .....	100
4.3.1	Deskripsi Pengujian .....	100
4.3.2	Prosedur Pengujian .....	100
4.3.3	Data Hasil Pengujian.....	101
4.3.4	Analisa Data .....	105
4.4	Pengujian Program DDC Mode Gangguan Sistem <i>Chiller</i> dan <i>Fan Coil Unit</i> (FCU) .....	107
4.4.1	Deskripsi Pengujian .....	107
4.4.2	Prosedur Pengujian .....	107
4.4.3	Data Hasil Pengujian.....	109
4.4.4	Analisa Data .....	110
4.5	Pengujian <i>Trend Data</i> Sistem <i>Chiller</i> dan <i>Fan Coil Unit</i> (FCU) .....	112
4.5.1	Deskripsi Pengujian .....	112





## © 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

4.5.2	Prosedur Pengujian .....	112
4.5.3	Data Hasil Pengujian.....	113
4.5.4	Analisa Data .....	115
4.6	Pengujian Kinerja Sensor pada Sistem <i>Chiller</i> dan <i>Fan Coil Unit</i> (FCU) .....	116
4.6.1	Deskripsi Pengujian .....	116
4.6.2	Prosedur Pengujian .....	117
4.6.3	Data Hasil Pengujian.....	117
4.6.4	Analisa Data .....	119
4.7	Pengujian <i>Uninterruptible Power Supply</i> (UPS) pada Miniatur BAS Laboratorium Listrik .....	127
4.7.1	Deskripsi Pengujian .....	127
4.7.2	Prosedur Pengujian .....	128
4.7.3	Data Hasil Pengujian.....	129
4.7.4	Analisa Data .....	132
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>134</b>
5.1	Kesimpulan.....	134
5.2	Saran .....	136
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>137</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>140</b>
Lampiran 1	Daftar Riwayat Hidup.....	140

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Chiller</i> .....	8
Gambar 2.2 Komponen <i>Chiller</i> .....	8
Gambar 2.3 <i>Fan Coil Unit</i> (FCU).....	9
Gambar 2.4 Komponen FCU .....	10
Gambar 2. 5 Arsitektur <i>Building Energy Management System</i> .....	11
Gambar 2.6 Arsitektur <i>Building Automation System</i> (BAS).....	12
Gambar 2.7 Sensor RTD PT100 .....	13
Gambar 2.8 Sensor RTD 2 Kabel .....	14
Gambar 2.9 Sensor RTD 3 Kabel .....	14
Gambar 2.10 Sensor RTD 4 Kabel .....	14
Gambar 2.11 Bentuk dan simbol sensor NTC .....	15
Gambar 2.12 Bentuk dan simbol sensor PTC .....	15
Gambar 2.13 Sensor <i>Thermocouple</i> .....	16
Gambar 2.14 Sensor Kelembapan Relatif Kapasitif .....	18
Gambar 2.15 Sensor Kelembapan Relatif Resistif.....	18
Gambar 2.16 Simbol sensor tekanan.....	18
Gambar 2.17 <i>Absolute Pressure Sensor</i> .....	19
Gambar 2.18 <i>Sensor Pressure Gauge</i> .....	19
Gambar 2.19 <i>Differential Pressure Sensor</i> .....	20
Gambar 2.20 <i>Wiring diagram pressure transmitter 2 wires</i> .....	20
Gambar 2.21 <i>Wiring diagram pressure transmitter 3 wires</i> .....	20
Gambar 2.22 Relay.....	21
Gambar 2.23 Aktuator pada Damper .....	21
Gambar 2.24 Aktuator pada Valve.....	22
Gambar 2.25 Blok Diagram DDC.....	23
Gambar 2.26 Grafik Kontrol Proposional.....	24
Gambar 2.27 Grafik Kontrol Proposional – Integral .....	24
Gambar 2.28 Grafik Kontrol Proposional Integral Derivatif .....	25
Gambar 2.29 Baterai VRLA .....	26
Gambar 2.30 Baterai VLA .....	26
Gambar 2.31 Baterai Li-Ion .....	27
Gambar 2.32 Rangkaian penyearah setengah gelombang.....	27
Gambar 2.33 Gelombang hasil penyearah setengah gelombang .....	28
Gambar 2.34 Rangkaian penyearah gelombang penuh 2 dioda.....	28
Gambar 2.35 Gelombang hasil penyearah 2 dioda .....	29
Gambar 2.36 Rangkaian penyearah gelombang penuh <i>bridge rectifier</i> .....	29
Gambar 2.37 Siklus positif <i>bridge rectifier</i> .....	29
Gambar 2.38 Siklus negatif <i>bridge rectifier</i> .....	30
Gambar 2.39 Gelombang hasil rangkaian <i>bridge rectifier</i> .....	30
Gambar 2.40 Rangkaian sederhana inverter .....	31
Gambar 2.41 Rangkaian UPS <i>Off line</i> .....	31
Gambar 2.42 Rangkaian UPS <i>Line Interactive</i> .....	32
Gambar 2.43 Rangkaian UPS <i>Online Double-Conversion</i> .....	32
Gambar 3.1 Desain alat .....	35
Gambar 3.2 P&ID Sistem <i>Chiller</i> .....	37
Gambar 3.3 P&ID Sistem AHU .....	38
Gambar 3.4 P&ID Sistem FCU.....	39

