



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI SISTEM AUTOMATIK PADA GEDUNG UNTUK
SISTEM HVAC (HEATING SYSTEM, VENTILATING AND AIR
CONDITIONING) BERBASIS DIRECT DIGITAL CONTROLLER
(STUDI KASUS PADA PABRIK “X” DI CIBITUNG)**

SKRIPSI

**IBNU EL HURRY
06 06 04 2632**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI SISTEM AUTOMATIK PADA GEDUNG UNTUK SISTEM
HVAC (HEATING SYSTEM, VENTILATING AND AIR
CONDITIONING) BERBASIS DIRECT DIGITAL CONTROLLER
(STUDI KASUS PADA PABRIK “X” DI CIBITUNG)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

**IBNU EL HURRY
06 06 04 2632**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Ibnu El Hurry

NPM : 0606042632

Tanda Tangan :

Tanggal : 15 Juni 2009

HALAMAN PENGESAHAN

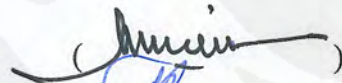
Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Ibnu El Hurry
NPM : 0606042632
Program Studi : Teknik Elektro S1 Ekstensi
Judul Skripsi :

STUDI SISTEM OTOMATIS PADA GEDUNG UNTUK SISTEM HVAC
(HEATING SYSTEM, VENTILATING AND AIR CONDITIONING) BERBASIS
DIRECT DIGITAL CONTROLLER (STUDI KASUS PADA PABRIK "X" DI
CIBITUNG)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima
sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro S1 Ekstensi, Fakultas
Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Amien Rahardjo, MT

()

Penguji : Prof.Dr.Ir. Rudy Setiabudy DEA

()

Penguji : Budi Sudiarto ST, MT

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 9 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur saya panjatkan kepada Allah S.W.T, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Ir. Amien Rahardjo, MT, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- 2) Roby Firmansyah, ST, selaku Manajer Teknik PT. Azbil Indonesia yang telah memberikan izin dan dukungan kepada saya untuk melakukan riset dan memperoleh data yang saya perlukan dalam penyusunan skripsi ini
- 3) Azhar dan Vidi Fadhilillah, selaku staf teknik yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan.
- 4) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan baik secara material, moral dan spiritual.
- 5) Sahabat-sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah S.W.T berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 15 Juni 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ibnu El Hurry
NPM : 0606042632
Program Studi : Teknik Elektro S1 Ekstensi
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**STUDI SISTEM OTOMATIS PADA GEDUNG UNTUK SISTEM HVAC
(HEATING SYSTEM, VENTILATING AND AIR CONDITIONING) BERBASIS
DIRECT DIGITAL CONTROLLER (STUDI KASUS PADA PABRIK “X” DI
CIBITUNG)**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 15 Juni 2009
Yang menyatakan

(Ibnu El Hurry)

ABSTRACT

Name : Ibnu El Hurry

Study Program : Electrical Engineering

Title :

STUDY OF BUILDING AUTOMATION SYSTEM FOR HVAC (*HEATING SYSTEM, VENTILATING AND AIR CONDITIONING*) SYSTEM BASED ON DIRECT DIGITAL CONTROLLER (CASE STUDY “X” FACTORY IN CIBITUNG)

Along with fast progressively of development of physical plant, hence requirement of usage energy also increasing. This matter is enabled because usage of equipments mechanical and electrical at building are so many and need the bigness energy. But we know that energy supply of limited hims amount, then in operation and supervision of equipments at the building is required an arrangement mechanism able to easy to done by operator.

The biggest energy consumption of entirety of usage electrics energy at one particular building is for HVAC (heating system, ventilating and water conditioning) system. So that one of the way to economize energy is to laboring the refrigeration burden (cooling load) as small as possible. Building Automation System (BAS) on “X” factory in cibitung is a system able to arrange the usage of energy according to limited to the required without lessening the weared equipments function and improve ability do the energy management specially at HVAC system.

HVAC System at building “X” factory exploited for room related to production process and process packaging of cigarette. So that HVAC system here is the matter of vital importance, because this system effect to production quality, productivity, technical clauses and working safety. As for type equipments of air conditioning system used in the form of the central air conditioning system and temperature value and humidity taken as standard produce is equal to 22°C and 58%RH

From case study result got that with exploiting BAS have optimal result of job and activity at HVAC system because room condition with the air variables wanted such as temperature, humidity, air flow can reach so that the quality of worker comfort and production can fulfilled. With increase of temperature value equal to 3°C hence consumption energy decrease about $\pm 4\%$ and cooling capacities increase equal to $\pm 10\%$. Usage BAS very assisting the operator and obtained result also gratify.

Keyword :

Building Automation System, Energy Management, BAS, HVAC

ABSTRAK

Nama : Ibnu El Hurry
Program Studi : Teknik Elektro S1 Ekstensi
Judul :

STUDI SISTEM OTOMATIS PADA GEDUNG UNTUK SISTEM HVAC (*HEATING SYSTEM, VENTILATING AND AIR CONDITIONING*) BERBASIS *DIRECT DIGITAL CONTROLLER* (STUDI KASUS PADA PABRIK “X” DI CIBITUNG)

Seiring dengan semakin pesatnya pembangunan gedung-gedung, maka kebutuhan penggunaan energi juga terus meningkat. Hal ini dimungkinkan karena penggunaan peralatan mekanikal dan elektrikal pada gedung yang jumlahnya banyak dan memerlukan energi yang besar. Namun kita ketahui bahwa persediaan energi yang ada jumlahnya terbatas, kemudian dalam pengendalian dan pemantauan peralatan-peralatan pada gedung tersebut dibutuhkan suatu mekanisme pengaturan yang dapat mudah dilakukan oleh operator.

Pengonsumsi energi yang paling besar dari keseluruhan pemakaian energi listrik pada suatu gedung adalah untuk sistem tata udara / HVAC (*heating system, ventilating and air conditioning*). Sehingga salah satu cara untuk menghemat energi adalah mengusahakan beban pendinginan (*cooling load*) sekecil mungkin. Pemanfaatan sistem otomatis pada gedung atau yang sering disebut *Building Automation System* (BAS) pada pabrik “X” di Cibitung ini merupakan suatu sistem yang dapat mengatur penggunaan energi sesuai atau sebatas yang dibutuhkan tanpa mengurangi fungsi peralatan yang dipakai dan meningkatkan kemampuan melakukan manajemen energi khususnya pada sistem HVAC.

Sistem HVAC pada gedung pabrik “X” di Cibitung dimanfaatkan untuk ruangan yang berhubungan dengan proses produksi dan proses pengemasan produk. Sehingga sistem HVAC disini merupakan hal yang sangat penting, karena sistem ini erat kaitannya dengan mutu hasil produksi, produktivitas, persyaratan teknis dan keselamatan kerja. Adapun jenis peralatan sistem tata udara yang digunakan berupa sistem tata udara sentral dan nilai temperatur dan kelembapan yang dijadikan standar produksi adalah sebesar 22°C dan 58%RH.

Dari hasil studi kasus didapat bahwa dengan pemanfaatan BAS menunjukkan hasil kerja yang optimal pada sistem HVAC karena kondisi ruangan dengan variabel-variabel udara yang diinginkan seperti temperatur, humidity, air flow dapat tercapai sehingga kualitas produksi maupun kenyamanan pekerja dapat terpenuhi. Dengan kenaikan nilai temperatur sebesar 3°C maka konsumsi energi menurun sebesar ±4% dan kapasitas pendinginan meningkat sebesar ±10%. Penggunaan BAS sangat membantu operator dan hasil yang diperoleh juga memuaskan.

Kata kunci : Sistem Otomatis Gedung, manajemen energi, BAS, HVAC

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN	3
1.4 BATASAN MASALAH.....	3
1.5 METODOLOGI PENULISAN.....	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
2. SISTEM HVAC, SISTEM OTOMATIS GEDUNG DAN DDC ...	5
2.1 Gambaran umum Sistem HVAC.....	5
2.1.1 Definisi	5
2.1.2 Fungsi sistem HVAC	8
2.1.3 Peralatan Utama Sistem Tata Udara Sentral.....	8
2.1.4 Proses Pengkondisian Udara pada Sistem Tata Udara Sentral .	10
2.2 Sistem Otomatis Pada Gedung	12
2.2.1 Definisi	12
2.2.2 Bagian-bagian Building Automation System (BAS).....	12
2.3 Pemanfaatan BAS pada Sistem HVAC	21
2.4 DDC (Direct Digital Controller) sebagai Basis Pengontrolan.....	23
3. DATA PENELITIAN	30
3.1 Spesifikasi Sistem HVAC.....	30
3.1.1 Blok Diagram	30
3.1.2 Data Peralatan sistem HVAC	33
3.2 Spesifikasi Sistem Building Automation System	33
3.2.1 Blok Diagram	33
3.2.2 Data Peralatan BAS Terpasang.....	35
3.3 Perangkat Lunak Building Management System (BMS).....	37
3.4 Deskripsi Kerja	47
3.4.1 Kondisi Manual.....	47
3.4.2 Kondisi Otomatis	48
3.4.2 Kondisi Gangguan	49
3.5 Flow Chart	50

4. ANALISIS	55
4.1 Analisis Unjuk Kerja Sistem BAS	55
4.1.1 Analisis Unjuk Kerja Chiller	55
4.1.2 Analisis Unjuk Kerja AHU	58
4.1.3 Analisis Unjuk Kerja Pompa Air	60
4.1.3.1 Analisis Unjuk Kerja Pompa Air Pendingin	60
4.1.3.2 Analisis Unjuk Kerja Pompa Air Pemanas	61
4.1.4 Analisis Unjuk Kerja Temperatur dan Humidity Ruangan....	61
4.2 Analisis Pemakaian Energi	70
4.1.1 Pengaruh variasi nilai suhu evaporator pada konsumsi energi kompresor	71
4.1.2 Koefisien Prestasi.....	72
5. KESIMPULAN	73
DAFTAR ACUAN	74
DAFTAR LAMPIRAN	75

