

Simulator Otomatisasi *Chilled Water Pump* pada Sistem Pendingin Terpusat

Nama : Faustus Yulius Waiz

NRP : 0522011

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha,
Jl. Prof.Drg.Suria Sumantri, MPH no.65, Bandung, Indonesia.

Email : waiz_3rd@yahoo.com

ABSTRAK

Sistem pendingin terpusat merupakan suatu sistem yang proses pendinginan udaranya terpusat pada satu lokasi kemudian didistribusikan ke lebih dari satu lokasi/ruangan. Sistem pendingin terpusat ini mempunyai beberapa perangkat utama yaitu *Chiller*, *Air Handling Unit* (AHU), *Cooling Tower*, dan pompa air (*chilled water pump* dan *condenser water pump*). Pemakaian energi listrik untuk sistem pendingin terpusat cukup besar dibandingkan dengan penggunaan energi listrik alat-alat lainnya. Pemakaian energi listrik untuk sistem pendingin terpusat dapat dikurangi dengan melakukan pengontrolan terhadap perangkat yang bekerja pada sistem, salah satunya dengan mengontrol *chilled water pump*. Pada tugas akhir ini dibuat suatu simulator untuk mensimulasikan sistem pendingin terpusat. Simulator akan dikontrol oleh *Programmable Logic Controller* (PLC) dan *Variable Speed Drive* (VSD).

Pada simulator, *chilled water pump* disimulasikan dengan motor listrik 3 fasa dan AHU disimulasikan dengan kipas angin. Simulator terdiri dari 4 area dengan sebuah kipas di dalam masing-masing area. Kecepatan putar motor listrik 3 fasa dikontrol dengan menggunakan PLC dan VSD. Penggunaan energi listrik motor listrik 3 fasa pada saat bekerja secara penuh akan dibandingkan dengan penggunaan energi listrik pada saat dilakukan pengontrolan dengan PLC. Besar penghematan energi listrik pada saat 1 kipas bekerja sebesar 96.57%, pada saat 2 kipas bekerja sebesar 83.39%, pada saat 3 kipas bekerja sebesar 53.55%, dan pada saat 4 kipas bekerja sebesar 0%.

Kata Kunci : Sistem Pendingin Terpusat, *chilled water pump*, PLC, VSD.

Simulator of Chilled Water Pump Automation in Centralized Cooling System

Name : Faustus Yulius Waiz

NRP : 0522011

Electrical Engineering, Maranatha Cristian University,
Jl. Prof.Drg.Suria Sumantri, MPH no.65, Bandung, Indonesia.

Email : waiz_3rd@yahoo.com

ABSTRACT

Centralized cooling system is a system where the process of cooling the air is centralized at one location, and the cooled air is distributed to more than one locations/rooms. Centralized cooling system has several major devices such as Chiller, Air Handling Unit (AHU), Cooling Tower, and water pumps (chilled water pump and condenser water pump). The electrical energy consumption for centralized cooling system is large enough compare to others electrical energy consumption. Electrical energy consumption for a centralized cooling system can be reduced by controlling the devices in the system, for instance chilled water pump. In this final project a simulator is developed to simulate the process in centralized cooling system. The simulator is controlled by using Programmable Logic Controller (PLC) and Variable Speed Drive (VSD).

In the simulator, chilled water pump is simulated by an electric motor 3 phase and AHU is simulated by a fan. Simulator is consist of 4 areas with a fan inside. Rotational speed 3 of phase electric motor is controlled by using PLC and VSD. The usage of electric energy 3 phase electric motor when work at full load is compared to the usage of electric energy when controlled by PLC. Electrical energy savings are 96.57% for one fan, 83.39% for two fans, 53.55% for three fans, and 0% for four fans.

Keyword : Centralized Cooling System, chilled water pump, PLC, VSD.