### 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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3.5 <i>Flowchart</i> Mode Manual Sistem <i>Chiller</i> .....	40
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> Mode Manual Sistem AHU .....	41
Gambar 3.7 <i>Flowchart</i> Mode Manual Sistem FCU .....	42
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> Mode Otomatis Sistem <i>Chiller</i> .....	43
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Mode Otomatis Sistem AHU.....	44
Gambar 3.10 <i>Flowchart</i> Mode Otomatis Sistem FCU .....	45
Gambar 3.11 Blok Diagram Sistem .....	53
Gambar 3.12 <i>Power Panel</i> .....	55
Gambar 3.13 <i>Control Panel</i> 1 .....	56
Gambar 3.14 <i>Control Panel</i> 2 .....	57
Gambar 3.15 <i>Control Panel</i> 3 .....	58
Gambar 3.16 <i>Control Panel</i> 4 .....	59
Gambar 3.17 <i>Room Control-Field Bus Module</i> RBW4305 .....	60
Gambar 3.18 <i>Power Panel</i> .....	61
Gambar 3.19 <i>Control Panel</i> .....	61
Gambar 3.20 Sistem <i>Chiller</i> .....	61
Gambar 3.21 Sistem FCU .....	62
Gambar 3.22 <i>Plant</i> 01-Reset Alarm .....	64
Gambar 3.23 <i>Group</i> 01-Reset Alarm .....	65
Gambar 3.24 <i>Properties</i> reset switch .....	65
Gambar 3.25 <i>Group-02 Alarms</i> DDC .....	66
Gambar 3.26 <i>Plant-02 Chiller</i> .....	66
Gambar 3.27 <i>Group-01 Start/Stop</i> CHWP <i>Chiller</i> .....	67
Gambar 3.28 Program <i>start stop</i> CHWP.....	67
Gambar 3.29 <i>Object</i> F007 ( <i>Delay</i> )-off <i>delay</i> pada Marker 03 .....	68
Gambar 3.30 Mode <i>Auto</i> CHWP .....	68
Gambar 3.31 Mode Manual CHWP.....	69
Gambar 3.32 Program <i>start/stop</i> <i>Chiller</i> .....	69
Gambar 3.33 <i>Object</i> F007 ( <i>Delay</i> )-on <i>delay</i> pada Marker 03 .....	69
Gambar 3.34 Mode <i>Auto</i> <i>Chiller</i> .....	70
Gambar 3.35 Mode Manual <i>Chiller</i> .....	70
Gambar 3.36 Marker Utama <i>Start Stop</i> <i>Chiller</i> (a) dan <i>Start Stop</i> CHWP (b) .....	70
Gambar 3.37 <i>Group-02 General Alarm</i> <i>Chiller</i> .....	71
Gambar 3.38 Program alarm mayor .....	71
Gambar 3.39 Program alarm minor .....	72
Gambar 3.40 <i>Group-03</i> PID.....	73
Gambar 3.41 <i>Plant</i> 04-FCU .....	73
Gambar 3.42 <i>Group</i> 01- <i>Start Stop</i> FCU .....	74
Gambar 3.43 <i>Group</i> 02-PID FCU .....	75
Gambar 3.44 Tampilan <i>system object</i> <i>Setpoint</i> <i>adjuster</i> RBW4305.....	75
Gambar 3.45 Pin 3 <i>Setpoint</i> <i>adjuster</i> pada RBW4305.....	75
Gambar 3.46 <i>Group</i> 03-General Alarm FCU .....	76
Gambar 3.47 <i>Plant</i> 05- <i>Indicator</i> .....	76
Gambar 3.48 <i>Group</i> 01- <i>Group</i> 01 <i>Plant</i> <i>Indicator</i> .....	77
Gambar 3.49 <i>Plant</i> 06-Room.....	77
Gambar 3.50 <i>Group</i> 01- <i>Lamp</i> untuk on/off <i>Lamp</i> Room .....	77
Gambar 3.51 Konfigurasi <i>Plant</i> pada <i>Costumer</i> <i>Level</i> <i>Base</i> <i>Setting</i> .....	79