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Alur proses pengkondisian udara sistem tata udara sentral.....	9
Gambar 2.2. Blok diagram dasar sistem kontrol	11
Gambar 2.3 Konfigurasi sistem BAS	11
Gambar 2.4 <i>Infilex-GC</i>	12
Gambar 2.5 Modul I/O	14
Gambar 2.6 SCS (<i>System Core Server</i>)	14
Gambar 2.7 MIS (<i>Management Integration Server</i>)	15
Gambar 2.8 HUB	15
Gambar 2.9 PC Klien	16
Gambar 2.10 <i>Pressure Transmitter</i> model STG940	17
Gambar 2.11 Room Temperature.....	18
Gambar 2.12 (a) Konstruksi RTD Bahan Platinum (b) <i>pipe insertion</i>	18
Gambar 2.13 <i>Insertion Temperature/Humidity Sensor</i>	19
Gambar 2.14 Skema sistem kontrol HVAC secara (a) manual (b) otomatis	20
Gambar 2.15 Skema sederhana kontrol AHU (<i>Air Handling Unit</i>).....	23
Gambar 2.16 Contoh instrumentasi pengontrolan dengan DDC	24
Gambar 2.17 Contoh konfigurasi DDC <i>Controller</i>	25
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem HVAC Pabrik “X” di Cibitung.....	27
Gambar 3.2 Schematic AHU	28
Gambar 3.3 Schematic Pendistribusian Udara pada Chiller.....	29
Gambar 3.4 Blok diagram sistem BAS di Pabrik “X” di Cibitung.....	29
Gambar 3.5 Tampilan start menu program BMS untuk Chiller	40
Gambar 3.6 Tampilan main menu program BMS (<i>Savic-net FX</i>)	40
Gambar 3.7 Tampilan program BMS untuk Chiller	41
Gambar 3.8 Tampilan program BMS untuk AHU dan ROOM.....	42
Gambar 3.9 Tampilan program BMS untuk fitur management	43
Gambar 3.10 Diagram alir kerja sistem kontrol AHU	46
Gambar 3.11 Diagram alir kerja sistem kontrol Hot Water Chiller.....	47
Gambar 3.12 Diagram alir kerja sistem kontrol Chiller (a)	48

Gambar 3.13 Diagram alir kerja sistem kontrol Chiller (b).....	48
Gambar 3.14 Diagram alir kerja sistem kontrol Chiller (c).....	48
Gambar 4.1 Schematic Pendistribusian Udara pada Chiller.....	57
Gambar 4.2 Schematic AHU	58
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Nilai Temperatur Supply dan Return AHU-M1A Bulan Mei 2009.....	59
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Nilai Temperatur Supply dan Return AHU-M1B Bulan Mei 2009.....	59
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Nilai Temperatur Supply dan Return AHU-M1C Bulan Mei 2009.....	59
Gambar 4.6 Grafik Nilai Rata-rata Temperatur Harian – bulan Mei 2009.....	64
Gambar 4.7 Grafik Nilai Rata-rata Temperatur Harian – bulan Juni 2009.....	64
Gambar 4.8 Grafik Nilai Rata-rata Humidity Harian – bulan Mei 2009.....	65
Gambar 4.9 Grafik Nilai Rata-rata Humidity Harian – bulan Juni 2009.....	65
Gambar 4.10 Grafik Nilai Temperatur dan Humidity pada ruang Bulan Juni 2009	66
Gambar 4.11 Grafik Nilai Temperatur Harian Berdasarkan Jam Operasi.....	67
Gambar 4.12 Grafik Pengaruh variasi suhu evaporator pada konsumsi energi mesin refrigrasi.....	71
Gambar 4.13 Grafik Nilai COP(pada suhu evaporator 5°C dan suhu kondensor 40°C).....	72
Gambar 4.14 Grafik Nilai COP(pada suhu evaporator 9°C dan suhu kondensor 40°C).....	72

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Daftar Peralatan Sistem HVAC	33
Tabel 3.2. Daftar Peralatan Unit Pusat	35
Tabel 3.3. Daftar Peralatan Unit Controller	36
Tabel 3.4. Daftar Peralatan Unit Lokal	37
Tabel 3.5. Daftar Peralatan Yang Dimonitoring	38
Tabel 4.1. Perhitungan Kalori untuk Pengontrolan Chiller	56
Tabel 4.2 Rata - rata Nilai Temperatur dan Humidity Harian Bulan Mei	62
Tabel 4.3. Rata - rata Nilai Temperatur dan Humidity Harian Bulan Juni	63
Tabel 4.4. Pengaruh Variasi Temperatur terhadap Konsumsi Energi Mesin...	68
Tabel 4.5. Nilai Penghematan Konsumsi Energi Mesin terhadap variasi Temperatur.....	70

DAFTAR SINGKATAN

HVAC	: <i>Heating system, Ventilating and Air Conditioning</i>
BAS	: <i>Building Automation System</i>
EMCS	: <i>Energy Management and Control System</i>
BMS	: <i>Building Management Systems</i>
DDC	: <i>Direct Digital Controller</i>
SNI	: <i>Standart Nasional Indonesia</i>
ASHRAE	: <i>American Society Of Heating, Refrigerating, and Air Conditioner Engineers</i>
AHU	: <i>Air Handling Unit</i>
FCU	: <i>Fan Coil Unit</i>
MV	: <i>Motorized Valve</i>
DI	: <i>Digital Input</i>
DO	: <i>Digital Output</i>
AI	: <i>Analog Input</i>
AO	: <i>Analog Output</i>
SCS	: <i>System Core Server</i>
MIS	: <i>Management Integration Server</i>
IDC	: <i>Intelligent Digital Controller</i>
UIC	: <i>Unit Integrated Controller</i>
PC	: <i>Personal Computer</i>
UPS	: <i>Uninterruptible Power Supply</i>

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Seiring dengan semakin pesatnya pembangunan gedung-gedung, maka kebutuhan penggunaan energi juga terus meningkat. Hal ini dimungkinkan karena penggunaan peralatan mekanikal dan elektrikal pada gedung yang jumlahnya banyak dan memerlukan energi yang besar. Namun kita ketahui bahwa persediaan energi yang ada jumlahnya terbatas, kemudian dalam pengendalian dan pemantauan peralatan-peralatan pada gedung tersebut dibutuhkan suatu mekanisme pengaturan yang dapat mudah dilakukan oleh operator. Sehingga muncul tantangan baru bagi kita, bagaimana melakukan pengontrolan dan memonitor peralatan mekanikal dan elektrikal yang ada pada gedung tersebut secara cepat, tepat, efisien, dan berkelanjutan dengan manajemen energi yang baik.

Seiring dengan kemajuan teknologi, munculah ide untuk memberikan solusi atas permasalahan tersebut, salah satunya adalah penggunaan sistem otomatis gedung atau sering disebut *Building Automation System (BAS)*. BAS adalah suatu sistem pengendalian dan pemantauan yang terpusat dari seluruh peralatan mekanikal dan elektrikal yang terdapat di suatu gedung. BAS terdiri dari beberapa *Direct Digital Control (DDC)* yang mempunyai input dan output baik secara analog ataupun digital. Input dan output tersebut berguna sebagai indikator untuk mengetahui status dari perangkat yang akan dikontrol.

BAS dalam suatu gedung ini merupakan suatu sistem yang dapat mengatur penggunaan energi sesuai atau sebatas yang dibutuhkan tanpa mengurangi fungsi peralatan yang dipakai dan meningkatkan kemampuan melakukan manajemen energi suatu gedung. Di dalam suatu gedung, pada umumnya terdapat banyak peralatan mekanikal dan elektrikal seperti pada sistem lampu penerangan, sistem HVAC (*heating system, ventilating and air conditioning*), Lift (elevator), sistem alarm, komputer serta peralatan lainnya.

Konsumsi pemakaian energi listrik pada suatu bangunan gedung umumnya adalah perbandingan sebagai berikut :

- 55 - 70 % untuk sistem tata udara / HVAC
- 15 - 18 % untuk sistem penerangan
- 5 - 10 % untuk alat transportasi gedung
- 2 - 5 % untuk sistem air
- s,d 2 % untuk peralatan dan perlengkapan kantor

Pengonsumsi energi yang paling besar dari keseluruhan pemakaian energi listrik pada suatu gedung adalah untuk sistem tata udara / HVAC. Sehingga salah satu cara untuk menghemat energi adalah mengusahakan beban pendinginan (cooling load) sekecil mungkin. Cara yang dapat dilakukan untuk menghemat energi yang digunakan untuk sistem tata udara, yaitu :

- a. Tahap perencanaan bangunan, dapat dilakukan dengan :
 - Perhitungan kapasitas mesin AC yang tepat dan akurat
 - Pemilihan lokasi dengan orientasi dan lingkungan yang tepat
 - Desain arsitektural yang hemat energi
- b. Tahap operasional, dapat dilakukan dengan:
 - Penerapan Sistem Automatik Gedung (BAS / *Building Automation System*)
 - Maintenance yang teratur dan terjadwal untuk mesin AC

Oleh karena itulah pada skripsi ini dilakukan studi analisis sistem otomatis gedung untuk sistem HVAC.

1.2. PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana Penerapan dan Pemanfaatan dari *Building Automation System* (BAS) untuk mengontrol peralatan mekanikal dan elektrikal pada suatu gedung.
2. Bagaimana Penerapan dan Pemanfaatan dari *Building Automation System* (BAS) untuk peningkatan manajemen energi suatu gedung.

3. Apa saja komponen - komponen yang dibutuhkan dalam membangun suatu sistem otomatisasi gedung (*Building Automation System*).
4. Bagaimana merancang dan membuat sistem otomatis pada gedung dengan berbasis DDC (*Direct Digital Control*).
5. Bagaimana cara membuat sebuah tampilan sistem pengendali dan *master kontrol* pada PC yang *user friendly* bagi pengguna.
6. Bagaimana teknik komunikasi data yang dipergunakan untuk mengkomunikasikan antara perangkat pengendali dengan PC Klien.

1.3. TUJUAN

Tujuan penulisan dari skripsi ini adalah untuk mengetahui pemanfaatan dan penerapan sistem otomatis pada gedung khususnya pada sistem HVAC sebagai solusi penghematan energi dan mendapatkan hasil kerja yang optimal, serta penggunaan DDC sebagai kontrol jarak jauh (*Remote controlling*).