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang Masalah.....	1
I.2 Identifikasi Masalah.....	2
I.3 Tujuan.....	2
I.4 Pembatasan Masalah.....	3
I.5 Spesifikasi Sistem.....	3
I.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
II.1 Sistem Pendingin Terpusat.....	5
II.1.1 Chiller.....	6
II.1.2 <i>Air Handling Unit</i> (AHU).....	9
II.1.2.1 <i>Cooling coil</i> / koil pendingin.....	10
II.1.2.2 <i>Fan</i> / kipas.....	10
II.1.2.3 Filter.....	11
II.1.2.4 <i>Air Duct</i> / Saluran Udara.....	12
II.1.2.5 <i>Humidification</i> dan <i>Dehumidification</i>	12
II.1.3 <i>Cooling tower</i> / Menara Pendingin.....	13
II.1.3.1 Aliran silang (<i>Cross Flow</i>).....	14
II.1.3.2 Aliran Terbalik (<i>Counter Flow</i>).....	15
II.1.4 Pompa Air.....	16

II.2 Sistem Kontrol.....	19
II.3 <i>Controller</i> dan Jenis-jenis <i>Controller</i>	21
II.3.1 <i>On/Off Controller</i>	21
II.3.2 <i>Proportional Controller</i>	23
II.4 <i>Programmable Logic Controller (PLC)</i>	24
II.4.1 PLC Twido.....	25
II.4.2 TwidoSuite.....	26
II.4.3 <i>Ladder Diagram</i>	26
II.4.3.1 Timer(%TM).....	27
II.4.3.2 Counter(%C).....	28
II.5 <i>Variable Speed Drive (VSD)</i>	28
II.5.1 <i>Variable Speed Drive</i> Altivar 31.....	30
II.6 <i>Human Machine Interface (HMI)</i>	31
II.6.1 Vijeo Designer.....	32
II.7 IC LM 35.....	32
II.8 Elemen Pemanas.....	33
II.9 Kipas Angin.....	33
 BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI.....	 35
III.1 Perancangan Otomatisasi <i>Chilled Water Pump</i> pada Sistem Pendingin Terpusat	35
III.2 Perancangan Otomatisasi Simulator <i>Chilled Water Pump</i> pada Sistem Pendingin Terpusat	37
III.3 Konfigurasi PLC Twido.....	40
III.3.1 Konfigurasi Jenis PLC Twido.....	40
III.3.2 Konfigurasi data <i>Macros Drive</i>	42
III.3.3 Pemograman PLC Twido.....	43
III.3.4 Cara Kerja dan Algoritma Pemrograman Otomatisasi Simulator <i>Chilled Water Pump</i> pada Sistem Pendingin Terpusat.....	45
III.4 Konfigurasi VSD.....	49