### 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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3.52 <i>Costumer Level Sistem Chiller</i> .....	82
Gambar 3.53 <i>Costumer Level Sistem FCU</i> .....	83
Gambar 3.54 <i>Costumer Level Trend Data</i> .....	84
Gambar 4.1 Tampilan <i>plant Chiller</i> sebelum <i>login user</i> .....	86
Gambar 4.2 Tampilan <i>plant FCU</i> sebelum <i>login user</i> .....	86
Gambar 4.3 Tampilan <i>plant Chiller</i> setelah <i>login user</i> .....	87
Gambar 4.4 Tampilan <i>plant FCU</i> setelah <i>login user</i> .....	87
Gambar 4.5 Mengubah <i>set point</i> pada Modul RBW4305 dengan cara menekan (a) lalu memutar <i>knob</i> (b) .....	101
Gambar 4.6 Tampilan <i>schedule</i> yang sudah ditambahkan pada sistem <i>Chiller</i> .....	101
Gambar 4.7 Tampilan sistem <i>Chiller Mode Auto</i> sebelum <i>schedule</i> “ON” .....	102
Gambar 4.8 Tampilan sistem <i>Chiller mode Auto schedule</i> “ON”, CHWP “START” .....	102
Gambar 4.9 Tampilan sistem <i>Chiller mode Auto schedule</i> “ON” sistem “START” .....	102
Gambar 4.10 Tampilan sistem <i>Chiller schedule</i> “OFF” .....	103
Gambar 4.11 Tampilan sistem <i>Chiller schedule</i> “OFF” sistem “STOP” ..	103
Gambar 4.12 <i>Timechart</i> pengujian sistem <i>Chiller mode Auto</i> .....	103
Gambar 4.13 Tampilan <i>schedule</i> yang sudah ditambahkan pada sistem FCU .....	104
Gambar 4.14 Tampilan sistem FCU <i>Mode Auto</i> sebelum <i>schedule</i> “ON” ..	104
Gambar 4.15 Tampilan sistem FCU <i>Mode Auto schedule</i> “ON” .....	104
Gambar 4.16 Tampilan sistem FCU <i>Mode Auto schedule</i> “OFF”.....	105
Gambar 4.17 Tombol <i>trip</i> pada TOR.....	108
Gambar 4.18 Tombol <i>reset trip</i> pada TOR .....	108
Gambar 4.19 Tampilan menu <i>trend data</i> .....	113
Gambar 4.20 Tampilan <i>trend data temperature supply header Chiller</i> ....	113
Gambar 4.21 Tampilan <i>trend data temperature return header Chiller</i> ....	114
Gambar 4.22 Tampilan <i>trend data pressure Chiller</i> .....	114
Gambar 4.23 Tampilan <i>trend data room temperature FCU</i> .....	114
Gambar 4.24 Tampilan data yang telah tersimpan pada PC/Laptop.....	115
Gambar 4.25 Grafik regresi linier sederhana pengujian sensor <i>temperatur sensor supply header Chiller</i> (pengukuran naik) .....	122
Gambar 4.26 Grafik histerisis <i>temperatur sensor supply header Chiller</i> ..	123
Gambar 4.27 Grafik regresi linier sederhana pengujian <i>temperatur sensor return header Chiller</i> (pengukuran naik) .....	125
Gambar 4.28 Grafik histerisis <i>temperatur sensor return header Chiller</i> ...	126
Gambar 4.29 <i>Normal Mode UPS</i> .....	127
Gambar 4.30 <i>Bypass Mode UPS</i> .....	127
Gambar 4.31 <i>Battery Mode UPS</i> .....	128
Gambar 4.32 <i>Battery and Load Display Function Mode UPS</i> .....	128
Gambar 4.33 Pengoperasian <i>Bypass Mode UPS</i> .....	129
Gambar 4.34 Kondisi level baterai dan beban yang terpasang pada UPS .	129
Gambar 4.35 UPS dalam kondisi <i>Normal Mode</i> .....	130
Gambar 4.36 UPS dalam kondisi <i>Bypass Mode</i> .....	130
Gambar 4.37 UPS dalam kondisi <i>Battery Mode (Backup Power)</i> .....	130