1.4. BATASAN MASALAH

Dalam perancangan sistem ini, terdapat beberapa pembatasan masalah, antara lain:

1. Sistem Otomatis Gedung atau *Building Automation System* (BAS) yang dibahas pada skripsi ini hanya pada sistem HVAC.
2. Penerapan dan Pemanfaatan dari *Building Automation System* (BAS) pada sistem HVAC (Chiller dan AHU) untuk mendapatkan hasil yang optimal pada pengkondisian udara dan meningkatkan manajemen energi suatu gedung.
3. Perancangan sistem ini menggunakan DDC (*Direct Digital Control*), dengan menggunakan gerbang logika sebagai bahasa pemrograman. Penulis tidak membahas mengenai perangkat lunak yang digunakan akan tetapi penjelasan pada perangkat keras DDC yang merupakan controller utama.
4. Sistem Konfigurasi SAVIC-NET FX2 antara DDC dengan PC (*Personal Computer*) tanpa membahas teknik komunikasi yang digunakan secara detail dan tidak membahas mengenai cara pembuatan programnya.

5. Sistem tata udara secara umum , tanpa membahas berbagai masalah dan perhitungan yang menyangkut perpindahan kalor, perancangan sistem dan uraian lengkap tentang komponen-komponen dalam suatu instalasi sistem tata udara karena hal ini merupakan bidang keilmuan khusus sistem tata udara,

1.5. METODE PENULISAN

Adapun metode yang digunakan meliputi :

1. Merumuskan ide pokok yang akan diangkat sebagai tema tulisan.
2. Mengadakan studi pustaka
3. Mengadakan studi lapangan di Pabrik “X” di Cibitung

1.6. SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan skripsi ini disusun berdasarkan sistematika yang terdiri dari: Bab I berupa pendahuluan yang berisi tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan.

Bab II berupa landasan teori yang terbagi menjadi empat bagian. Bagian pertama gambaran umum sistem HVAC Bagian kedua menjelaskan tentang komponen-komponen yang digunakan pada otomatisasi gedung . Bagian ketiga menjelaskan mengenai pemanfaatan BAS pada sistem HVAC. Bagian keempat mengenai DDC sebagai *controller* utama.

Bab III berisi data penelitian yang terdiri dari empat bagian. Bagian pertama menjelaskan gambaran umum gedung yang dijadikan objek studi kasus. Bagian kedua menjelaskan spesifikasi sistem dan data-data penunjang yang diperoleh. Bagian ketiga menjelaskan prinsip kerja sistem secara keseluruhan. Sedangkan Bab IV berisi analisis unjuk kerja sistem BAS yang meliputi sistem kerja dari unit-unit controller, serta interaksi hubungan keseluruhan peralatan-peralatan tersebut hingga dapat dilakukan proses monitoring dan controlling pada PC pada BAS room selain itu pada bagian ini akan dijelaskan mengenai hasil yang diperoleh dari penerapan sistem otomatis gedung untuk sistem HVAC pada pabrik “X” di Cibitung. Bab V berisi kesimpulan dari skripsi ini.

BAB II

SISTEM HVAC, SISTEM AUTOMATIK GEDUNG DAN DDC

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai gambaran umum sistem HVAC juga mengenai komponen-komponen yang digunakan pada otomatisasi gedung. Kemudian berisikan penjelasan mengenai pemanfaatan BAS pada sistem HVAC dan DDC sebagai *controller* utama sistem otomatisasi gedung.

2.1. Gambaran umum Sistem HVAC

2.1.1. Definisi

Sistem tata udara biasa disebut sistem pengkondisian udara atau sistem HVAC (*heating system, ventilating and air conditioning*). Sistem HVAC (*heating system, ventilating and air conditioning*) merupakan salah satu sistem pemanas, sirkulasi udara, dan pendingin yang ada pada umumnya dirangkum dalam satu sistem.

Tujuan dari sebuah sistem HVAC adalah untuk memberikan sebuah lingkungan yang nyaman untuk penghuninya dengan mengkondisikan variable dalam udara ruangan yang meliputi : temperatur, *humidity*, *air velocity*, dan *cleanliness*, dan menyebarkannya ke seluruh ruang.

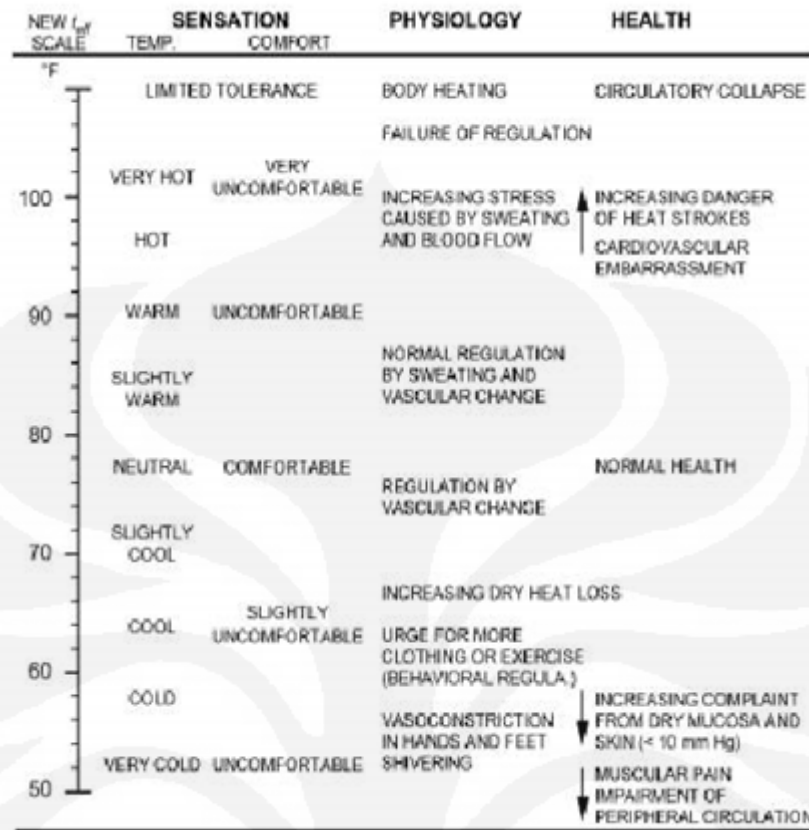
Variabel – variabel udara yang diatur pada sistem HVAC adalah sebagai berikut :

1. Temperatur

Secara umum berarti temperatur dry-bulb, dan mengindikasikan panas dan dingin. Derajat temperatur harian adalah cara yang digunakan untuk membantu mengindikasikan panas atau dingin yang diperlukan untuk setiap harinya. Kenyamanan temperatur menurut ASHRAE (*the american Society Of Heating, Refrigerating, and Air Conditioner Engineers*) adalah 21°C (70°F) – 29,5°C (85°F)¹. Di Indonesia juga terdapat standard umum yang digunakan untuk menentukan temperatur yang nyaman, yang digunakan dalam suatu ruangan. Di Indonesia standar ini dikeluarkan oleh SNI (Standar Nasional Indonesia) yaitu temperatur sebesar 25°C ± 1°C dengan kelembapan relatif 60% ± 10%.²

¹ ASHRAE Standard 55. Wikipedia. http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_comfort

² SNI 03-6390-2000. Konservasi Energi Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung.



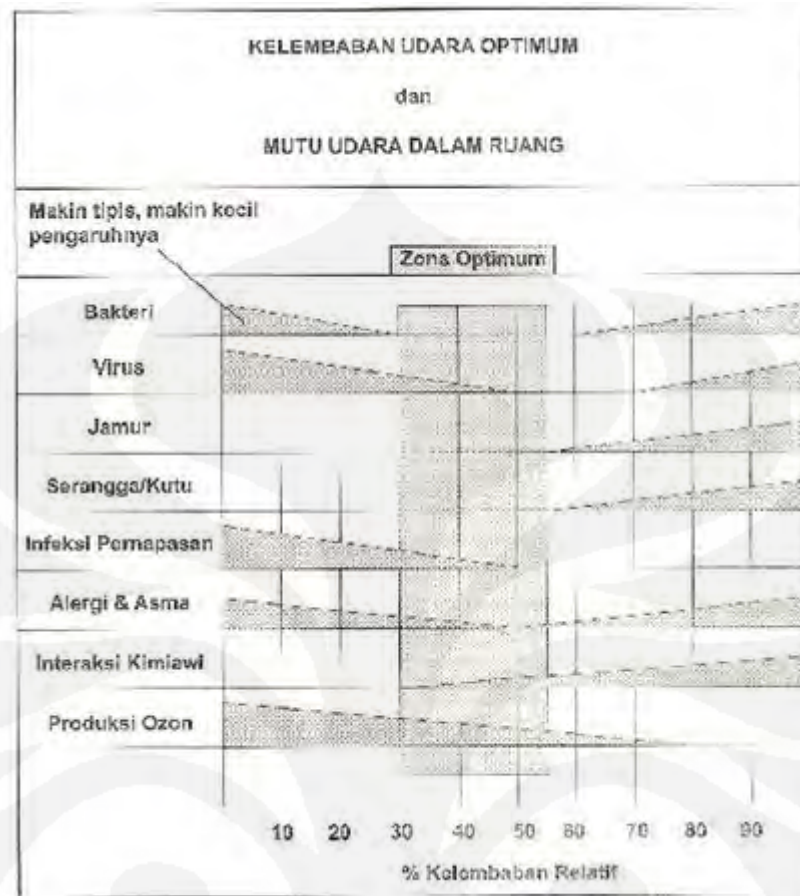
Gambar 2.1. Pengaruh suhu udara pada manusia

(Sumber: Ashare Handbook Fundamental, Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 2005)

2. Kelembapan (*Humidity*)

Menggambarkan rasio kelembapan yaitu istilah yang digunakan menunjukkan presentasi kadar uap air di udara. Kelembapan udara ini bergantung pada temperatur udara. Udara yang panas atau hangat mengandung uap air lebih banyak dari pada udara dingin. Kelembapan udara mempengaruhi rata-rata penguapan dari tubuh manusia. Kelembapan relative / *Relative humidity* ratio atau perbandingan dari jumlah uap air di udara dengan jumlah uap air yang paling baik pada temperatur sama. Kelembapan relatif dimana manusia merasa nyaman adalah 40% - 60%³. dari jumlah total uap air di udara.

³ ASHRAE Standard 55. Wikipedia. http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_comfort.