III.5 Konfigurasi HMI.....	50
III.5.1 Konfigurasi Komunikasi HMI.....	50
III.5.2 Konfigurasi Variabel HMI.....	51
 BAB IV DATA PENGAMATAN DAN ANALISA DATA.....	54
IV.1 Kondisi pada Simulator <i>Chilled Water Pump</i> pada Sistem Pendingin Terpusat.....	54
IV.2 Pengujian Simulator <i>Chilled Water Pump</i> pada Sistem Pendingin Terpusat.....	55
IV.3 Hasil Pengujian pada Simulator <i>Chilled Water Pump</i> pada Sistem Pendingin Terpusat.....	55
IV.3.1 Hasil Pengujian untuk Kerja Motor Listrik 3 Fasa secara Konstan.....	55
IV.3.2 Hasil Pengujian untuk Kerja Motor Listrik 3 Fasa secara Variabel.....	60
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	81
V.1 Kesimpulan.....	82
V.2 Saran.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 <i>Pump Affinity Laws</i>	19
Tabel III.1 Pengalamatan <i>input-output</i> Simulator Sistem Pendingin Terpusat pada PLC Twido.....	44
Tabel III.2 Alamat Memori dan <i>Input-Output</i> pada komunikasi CANopen.....	45
Tabel III.3 Tabel Pengaturan CANOpen pada VSD.....	49
Tabel IV.1 Persentase Waktu Kerja dari Elemen Setrika terhadap Jumlah Orang.....	54
Tabel IV.2 Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa.....	56
Tabel IV.3 Penggunaan Daya Listrik Motor Listrik 3 Fasa yang Dirancang.....	59
Tabel IV.4 Penghematan Penggunaan Daya Listrik Motor Listrik 3 Fasa.....	59
Tabel IV.5 Durasi Waktu Pendinginan dengan Kipas yang Bekerja dan Jumlah Orang Berbeda.....	61
Tabel IV.6 Penggunaan dan Penghematan Daya Listrik Motor Listrik 3 Fasa yang Bekerja Secara Variabel.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1	Sistem Pendingin Terpusat pada Gedung.....	1
Gambar II.1	Sistem Pendingin Terpusat.....	5
Gambar II.2	Diagram Proses di dalam <i>Chiller</i>	7
Gambar II.3	<i>Air Handling Unit</i>	9
Gambar II.4	Koil Pendingin pada <i>Air Handling Unit</i>	10
Gambar II.5	Pompa Udara di dalam <i>Air Handling Unit</i>	11
Gambar II.6	Berbagai Jenis Filter di dalam <i>Air Handling Unit</i>	12
Gambar II.7	Diagram Proses Pendinginan Air di dalam <i>Cooling Tower</i> tipe <i>Cross Flow</i>	15
Gambar II.8	Diagram Proses Pendinginan Air di dalam <i>Cooling Tower</i> tipe <i>Counter Flow</i>	16
Gambar II.9	Komponen di Dalam Pompa Sentrifugal.....	17
Gambar II.10	Kurva Kapasitas <i>Head</i> Pompa.....	18
Gambar II.11	Diagram Blok Sistem Kontrol.....	20
Gambar II.12	Kurva <i>Transfer On/Off Controller</i>	22
Gambar II.13	Kurva <i>Transfer Proportional Controller</i>	23
Gambar II.14	<i>Ladder</i> diagram.....	27
Gambar II.15	Diagram Blok <i>Variable Speed Drive</i>	29
Gambar II.16	Rangkaian <i>Rectifier</i>	29
Gambar II.17	Diagram Blok Cara Kerja <i>Inverter</i>	29
Gambar II.18	<i>Variable Speed Drive</i> Altivar 31.....	31
Gambar II.19	<i>Human Machine Interface</i>	32
Gambar II.20	IC LM 35-DZ.....	33
Gambar II.21	Elemen Pemanas untuk Setrika.....	33
Gambar II.22	Kipas Angin DC.....	34
Gambar III.1	Sistem Pendingin Terpusat dengan PLC sebagai Pengontrol..	35
Gambar III.2	Diagram Blok Sistem Pendingin Terpusat.....	36
Gambar III.3	Diagram Blok Plant Sistem Pendingin Terpusat.....	36

Gambar III.4	Aristektur Perancangan Otomatisasi <i>Chilled Water Pump</i> pada Sistem Pendingin Terpusat.....	37
Gambar III.5	Arsitektur Perancangan Simulator <i>Chilled Water Pump</i> pada Sistem Pendingin Terpusat.....	38
Gambar III.6	Simulator Ruangan.....	38
Gambar III.7	Jenis PLC Twido pada TwidoSuite.....	41
Gambar III.8	Link Komunikasi modul TWDNCO1M dengan BASIC_ATV31.....	41
Gambar III.9	Konfigurasi Tabel I/O pada Modul Ekspansi Analog.....	42
Gambar III.10	Tabel <i>Macros Drive Selection</i>	42
Gambar III.11	Tabel <i>Function</i> pada <i>Macros Drive</i>	43
Gambar III.12	<i>Flowchart</i> Otomatisasi Simulator <i>Chilled Water Pump</i> pada Sistem Pendingin Terpusat	47
Gambar III.13	<i>Flowchart</i> Otomatisasi Simulator <i>Chilled Water Pump</i> pada Sistem Pendingin Terpusat (lanjutan 1).....	48
Gambar III.14	<i>Flowchart</i> Otomatisasi Simulator <i>Chilled Water Pump</i> pada Sistem Pendingin Terpusat (lanjutan 2).....	48
Gambar III.15	Pemilihan Jenis <i>Driver</i> dan <i>Equipment</i> Komunikasi.....	50
Gambar III.16	Konfigurasi <i>Driver</i> Komunikasi.....	51
Gambar III.17	Pembuatan Variabel Baru pada HMI.....	52
Gambar III.18	Tampilan HMI Simulator Otomatisasi <i>Chilled Water Pump</i> pada Sistem Pendingin Terpusat.....	53
Gambar III.19	Tampilan <i>Trend Graph</i> HMI.....	54
Gambar IV.1	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada saat 1 Kipas sedang Bekerja	56
Gambar IV.2	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada saat Kipas yang Bekerja berubah dari 1 Kipas menjadi 2 Kipas	57
Gambar IV.3	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada saat Kipas yang Bekerja berubah dari 2 Kipas menjadi 3 Kipas	57