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 TABEL

Tabel 2.1 Daerah Kenyamanan Termal .....	3
Tabel 2. 2 Kriteria hubungan koefisien korelasi .....	34
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat.....	46
Tabel 3.2 <i>Setting</i> Pin pada BMD4064.....	62
Tabel 3.3 <i>Setting</i> Pin BMA4024 .....	63
Tabel 3.4 Konfigurasi <i>Plant Costumer Level</i> .....	78
Tabel 3.5 <i>List</i> Program <i>Variable</i> Sistem <i>Chiller</i> .....	79
Tabel 3.6 <i>List</i> Program <i>Variable</i> Sistem FCU .....	80
Tabel 3.7 <i>List</i> Program <i>Variable</i> <i>Trend</i> .....	81
Tabel 4.1 <i>User group</i> .....	88
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Program <i>Switch</i> Sistem <i>Chiller</i> .....	90
Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian <i>Digital Input</i> Sistem <i>Chiller</i> .....	91
Tabel 4. 4 Pengujian <i>Analog Output</i> Kontrol MV Sistem <i>Chiller</i> .....	92
Tabel 4. 5 Data Hasil Pengujian Program <i>Switch</i> Sistem FCU .....	94
Tabel 4. 6 Data Hasil Pengujian <i>Digital Input</i> Sistem FCU .....	95
Tabel 4. 7 Pengujian <i>Analog Output</i> Kontrol MV Sistem FCU .....	95
Tabel 4. 8 <i>Error analog output bypass</i> MV <i>Chiller</i> .....	99
Tabel 4. 9 <i>Error analog output</i> MV <i>cooling coil</i> FCU .....	99
Tabel 4.10 Data hasil pengujian <i>trip</i> CHWP dan <i>Chiller</i> pada sistem <i>Chiller</i> .....	109
Tabel 4.11 Data hasil pengujian alarm sensor pada sistem <i>Chiller</i> .....	110
Tabel 4.12 Data hasil pengujian alarm sensor pada sistem FCU .....	110
Tabel 4.13 Hasil pengujian <i>temperatur sensor supply header</i> <i>Chiller</i> .....	117
Tabel 4.14 Hasil pengujian <i>temperatur sensor supply header</i> <i>Chiller</i> .....	118
Tabel 4.15 Hasil pengujian <i>temperatur sensor return header</i> <i>Chiller</i> .....	118
Tabel 4.16 Hasil pengujian <i>temperatur sensor return header</i> <i>Chiller</i> .....	118
Tabel 4.17 Hasil pengujian sensor <i>room temperature</i> RBW4305 .....	119
Tabel 4.18 Perhitungan data pengujian <i>temperatur sensor supply header</i> <i>Chiller</i> .....	120
Tabel 4.19 Perhitungan data pengujian <i>temperatur sensor return header</i> <i>Chiller</i> .....	123
Tabel 4.20 Perbandingan nilai <i>offset</i> dan sensitivitas sensor .....	126
Tabel 4.21 Waktu <i>Backup</i> UPS.....	131
Tabel 4.22 Waktu pengisian baterai UPS .....	132



## DAFTAR RUMUS

(2.1) Persamaan Aliran Udara Searah .....	6
(2.2) Persamaan Aliran Udara Tidak Searah.....	7
(2.3) Persamaan Kecepatan Rata-Rata Udara Ruangan.....	7
(2.4) Persamaan regresi linier sederhana .....	33
(2.5) Persamaan Nilai a pada Regresi Linier Sederhana.....	33
(2.6) Persamaan Nilai b pada Regresi Linier Sederhana.....	33
(2.7) Persamaan Koefisien Korelasi.....	33
(2.8) Persamaan Nilai <i>Error</i> .....	34
(2.9) Persentase Nilai <i>Error</i> .....	34



### 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

Sistem *Heating, Ventilating and Air Conditioning* (HVAC) merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk mengatur temperatur, kelembapan udara pada suatu ruangan, agar kondisi temperatur dan kelembapan udara pada suatu ruangan tersebut menjadi nyaman (Faizal & Rudi, 2016). Konfigurasi sistem HVAC terdiri dari beberapa komponen, seperti, *Chiller, Air Handling Unit* (AHU), *Fan Coil Unit* (FCU), dan *ducting*. Untuk menjaga kestabilan kondisi udara, sistem HVAC mengonsumsi listrik dalam jumlah besar, sehingga diperlukannya kontrol pada sistem HVAC supaya sistem dapat bekerja secara optimal dan menghemat pemakaian energi listrik (Chandra et al., 2020). Sistem kontrol untuk mengontrol sistem HVAC disebut *Building Automation System* (BAS).