Gambar 2.2. Tingkat Kelembapan Relatif Dalam Ruang

(Sumber : Juwana, Jimmy S. Panduan Sistem Bangunan Tinggi, Jakarta : Erlangga, 2005, hal.109)

3. Kecepatan Udara (*Air Velocity*)

Berdasarkan standard dari ASHRAE dan SNI maka nilai *air velocity* adalah sebesar 0,15m/s. Air flow yang terlalu cepat dapat menyebabkan gangguan thermal atau masalah body temperature control, saat air flow terlalu lambat dapat menyebabkan pencemaran, atau temperatur ruang menjadi naik.

4. Kebersihan (*Cleanliness*)

Selama ruang udara tercemar oleh penguapan manusia, asap rokok, pembakaran, atau zat-zat yang tersebar dari material gedung, udara harus dicairkan melalui ventilasi. Zat-zat yang diatur dalam masa cleanliness yang meliputi partikel yang mengapung, carbon monoksida, karbon dioksida, dan formaldehyde.

2.1.2 Fungsi Sistem HVAC

Pengkondisian udara merupakan salah satu hal yang paling penting dalam suatu industri atau gedung. Karena dengan sistem pengkondisian udara yang baik akan menghasilkan udara segar sehingga diperoleh kenyamanan yang baik bagi manusia, mesin maupun lingkungan yang berada dilingkungan sekitar. Karena dengan tingkat nyaman yang baik akan meningkatkan kinerja dari manusia maupun mesin yang digunakan. (Wilbert F. Stoecker McGraw-Hill. Industrial Refrigeration Handbook).

Fungsi sistem HVAC pada umumnya dibagi menjadi dua golongan utama , yaitu :

1. Penataan udara untuk kenyamanan

Mengkondisikan udara pada ruangan untuk memberikan kenyamanan kerja bagi orang yang melakukan kegiatan tertentu. Diterapkan pada bangunan atau ruangan dimana manusia merupakan faktor yang dominan dalam peruntukan huniannya seperti gedung perkantoran, pertokoan, rumah sakit , hotel, apartemen, kereta , mobil dan lain-lain.

2. Penataan udara untuk industri

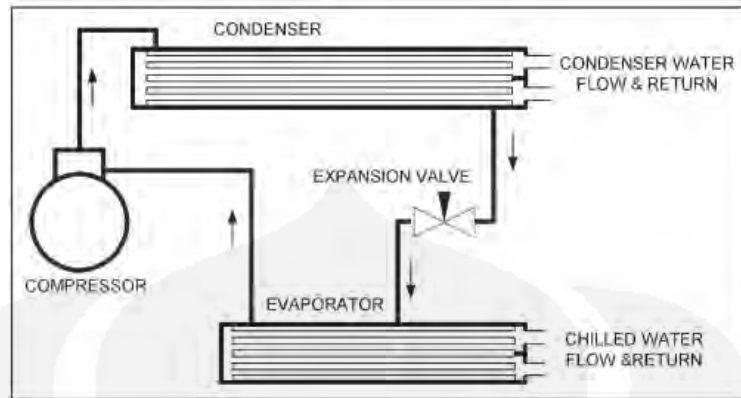
Mengkondisikan udara dalam ruang karena diperlukan oleh proses, bahan, peralatan atau barang yang ada didalamnya. Diterapkan pada bangunan atau ruangan dimana prosesing atau barang merupakan faktor yang dominan dalam huniannya, seperti pabrik obat-obatan, pengawetan makanan, ruang komputer, cold storage dan lain-lain.

2.1.3 Peralatan Utama Sistem Tata Udara Sentral

Sesuai dengan fungsinya sistem tata udara sentral dapat dibagi menjadi dua bagian , yaitu :

1. Peralatan Sistem plant

Peralatan ini terdiri dari : sistem pembangkit kalor, mesin refrigrasi (chiller), menara pendingin dan sistem pemipaan (pipa air, refrigrasi, pompa). Peralatan ini berfungsi untuk menyediakan air dingin yang diperlukan oleh koil pendinginan pada mesin AHU.

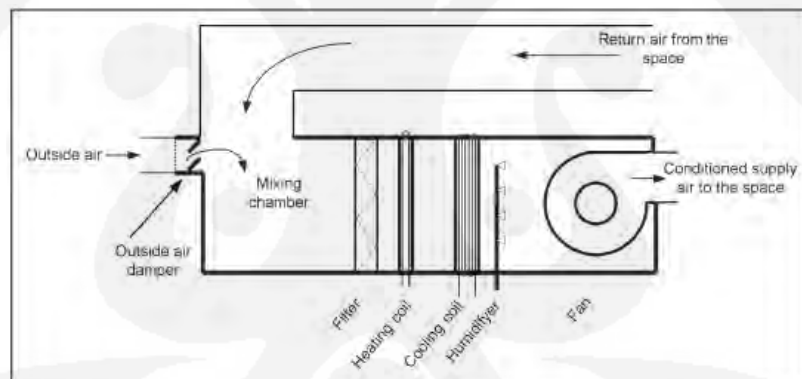


Gambar 2.3. skema sederhana mesin refrigrasi

(Fundamental Of HVAC Systems, Robert McDOWALL, hal.140)

2. Peralatan Sistem distribusi udara

Perangkat ini terdiri dari : saringan udara (filter), koil pendingin, kipas udara, ketiga alat ini dikemas menjadi satu unit pengolah udara (*Air Handling Unit / AHU*). Peralatan ini bertanggung jawab terhadap pengkondisian udara dalam ruangan.



Gambar 2.4. skema sederhana mesin AHU

(Fundamental Of HVAC Systems, Robert McDOWALL, hal.20)

Pada dasarnya pendinginan udara (AC) sentral merupakan unit pendinginan udara yang besar. Udara yang telah didinginkan tersebut selanjutnya didistribusikan ke berbagai ruangan. Dalam pendistributian udara dingin, maka dapat dibagi menjadi dua macam distribusi udara dingin ke dalam ruangan. Yang pertama adalah menghembuskan udara dingin dari AHU (*Air Handling Unit*) besar ke beberapa ruangan, sedangkan yang kedua adalah masing-masing ruang

mempunyai AHU kecil-kecil atau kombinasi dari sebuah AHU dan beberapa FCU (Fan Coil Unit).

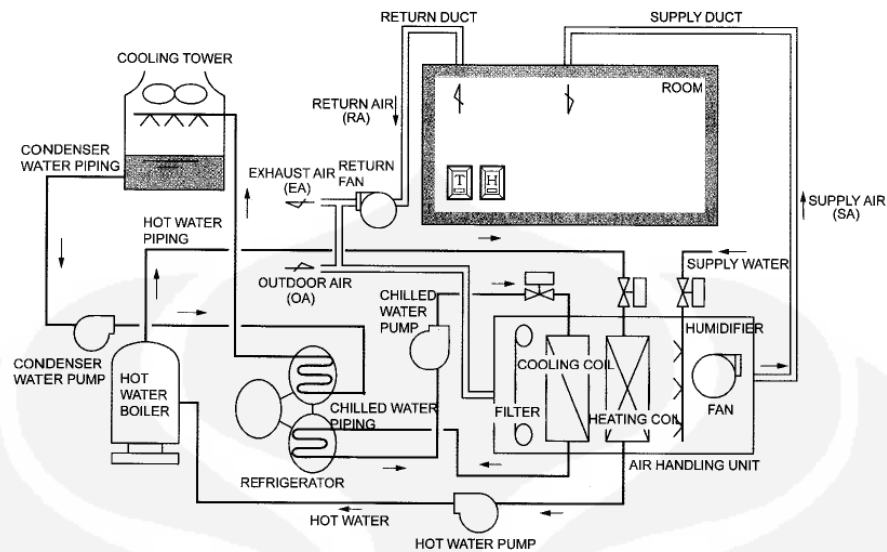
Jenis yang pertama sesuai jika kegunaan beberapa ruang tersebut dapat sama atau sejenis, misalnya semua ruang temperatur udaranya sekitar 25 C, sehingga pengendaliannya cukup dilakukan pada suatu tempat. Sedangkan jenis kedua sesuai jika penggunaan ruangan tersebut berbeda-beda sehingga pengendaliannya tidak cukup dilakukan hanya disuatu tempat dan masih perlu pengendalian dalam ruang tersebut. Untuk ruang yang khusus, pada umumnya menggunakan lebih dari sebuah AHU atau sebuah AHU ditambah di beberapa sudut dengan FCU. Hal ini untuk menjaga temperatur ruang tersebut dapat tetap seperti yang diharapkan.

2.1.4 Proses Pengkondisian Udara pada Sistem Tata Udara Sentral

Proses berawal dari mesin chiller yang berfungsi untuk menghasilkan air dingin yang kemudian didistribusikan oleh pompa ke air handling unit (AHU) atau Fan Coil Unit. Udara akan dialirkan melewati coil AHU dan FCU dimana didalamnya mengalir air dingin yang dihasilkan oleh mesin chiller. Udara yang melewati coil AHU dan FCU temperturnya akan menjadi lebih rendah setelah bertukar kalor dengan air dingin yang melewati coil AHU. Udara dengan temperatur yang rendah dan relatif humidity tertentu nantinya akan disalurkan keruangan-keruangan dan akan meningkatkan kenyamanan dari penggunaannya.

Prinsip AHU dan FCU

AHU merupakan suatu alat penukar panas udara. Pada gambar dibawah ini udara luar yang temperturnya lebih tinggi masuk ke AHU yang didalamnya terdapat rangkaian pipa air dingin dan kipas angin. Kemudian udara yang menjadi dingin ini dihembuskan oleh kipas angin kedalam beberapa ruangan. Saluran air dingin dilengkapi dengan katup, yang berguna untuk pengendalian temperatur udara kering. Jika batas bawah temperatur ruangan telah tercapai, maka katup ini ditutup. Sehingga temperatur udara didalam ruangan akan berangsur-angsur naik.



Gambar 2.5. Alur proses pengkondisian udara sistem tata udara sentral

(Sumber : Pengenalan Sistem Hvac Pada Gedung, Azbil Berca Indonesia, 2008, hal.3)

Demikian pula jika temperatur udara didalam ruangan telah mencapai batas atasnya, maka katup ini dibuka kembali, sehingga temperatur udara didalam ruangan berangsur-angsur dingin. Pengkondisian temperatur ruang yang dimaksud adalah mengatur temperatur dan laju udara yang masuk ke ruangan agar dicapai kenyamanan yang diinginkan oleh pengguna.