Gambar IV.4	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada saat Kipas yang Bekerja berubah dari 3 Kipas menjadi 4 Kipas	58
Gambar IV.5	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa dan Grafik Suhu pada Ruangan 3 untuk Jumlah Orang = 3 (10 detik pertama)..	62
Gambar IV.6	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa dan Grafik Suhu pada Ruangan 3 untuk Jumlah Orang = 3 (10 detik kedua)...	62
Gambar IV.7	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa dan Grafik Suhu pada Ruangan 3 untuk Jumlah Orang = 3 (10 detik ketiga)...	63
Gambar IV.8	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa dan Grafik Suhu pada Ruangan 3 untuk Jumlah Orang = 3 (10 detik keempat).....	63
Gambar IV.9	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada Ruangan 1 untuk Jumlah Orang = 3.....	64
Gambar IV.10	Grafik Suhu pada Ruangan 1 untuk Jumlah Orang = 3.....	64
Gambar IV.11	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada Ruangan 1 untuk Jumlah Orang = 5.....	65
Gambar IV.12	Grafik Suhu pada Ruangan 1 untuk Jumlah Orang = 5.....	65
Gambar IV.13	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada Ruangan 1 untuk Jumlah Orang = 8.....	66
Gambar IV.14	Grafik Suhu pada Ruangan 1 untuk Jumlah Orang = 8.....	66
Gambar IV.15	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada Ruangan 1 untuk Jumlah Orang = 11.....	67
Gambar IV.16	Grafik Suhu pada Ruangan 1 untuk Jumlah Orang = 11.....	67
Gambar IV.17	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada Ruangan 2 untuk Jumlah Orang = 3.....	68

Gambar IV.18	Grafik Suhu pada Ruangan 2 untuk Jumlah Orang = 3.....	68
Gambar IV.19	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada Ruangan 2 untuk Jumlah Orang = 5.....	69
Gambar IV.20	Grafik Suhu pada Ruangan 2 untuk Jumlah Orang = 5.....	69
Gambar IV.21	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada Ruangan 2 untuk Jumlah Orang = 8.....	70
Gambar IV.22	Grafik Suhu pada Ruangan 2 untuk Jumlah Orang = 8.....	70
Gambar IV.23	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada Ruangan 2 untuk Jumlah Orang = 11.....	71
Gambar IV.24	Grafik Suhu pada Ruangan 2 untuk Jumlah Orang = 11.....	71
Gambar IV.25	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada Ruangan 3 untuk Jumlah Orang = 3.....	72
Gambar IV.26	Grafik Suhu pada Ruangan 3 untuk Jumlah Orang = 3.....	72
Gambar IV.27	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada Ruangan 3 untuk Jumlah Orang = 5.....	73
Gambar IV.28	Grafik Suhu pada Ruangan 3 untuk Jumlah Orang = 5.....	73
Gambar IV.29	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada Ruangan 3 untuk Jumlah Orang = 8.....	74
Gambar IV.30	Grafik Suhu pada Ruangan 3 untuk Jumlah Orang = 8.....	74
Gambar IV.31	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada Ruangan 3 untuk Jumlah Orang = 11.....	75
Gambar IV.32	Grafik Suhu pada Ruangan 3 untuk Jumlah Orang = 11.....	75

Gambar IV.33	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada Ruangan 4 untuk Jumlah Orang = 3.....	76
Gambar IV.34	Grafik Suhu pada Ruangan 4 untuk Jumlah Orang = 3.....	76
Gambar IV.35	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada Ruangan 4 untuk Jumlah Orang = 5.....	77
Gambar IV.36	Grafik Suhu pada Ruangan 4 untuk Jumlah Orang = 5.....	77
Gambar IV.37	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada Ruangan 4 untuk Jumlah Orang = 8.....	78
Gambar IV.38	Grafik Suhu pada Ruangan 4 untuk Jumlah Orang = 8.....	78
Gambar IV.39	Grafik Kecepatan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada Ruangan 4 untuk Jumlah Orang = 11.....	79
Gambar IV.40	Grafik Suhu pada Ruangan 4 untuk Jumlah Orang = 11.....	79

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B