Laboratorium listrik Politeknik Negeri Jakarta memiliki miniatur BAS untuk sistem HVAC pada gedung bertingkat. Miniatur tersebut terdiri dari sistem *Chiller, Air Handling Unit* (AHU) dan *Fan Coil Unit* (FCU) dan terdapat komponen BAS seperti sensor dan aktuatur yang digunakan pada industri serta menggunakan *Direct Digital Control* (DDC) sebagai *controller* sistem tersebut. Miniatur ini berfungsi sebagai media praktik mahasiswa. Namun, kinerja dari masing-masing peralatan miniatur BAS sistem HVAC belum diketahui.

Pada skripsi ini akan dibahas mengenai kinerja peralatan miniatur BAS sistem *Chiller* dan FCU mulai dari pembuatan program DDC yang sesuai dengan deskripsi kerja sistem, pemrograman HMI dan hingga pengujian tiap peralatan BAS. Sehingga, penulis mengambil judul “**Kinerja Sistem *Chiller* dan *Fan Coil 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 *Chiller* dan FCU yang didokumentasikan dalam bentuk *jobsheet*, sehingga permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut:



## © 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

1. Bagaimana program DDC untuk sistem *Chiller* dan FCU pada miniatur BAS Sistem HVAC?
2. Bagaimana program *Human Machine Interface* (HMI) untuk sistem *Chiller* dan FCU pada miniatur BAS Sistem HVAC?
3. Bagaimana tampilan *trend* data untuk sistem *Chiller* dan FCU pada HMI miniatur BAS Sistem HVAC?
4. Bagaimana pengujian peralatan BAS untuk sistem *Chiller* dan FCU pada miniatur BAS Sistem HVAC?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari pembuatan laporan skripsi ini adalah:

1. Pembuatan program DDC untuk sistem *Chiller* dan FCU pada miniatur BAS Sistem HVAC.
2. Pembuatan program HMI untuk sistem *Chiller* dan FCU pada miniatur BAS Sistem HVAC.
3. Menampilkan *trend* data sistem *Chiller* dan FCU pada miniatur BAS Sistem HVAC.
4. Mengukur kinerja peralatan BAS untuk sistem *Chiller* dan FCU pada miniatur BAS Sistem HVAC Laboratorium Listrik Politeknik Negeri Jakarta.

### 1.4 Luaran

Laporan skripsi “Kinerja Sistem *Chiller* dan *Fan Coil Unit* pada *Builing Automation System* Laboratorium Listrik” memiliki luaran sebagai berikut.

1. Desain HMI sistem *Chiller* dan FCU pada miniatur BAS.
2. Artikel ilmiah yang dapat diterbitkan pada jurnal nasional.
3. HKI Pemograman komputer.
4. *Jobsheet* Laboratorium HVAC-BAS.
5. Laporan Penelitian BTAM



- 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

### 1.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang sudah dilakukan pada bagian sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Program DDC untuk sistem *Chiller* dan FCU pada miniatur BAS terdiri dari program mode manual, auto dan program alarm.
2. *Security system* pada miniatur BAS sistem HVAC untuk sistem *Chiller* dan FCU berfungsi dengan baik. HMI TPC70 dapat *auto log off* setelah 10 menit.
3. Pada program manual terdapat *switch* yang berfungsi sebagai *override switch digital output* DDC dan telah sesuai dengan *ASHRAE Guideline 13-2015*.
4. Peralatan *digital input* pada *plant Chiller* dan FCU dapat berfungsi dan dapat mengirimkan sinyal digital dengan baik ke DDC.
5. Input manual untuk mengatur bukaan motorized valve pada *plant Chiller* dan FCU dapat berfungsi dengan baik. DDC dapat memberikan sinyal analog output berupa tegangan 0-10 VDC dan peralatan *analog output* kedua sistem dapat merespon dengan baik. Pin *analog output* untuk MV pada sistem Chiller memiliki rata-rata *error* masing-masing 1,65% dan 1,69% pada MV sistem FCU.
6. Program mode *Auto* pada sistem *Chiller* dan FCU dioperasikan melalui program *schedule*. *Schedule* pada mode *Auto* kedua sistem berfungsi dengan baik, *schedule* tersebut dapat menyalakan dan mematikan sistem sesuai dengan jadwal yang telah diatur. *Sequence plant Chiller* dan FCU pada mode *Auto* sesuai dengan *flowchart* mode *Auto*. Program *schedule* pada mode *Auto* sistem *Chiller* dan FCU dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan aturan *ASHRAE Guideline 13-2015*.
7. Program PID pada mode *Auto* juga berfungsi dengan baik, yakni dapat memberikan sinyal *analog output* ke peralatan sesuai dengan *set point* yang diberikan. Namun tidak dapat dipastikan program PID dapat mempertahankan nilai variabel yang dikontrol sesuai dengan *set point*.