Sering kali terdapat suatu kombinasi antara AHU dan FCU dalam suatu ruang. Hal ini biasanya diperlukan pada suatu ruangan yang bebannya seringkali berubah-ubah, sedangkan kenyamanannya diharapkan tetap. Sehingga dalam kondisi beban berubah seperti ini FCU akan mengkondisikan udara ruang seperti yang dikehendaki. Namun ketika kondisi ruangan tersebut masih tetap, maka FCU tidak bekerja.

Komponen utama FCU dan AHU adalah motor listrik dan kipas udara (fan), koil pendingin, saringan udara (filter) serta damper (untuk pengaturan banyaknya udara yang masuk ke FCU) berperan untuk mengolah udara yang akan dikirim ke ruangan agar kenyamanan (yaitu: temperatur, kelembapan relatif dan kecepatan udara) di tiap bagian ruangan dapat tercapai. Sedangkan AHU mirip dengan FCU, berperan untuk mengolah udara untuk dikirim ke ruangan besar atau beberapa ruangan.

2.2. Sistem Automatik Pada Gedung

2.2.1. Definisi

Sistem Automatik pada gedung atau dikenal dengan BAS (*Building Automation System*) adalah suatu sistem pengendalian dan pemantauan yang terpusat dari seluruh peralatan mekanikal dan elektrikal yang terdapat di suatu gedung. BAS terdiri dari beberapa *Direct Digital Control* (DDC) yang mempunyai input dan output baik secara analog ataupun digital. Input dan output tersebut berguna sebagai indikator untuk mengetahui status dari perangkat yang akan dikontrol⁴.

BAS juga biasa disebut sebagai *Energy Management and Control System* (EMCS). BAS dalam suatu gedung ini merupakan suatu sistem yang dapat mengatur penggunaan energi sesuai atau sebatas yang dibutuhkan tanpa mengurangi fungsi peralatan yang dipakai dan meningkatkan kemampuan melakukan manajemen energi suatu gedung.

Untuk beberapa macam bangunan, *Building Automation System* adalah sebuah solusi untuk mengatur, mengontrol dan mengotomatisasi perlengkapan dan fungsi dari gedung tersebut, termasuk *Heating Ventilating dan Air Conditioning* (HVAC), *Thermal Source*, Peralatan listrik dan sanitasi, penerangan, *elevator*, keamanan, kebakaran dan kenyamanan penyewa gedung.

2.2.2. Bagian-bagian *Building Automation Sistem* (BAS)

Pada prinsipnya sistem kontrol otomatis harus berpedoman pada kehandalan, kontinyuitas, serta kecepatan produktivitas. Secara umum prinsip dari rangkaian kontrol terdiri atas tiga bagian :

- Masukan (*Input*)
- Proses (*Process*)
- Keluaran (*Output*)

⁴ Instrumentation Guide Comfort Control. Yamatake. hal. 1

Blok diagramnya dapat dilihat sebagai berikut :

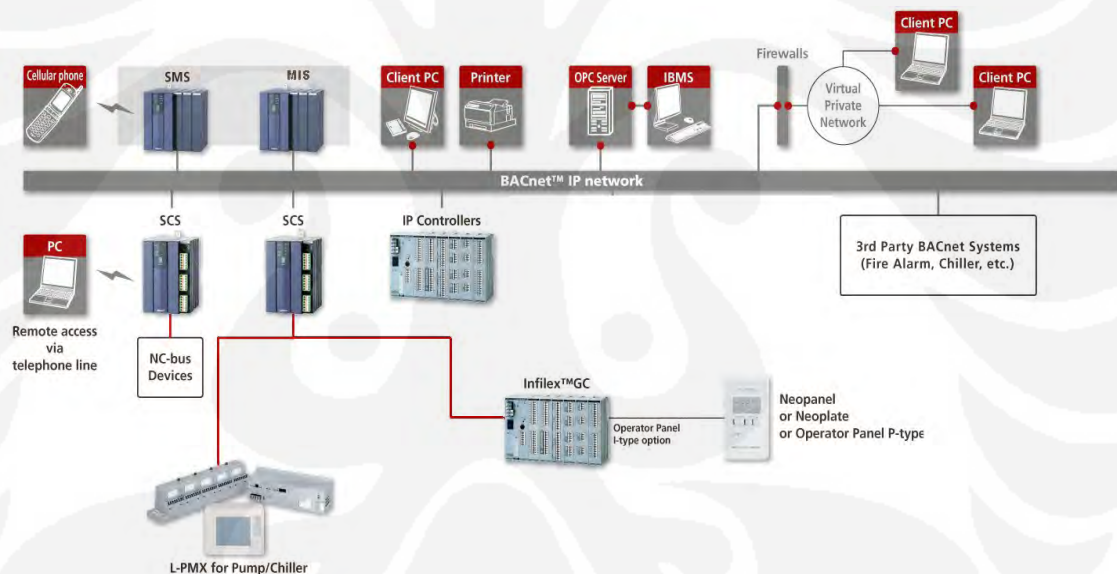


Gambar 2.6. Blok Diagram Dasar Sistem Kontrol

Dalam aplikasinya pada sistem kontrol BAS adalah sebagai berikut :

- Peralatan input : tombol tekan, sensor-sensor (seperti: RTD, PT100)
- Peralatan proses : DDC / *Controller*, relay,
- Peralatan output : lampu, *buzzer*, *valve*, motor, dan lain-lain

Selain itu pada sistem kontrol ini dibutuhkan *feedback* untuk mengirim sinyal balik dari keluaran ke masukan sehingga sistem akan terus berputar atau yang biasa kita kenal sebagai sistem kontrol *close loop*.



Gambar 2.7. Konfigurasi sistem BAS

(Sumber : telah diolah kembali dari azbil Building Management System Savicnet-FX Basic Guide)

Building Automation Sistem (BAS) terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu :

1) ***Intelligent Controller***

Intelligent Controller adalah sebuah *controller digital* untuk mengontrol unit individual. Semenjak *controller* ini secara otomatis mengontrol operasi,

operasi akan tetap terjaga bahkan jika bagian lain dari sistem berhenti. *Controller* menyediakan komunikasi dengan *Center Unit* lewat UIC (*Unit Integrated Controller*), menerima perubahan pada *setpoint* dari center unit dan mengembalikan hasil kontrol dan data lain.

IDC dan ICC menampilkan berbagai macam kontrol dan kontrol IDGP serta status data, nilai analog, dan alarm dari berbagai sistem

a. IDC (*Intelligent Digital Controller*)

Intelligent Digital Controller adalah sebuah kontroler digital untuk mengontrol unit individual. Kontroler ini secara otomatis mengontrol operasi, operasi akan tetap terjaga bahkan jika bagian lain dari sistem berhenti. IDC pada panel dari sistem BAS yang digunakan adalah *Inflex GC*, yang merupakan sebuah kontroler multiguna yang didesain untuk mengontrol perangkat/peralatan pada gedung, seperti AHU (*Air Handling Unit*), LP (*Lighting Panel*), dll. *Inflex GC* juga dapat digunakan untuk mengontrol dan memonitoring temperatur dan kelembapan. *Inflex GC* merupakan *basic unit* yang dapat dihubungkan dengan 16 buah I/O modul.



Gambar 2.8. *Inflex-GC*

Intelligent Digital Controller ini mempunyai kemampuan sebagai berikut :

- Dapat beroperasi sendiri melakukan kontrol perintah terhadap point-point (Analog Input, Analog Output, Digital, Digital Output) sesuai dengan program yang sudah dibuat.
- Jika dihubungkan dengan sistem BAS maka DDC ini dapat dikontrol secara terpusat dari BAS Room dan perintah-perintah historical serta alarm yang terjadi dapat diketahui.

Maksudnya adalah bahwa *DDC Controller* mampu mengirimkan kontrol perintah , dan mengirimkan laporan alarm secara langsung ke komponen BAS yang berfungsi untuk mengumpulkan informasi dari beberapa *DDC Controller* yang lain.

b. Modul I/O

Modul I/O merupakan penghubung antara perangkat yang akan dikontrol/dimonitoring pada gedung dengan kontroler *Inflex GC* pada panel DDC. Modul-modul I/O yang digunakan pada apartemen antara lain:

➤ DI (*Digital Input*)

Ada 2 jenis modul DI yaitu, DI-8 dan DI-16. secara garis besar kedua modul ini memiliki fungsi yang sama, yang membedakan dari ke dua modul ini hanyalah jumlah pin input untuk koneksi ke point yang akan di control/di monitoring. Modul DI berfungsi untuk monitoring status dan alarm point dari equipment yang terpasang.

➤ DO (*Digital Output*)

Sama halnya seperti DI, modul DO juga memiliki 2 jenis yaitu, DO-8 dan DO-16. Modul DO berfungsi untuk melakukan instruksi untuk menstart/menstop point dari equipment yang terpasang.

➤ AI (*Analog Input*)

Ada 2 jenis modul AI yang digunakan pada sistem BAS di pabrik ini yaitu AI type A dan AI type P. AI type A ini berfungsi untuk memonitoring analog input yang berupa tegangan dan arus dari equipment yang terpasang (seperti ; point pressure monitoring untuk header pump,dll). Sedangkan AI type P berfungsi untuk memonitoring analog input yang berupa temperatur dari equipment yang terpasang (seperti: Room temperature).



Gambar 2.9. Modul I/O

2) SCS (*System Core Server*)

SCS (*System Core Server*) adalah sebuah kontroler yang terintegrasi dengan DDC (*Direct Digital Controller*) dan RS (*Remote Station*) seperti Infilex™ series controllers kedalam BMS (*Building Management Systems*) Savic-net™ FX. SCS mengumpulkan data atau berbagai informasi manajemen yang dikumpulkan oleh DDC / remote unit seperti mengenai data point ON/OFF, status data point, waktu operasi peralatan semuanya direkam dan disimpan pada SCS.



Gambar 2.10. SCS (*System Core Server*)

3) MIS (*Management Integration Server*)

Data utama yang dikumpulkan didalam SCS disimpan sebagai BAS data kemudian ditransmisikan ke MIS. Sebagai tambahan terhadap proses informasi, data untuk laporan harian/bulanan/tahunan dan untuk grafik kecenderungan dikumpulkan, disimpan pada hardisk, dan diproses untuk informasi manajemen (point informasi, program, dll) pada MIS menggunakan perangkat lunak dari klien PC itu. MIS merupakan interface antara DDC dengan PC klien, komponen ini merubah bahasa program dari PC operator menjadi digital, maksudnya agar apa yang diperintahkan oleh PC dapat dibaca dan dijalankan oleh DDC *Controller*. Sebaliknya, komponen ini juga menerjemahkan keadaan yang ada pada kondisi aktual yang diinformasikan oleh DDC ke PC klien sehingga dapat terbaca pada operator.



Gambar 2.11. MIS (Management Integration Server)

4) HUB

Berfungsi sebagai connector komunikasi antara *Controller* ke *Controller* dan PC.



Gambar 2.12. HUB

5) UPS

UPS adalah suatu alat yang berfungsi sebagai *buffer* antara power suplai dengan peralatan elektronik yang kita gunakan seperti komputer, printer, modem dan sebagainya. *Uninterruptible Power Supply* merupakan sistem Penyedia daya listrik yang sangat penting dan diperlukan sekaligus dijadikan sebagai benteng dari kegagalan daya serta kerusakan sistem dan hardware.

Fungsi Utama dari UPS adalah :

- Dapat Memberikan Energi listrik Sementara ketika terjadi kegagalan daya pada listrik utama (PLN)
- Memberikan kesempatan waktu yang cukup untuk menunggu supply listrik dari Genset sebagai pengganti PLN
- Mengamankan Sistem komputer dari gangguan-gangguan listrik yang dapat mengganggu sistem komputer baik berupa kerusakan software, data maupun kerusakan hardware

- UPS secara otomatis dapat melakukan stabilisasi tegangan ketika terjadi perubahan tegangan pada input sehingga tegangan output yang digunakan oleh sistem komputer berupa tegangan yang stabil

6) PC Klien

PC Klien adalah seperangkat PC (*personal computer*) yang ditempatkan pada ruang kendali pusat untuk mensupervisi keseluruhan bangunan. PC Klien ini sebenarnya dapat diinstall di manapun selama penempatannya dapat untuk koneksi jaringan. PC Klien ini disediakan untuk melakukan :

- Mensupervisi ON/OFF, status, trip dan pengukuran data yang lain.
- Memasukan Perintah (Command)
- Network Alarm Management



Gambar 2.13. PC Klien

PC Klien mengendalikan seluruh point-point dan menyimpan informasi untuk dievaluasi. Setelah dilakukan analisa terhadap keadaan atau kondisi peralatan/lingkungan, PC akan mengirimkan informasi balik ke peralatan kontrol lokal.

Pada PC Klien terdapat software yang digunakan untuk mensupervisi peralatan yang dikontrol dan untuk melakukan perubahan pada proses kontrol. Pada software, minimum tersedia fungsi-fungsi sebagai berikut :

- Merubah, memprogram, menyimpan dan mendownload data base *controller*.
- Menghidupkan atau mematikan peralatan yang dikehendaki
- Merubah set point
- Memasukan jadwal dan operasi peralatan (misalnya jadwal liburan)
- Menampilkan citra trend dengan grafik dan control dari peralatan

- Mengumpulkan dan menganalisa data-data yang lalu (historical data)
- Membuat perencanaan dan pemeliharaan peralatan dari data yang dikumpulkan

7) Sensor

Sensor merupakan suatu perangkat elektronik yang berfungsi untuk mendeteksi suatu besaran fisis untuk diolah datanya menjadi suatu besaran listrik. Sensor dapat diterapkan pada berbagai peralatan misalnya alarm, pengukuran, pengendalian dan lain sebagainya. Sensor yang digunakan pada sistem BAS ini antara lain:

a. *Pressure Transmitter*

Pressure Transmitter yang digunakan adalah model STG940, sensor ini mampu untuk mengukur tekanan dari gas, cair dan cairan rata-rata. Alat ini mengirimkan signal analog dari 4 sampai 20 mA dc dan memberi sinyal digital untuk pengukuran tekanan.



Gambar 2.14. *Pressure Transmitter* model STG940

b. *Room Temperature*

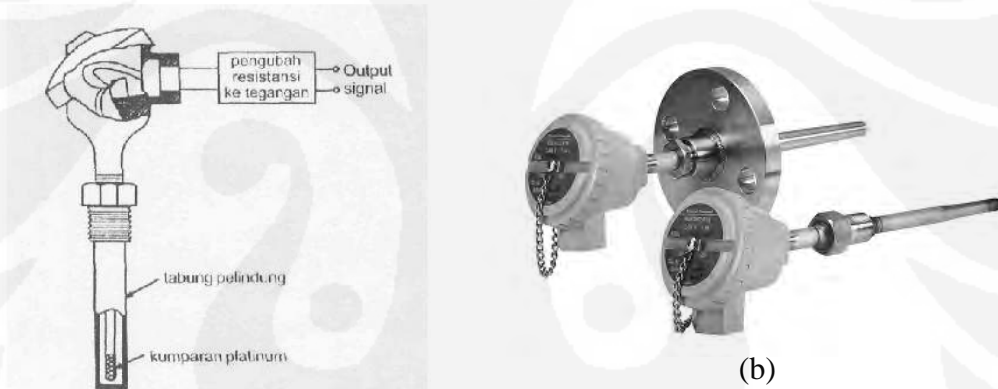
RT (*Room Temperature*) yang digunakan adalah model Neosensor TY7043Z0P00, yang merupakan suatu sensor yang dikoodinasikan sesuai persyaratan dalam desain dengan neostat elektrik room temperature *controller*.



Gambar 2.15. Room Temperature

c. *Pipe Insertion Sensor*

RTD terbuat dari sebuah kumparan kawat platinum pada papan pembentuk dari bahan isolator. Selain itu, RTD mempunyai film platinum pada lapisan bawah berupa bahan alumina. RTD dapat digunakan sebagai sensor suhu yang mempunyai ketelitian 0,0 derajat celcius dibawah 500° C dan 0,1° C diatas 1000° C. Dibawah ini adalah gambar konstruksi RTD :



Gambar 2.16. (a) Konstruksi RTD Bahan Platinum (b) *pipe insertion* type TY783



Gambar 2.17. Insertion Temperature/*Humidity* Sensor

Prinsip kerja dari RTD adalah memberikan perubahan resistansi yang sebanding dengan perubahan suhu. Tegangan keluarannya dapat diperoleh dengan mengalirkan arus konstan melalui RTD.

Kumpulan RTD yang banyak digunakan berasal dari bahan platinum, nikel, atau nikel campuran. Platinum mempunyai stabilitas yang baik dan mempunyai ketelitian dan ketepatan tinggi terhadap rentang pengukuran suhu.

2.3 Pemanfaatan BAS pada Sistem HVAC

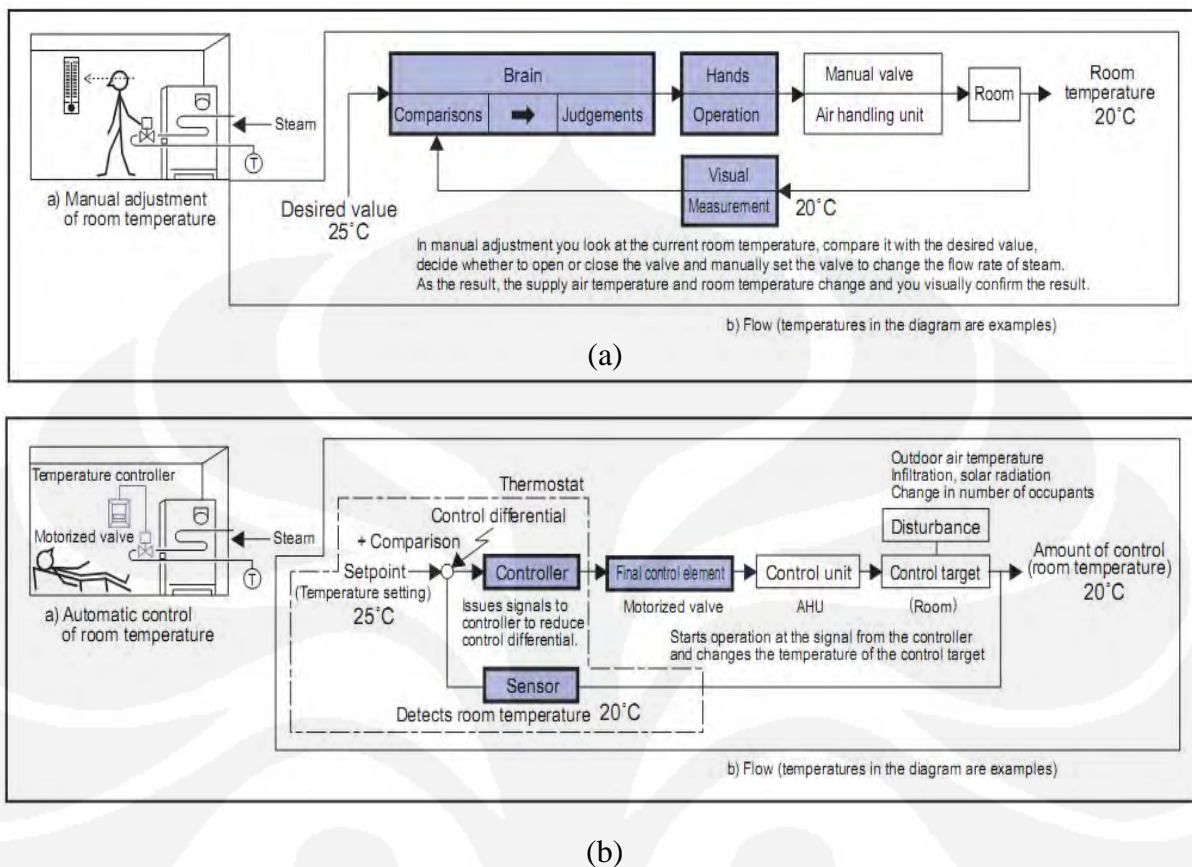
Sasaran dari pemanfaatan BAS pada sistem HVAC adalah untuk mencapai suatu tingkatan yang optimal dalam pengendalian sistem HVAC dengan penggunaan energi yang seefisien mungkin.

Yang dimaksud dengan pengendalian sistem HVAC dalam suatu ruangan adalah :

- Untuk mengatur sistem sedemikian rupa sehingga kondisi ruangan tetap nyaman bagi pengguna dan sesuai dengan kegunaanya
- Mengoperasikan alat pendingin secara efisien . dengan artian bahwa penggunaan energi tidak berlebihan.