## © 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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

8. Program mode gangguan/alarm pada sistem *Chiller* dan FCU dapat berfungsi dengan baik. Gangguan berupa *trip* peralatan dapat ditangkap dengan baik oleh DDC, sehingga DDC dapat memunculkan *message* berupa alarm mayor pada HMI TPC70. Gangguan berupa temperatur yang melebihi batas yang ditentukan juga dapat ditangkap baik oleh DDC dan memunculkan *message* alarm minor. *Message* tersebut berisikan sumber dan lokasi alarm serta kategori alarm tersebut sesuai dengan *ASHRAE Guideline* 13-2015.
9. *Trend* data temperatur pada sistem *Chiller* dan FCU dapat ditampilkan pada HMI TPC70 berupa grafik. Grafik *trend* data tersebut dapat dilihat per waktu, hari, dan bulan. *Trend* data dapat disimpan/*backup* pada DDC serta dapat di-*save* ke komputer/laptop dengan format *.xml*.
10. *Temperatur sensor supply header Chiller* berdasarkan analisa data memiliki sensitivitas  $0,0103 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$  dengan *offset* 2,7128 V. Nilai tersebut mendekati nilai pada *datasheet* sensor. Koefisien korelasi antara temperatur dengan tegangan yang dihasilkan sensor sebesar 0,99 dan koefisien determinasi sebesar 0,998.
11. *Temperatur sensor supply return Chiller* berdasarkan analisa data memiliki sensitivitas  $0,0101 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$  dengan *offset* 2,7199 V. koefisien korelasi antara temperatur dengan tegangan yang dihasilkan sensor sebesar 0,998 dan koefisien determinasi sebesar 0,997.
12. Sensor temperatur pada *plant Chiller* memiliki nilai sensitivitas dan *offset* yang mendekati nilai pada *datasheet*. Hasil pengukuran tegangan pada kondisi naik dan turun temperatur menghasilkan grafik yang berhimpit sehingga dapat disimpulkan sensor masih dalam keadaan baik.
13. Kinerja *water pressure sensor* pada *plant Chiller* tidak bisa diuji dikarenakan tidak adanya peralatan pendukung pengujian.
14. Modul RBW4305 atau room temperature sensor dapat menampilkan hasil pembacaan sensor, *set point*, dan dapat mengubah *set point*. Pengaturan tersebut telah sesuai dengan *ASHRAE Guideline* 13-2015.
15. Waktu *backup power* oleh UPS pada miniatur BAS selama 1 jam 55 menit dari kondisi level baterai 100 % hingga dibawah 25 %.



16. Waktu pengisian ulang baterai UPS selama 6 jam 36 menit dari kondisi level baterai dibawah 25 % hingga 100 %.

### 1.2 Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penulis sebagai berikut.

1. *Plant Chiller* dan FCU dapat dikembangkan menjadi *close loop system* untuk dapat menganalisa program PID dengan menambahkan pipa air, pompa air dan miniatur *chiller* pada *plant Chiller* serta menambahkan *ducting*, miniatur *cooling coil* dan miniatur ruangan pada *plant FCU*.
2. Pada *plant FCU* dapat ditambahkan sebuah *fan*.



#### 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 mengumumikan 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>
- 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 Menggunakan 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 SPESIFIKATIONS 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 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

### 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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- <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/>
- 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>



## © 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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 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](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.). *PENYEYARAH 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 Ruang (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 :**
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

#### DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Fikri Dwi Nugroho

Lahir di Jakarta, 24 Juni 1999, lulus dari SDS Kemala Bhayangkari 03 pada tahun 2011, SMPN 131 Jakarta pada tahun 2014, dan SMAN 97 Jakarta pada tahun 2017. Gelar sarjana terapan (Diploma 4) diperoleh pada tahun 2021 dari Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Politeknik Negeri Jakarta.

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**