Secara umum sistem HVAC didesign untuk menangani beban puncak pendinginan atau pemanasan yang sebenarnya jarang terjadi, padahal akan lebih sering terjadi perubahan pada beban pendinginan. Oleh karena itu sistem kontrol ini pada dasarnya adalah pengendalian variabel dalam udara dari suatu ruangan agar variabel tersebut berada dalam batas yang diharapkan, melalui unit pengendali sistem yang mengintegrasikan komponen ke fan, pompa, peralatan heating/cooling, thermostat dan peralatan lainnya. Proses monitoring dan optimasi temperatur, tekanan, kelembaban, dan laju alir udara adalah fungsi penting dari sistem kontrol bangunan yang modern.

Kita menggunakan kontrol otomatis untuk sistem HVAC sebagai pengganti kontrol yang manual. Kontrol otomatis mengeliminasi kebutuhan tenaga manusia yang terus menerus untuk melakukan monitoring dari suatu proses, dan hal ini juga mengurangi biaya tenaga kerja dan menghasilkan kinerja yang lebih baik, konsisten, dan dapat ditingkatkan.



Gambar 2.18. Skema sistem kontrol HVAC secara (a) manual (b) otomatis

(Sumber : Instrumentation Guide Comfort Control. Yamatake hal.5)

Sistem kontrol ini diperlukan karena adanya perubahan beban pendinginan, sehingga kinerja sistem perlu diubah sesuai dengan perubahan bebannya (misalkan dengan menghidup-matikan mesin chiller, mengatur laju air dingin, mengatur kecepatan putar motor pompa atau mengatur buka-tutup katup atau *valve*). Sinyal termokopel, yang merupakan sinyal deteksi temperatur ruang berupa sinyal analog dikirimkan ke unit pengendali. Sehingga bilamana sinyal yang diberikan oleh termokopel telah melebihi batas yang telah ditetapkan, maka pengendali akan menggerakkan katup yang mengatur laju aliran air dingin untuk mengurangi laju air dingin tersebut demikian pula jika ternyata sinyal dari termokopel masih dibawah batas bawah yang ditetapkan, maka unit pengendali akan membuka katup aliran dingin.

2.4 DDC (*Direct Digital Controller*) sebagai Basis Pengontrolan

Pada awalnya, sistem kontrol menggunakan cara konvensional yaitu dengan sistem sambungan menggunakan beberapa komponen seperti timer, relay, counter dan kontaktor. Generasi selanjutnya, sistem kontrol sudah menggunakan mikroprocessor dengan bahasa pemrograman assembler.

Secara definisi, DDC (*Direct Digital Controller*) adalah suatu rangkaian *micro controller* yang digunakan pada sistem kontrol dan pengendalian jarak jauh (*remote station*) dari pusat monitoring untuk mengontrol unit individual.⁵ *Controller* ini secara otomatis mengontrol operasi, operasi akan tetap terjaga bahkan jika bagian lain dari sistem berhenti. DDC terdiri dari *controller* dan modul modul I/O yang terhubung langsung dengan point-point dilapangan.

Alasan penggunaan DDC dalam sistem kontrol :

- Penghematan komponen seperti timer, relay dan counter.
- Tidak memerlukan pekerjaan wiring kabel yang rumit.
- Dapat digunakan untuk sistem yang kompleks (MMI atau HMI) dan dapat di komunikasikan antar DDC.

Cara kerja DDC :

Untuk dapat menggunakan DDC, adalah dengan menghubungkan sensor pada bagian modul input DDC dan alat – alat yang dikontrol pada bagian modul output DDC. Kemudian program yang ada dalam DDC akan memproses data dari masukan input device DDC dan outputnya akan bekerja sesuai dengan program yang dibuat dan tersimpan di dalam memory DDC.

Peralatan input dapat berupa sensor temperatur, push button dan panel kontrol, limit switch atau peralatan lainnya dimana dapat menghasilkan suatu sinyal yang dapat diterima DDC. Peralatan output dapat berupa switch yang menggerakkan lampu indikator, relay yang mengoperasikan valve, motor atau peralatan lain yang dapat digerakkan oleh sinyal output dari DDC.

⁵ Instrumentation Guide Comfort Control. Yamatake. hal. 20

Hal-hal penting dalam menggunakan DDC :

Input : a. Jumlah input

b. Tipe input

Output : a. Jumlah output

b. Tipe output

Tipe input dan output pada DDC *Controller* adalah sebagai berikut :

- *Analog Input* : 4-20 mA ; 0-10 VDC, 1000ohm RTD's
- *Digital Input* : Dry Contact Closure, Pulse Accumulator, Voltage sensing
- *Analog Output* : 4-20 mA; 0-10 VDC
- *Digital Output* : *Contact Closure*

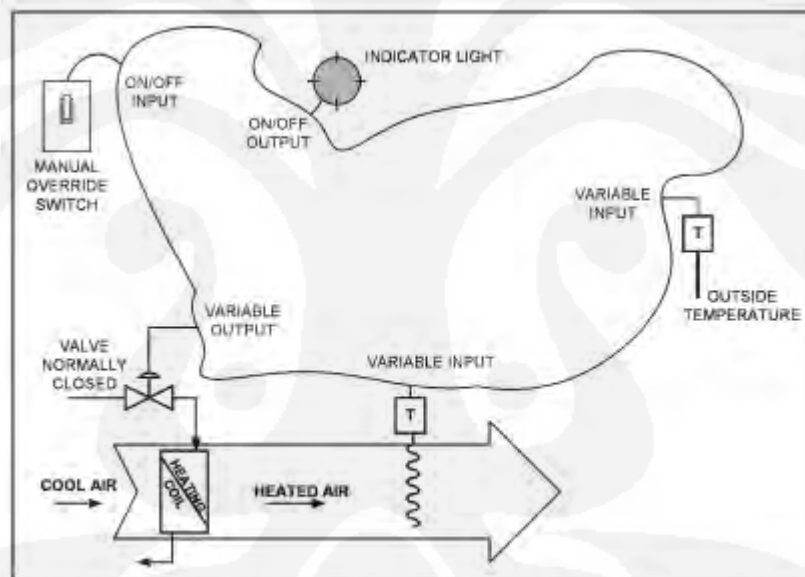


Figure 11.5 Control Scheme (from 1-3) without Controlling Components

Gambar 2.19. Skema jenis *input/output* kontrol

(Sumber : Fundamental Of HVAC Systems, Robert McDOWALL, hal.157)

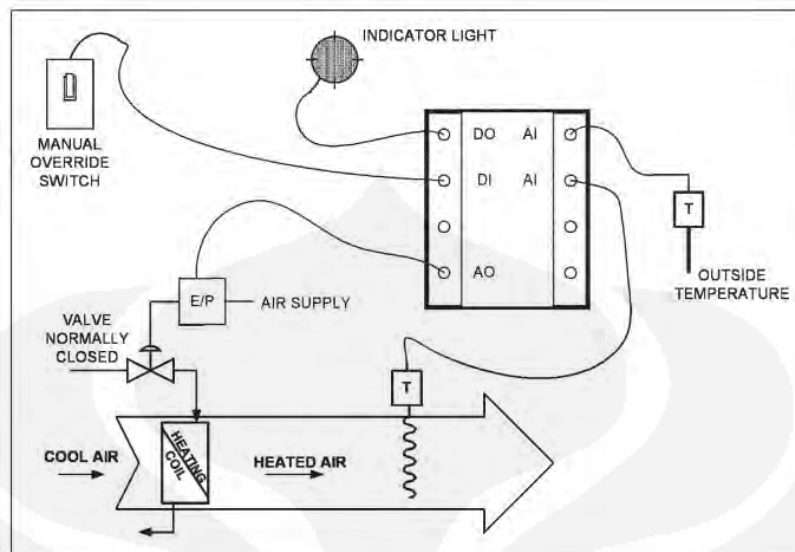


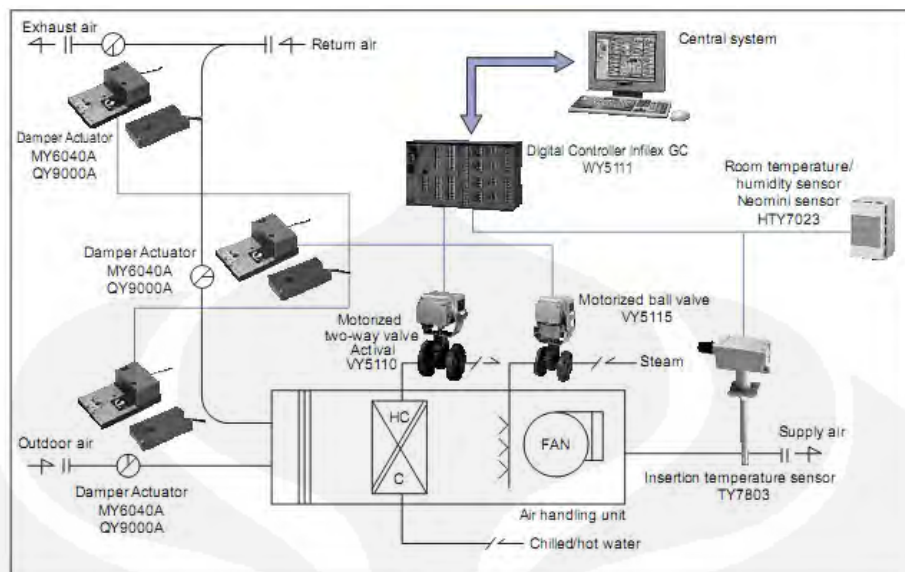
Figure 11.6 DDC Control Schematic

Gambar 2.20. Skema jenis *input/output* kontrol dengan penggunaan DDC

(Sumber : Fundamental Of HVAC Systems, Robert McDOWALL, hal.160)

Pada sistem kontrol HVAC, *controller* yang sering digunakan adalah DDC (*Direct Digital Controller*). Sistem kontrol DDC ini menerima masukan/input digital dan analog dari sensor dan peralatan yang ada pada sistem HVAC kemudian memproses berdasarkan program control logic yang sudah dibuat lalu menyediakan sinyal keluaran/output digital atau analog untuk mengendalikan sistem HVAC. Fungsi dari *controller* tersebut adalah untuk membandingkan nilai input (dari sensor) dengan suatu nilai setpoint yang telah ditentukan sebelumnya, kemudian menghasilkan suatu signal output yang sesuai. Ini adalah logika dari pengontrolan.

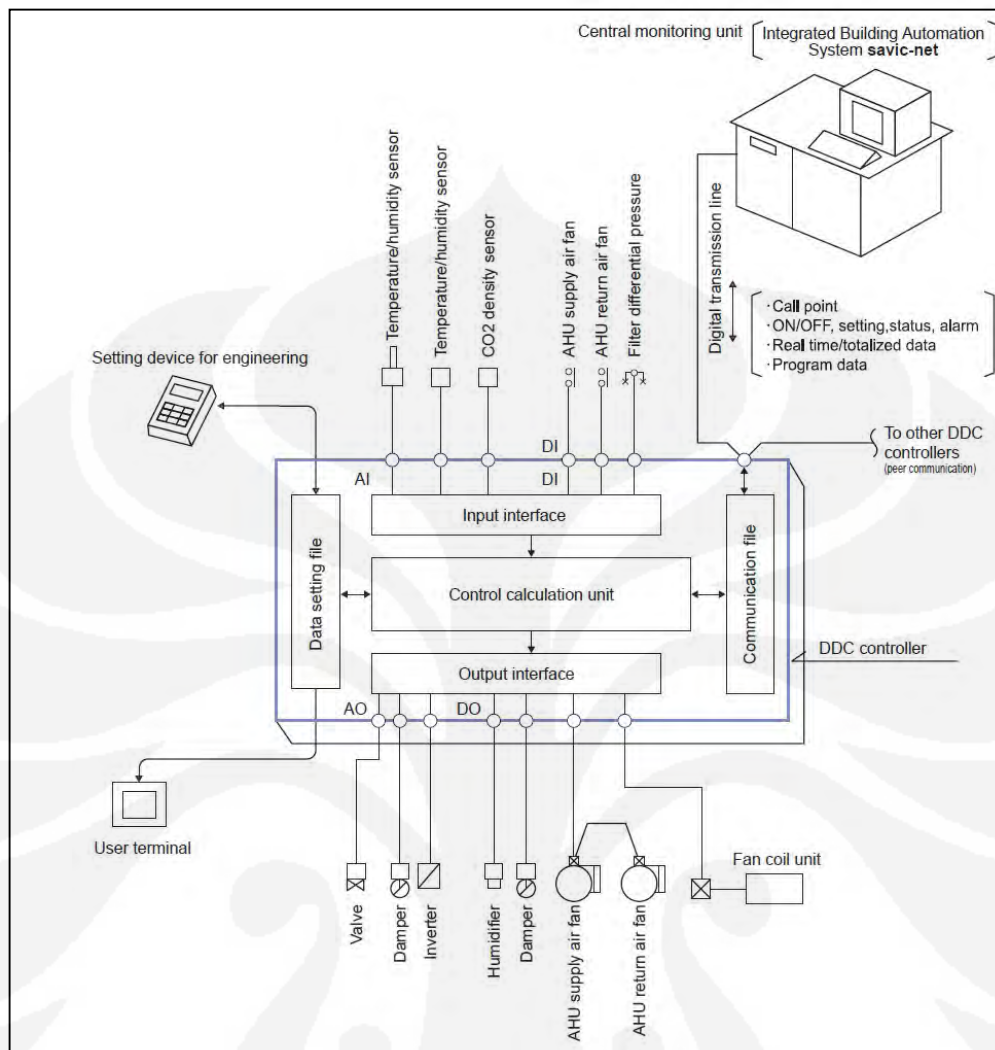
Sistem ini biasanya dikombinasikan dengan suatu paket software yang memungkinkan operator untuk memonitor, mengendalikan, mengetahui alarm dan diagnosa kinerja sistem HVAC secara *remote* dari BAS room.



Gambar 2.21. Contoh instrumentasi pengontrolan dengan DDC

(Sumber : Instrumentation Guide Comfort Control. Yamatake, hal.20)

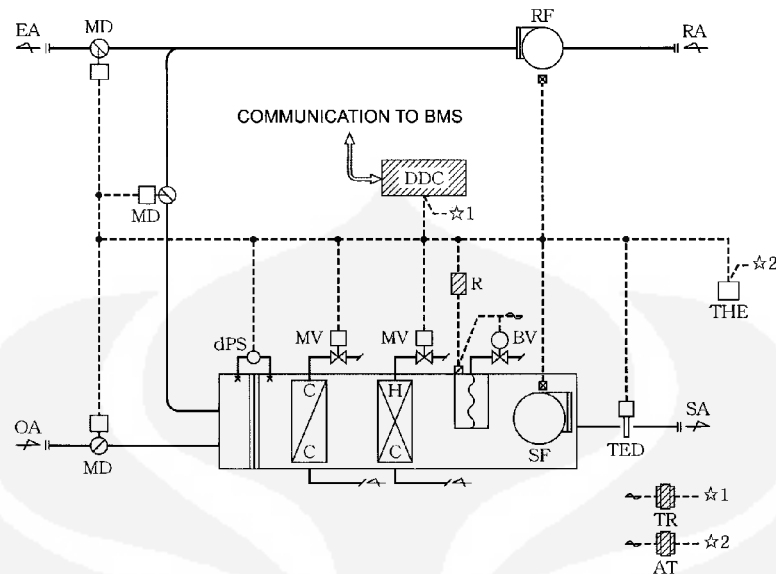
Pada *Gambar 2.22.* menunjukkan sistem konfigurasi DDC. DDC controller mempunyai digital dan analog input, hal ini memungkinkan pengukuran dari variabel (temperatur, kelembaban, atau tekanan), digital dan *analog output* untuk kontrol dari sistem HVAC. *Digital input* digunakan untuk input (*dry*) contact dari peralatan kontrol, dan analog input digunakan untuk suatu pengukuran tegangan atau arus dari suatu variabel (temperatur, kelembaban, laju alir, atau tekanan) peralatan sensor. *Digital Output* digunakan untuk kontak relay yang digunakan untuk start dan stop peralatan, dan *analog output* digunakan mengatur tegangan dan arus untuk mengendalikan peralatan aktuator seperti MV (*motorized valve*), inverter, damper dan lain-lain. Pemograman DDC dilakukan dengan menggunakan console yang dihubungkan pada terminal program DDC, biasanya pemograman berupa gerbang logika. Proses kerja pada DDC juga dimonitor, dikontrol dari *central unit* , pada central unit dapat dilakukan kontrol peralatan, perubahan setting, melihat status, real time data, juga mengevaluasi historical data yang tersimpan pada hard disk. DDC juga dapat dihubungkan dengan DDC yang lain sehingga dapat saling bertukar informasi untuk mendapatkan kinerja sistem yang optimal sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2.22. Contoh konfigurasi DDC Controller

(Sumber : Instrumentation Guide Comfort Control. Yamatake, hal.21)

Sebuah control schematic adalah sebuah diagram dimana automatic control device ditunjukkan secara grafis. *Gambar 2.23.* menggambarkan sebuah typical constant air volume air handler dengan one-cooling coil dan one-heating coil yang dikontrol oleh direct digital controller (DDC). Pada beberapa tahun terakhir, DDC diaplikasikan untuk sebagian besar air handler control. Selain itu untuk schematic diagram, fungsi kontrol juga dijelaskan untuk pemahaman yang tepat



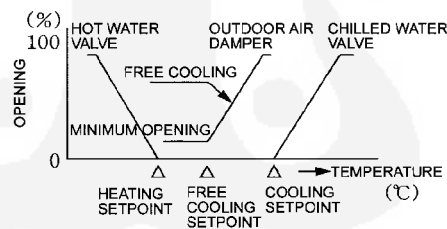
Gambar 2.23. Kontrol Schematic pada AHU

(Sumber : Pengenalan Sistem Hvac Pada Gedung, Azbil Berca Indonesia, 2008, hal.69)

Daftar control :

1. Room temperature control

Chilled water valve, hot water valve dan outdoor air damper dikendalikan oleh PI control untuk menjaga temperatur ruangan.

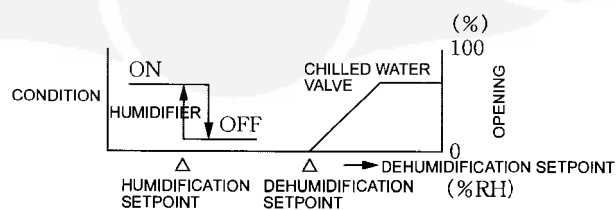


2. Room humidity control (humidification/dehumidification)
(Humidification)

Humidifier valve dimodulasi oleh two-position control untuk menjaga room relative humidity. Jika discharge air temperature mati dibawah batas rendah humidification valve.

(Dehumidification)

Chilled water valve dikontrol untuk menjaga room relative humidity. Heating coil dikontrol untuk me-reheat discharge air.



3. Supply temperature limit control
Chilled water valve dan heating coil valve dikontrol karena itu discharge temperature adalah dalam high/low limit untuk mencegah kondensasi atau cold draft.
4. Pre-cooling/heating control
Saat start-up, outdoor air/exhaust air damper diposisikan full closed, return air damper full open, dan humidifier valve mati.
5. Interlock control pada air handler mati. (damper/two-way valve/humidifier)
6. Free cooling control
Jika outdoor air efektif untuk cooling damper yang proporsional dikontrol untuk menjaga temperature ruangan.
7. Komunikasi dengan building management system (start/stop setting, measuring, monitoring)

Tabel 2.1. Daftar simbol peralatan

Symbol	Name	Symbol	Name
DDC	Air handle controller	dPS	Differential pressure switch
THE	Room temperature/ humidity sensor	H/C	Hot water coil
TED	Duct temperature sensor	C/C	Chilled water coil
MV	Rotary type electric two-way valve	SF	Supply fan
BV	Small electric two-way ball Valve	RF	Return fan
MD	Motor damper		

(Sumber : Pengenalan Sistem Hvac Pada Gedung, Azbil Berca Indonesia, 2008, hal.70)

BAB III

DATA PENELITIAN

Pada studi analisis tentang sistem otomatis pada gedung untuk sistem HVAC ini penulis melakukan studi lapangan di PT. Azbil Indonesia (lebih dikenal sebagai Yamatake Berca Indonesia). Adapun yang dijadikan sebagai objek studi kasus adalah sebagai berikut :

Nama Bangunan : Pabrik “X”
Lokasi : Kawasan Industri Cibitung
Fungsi Bangunan : Ruang Produksi dan Ruang Pengemasan

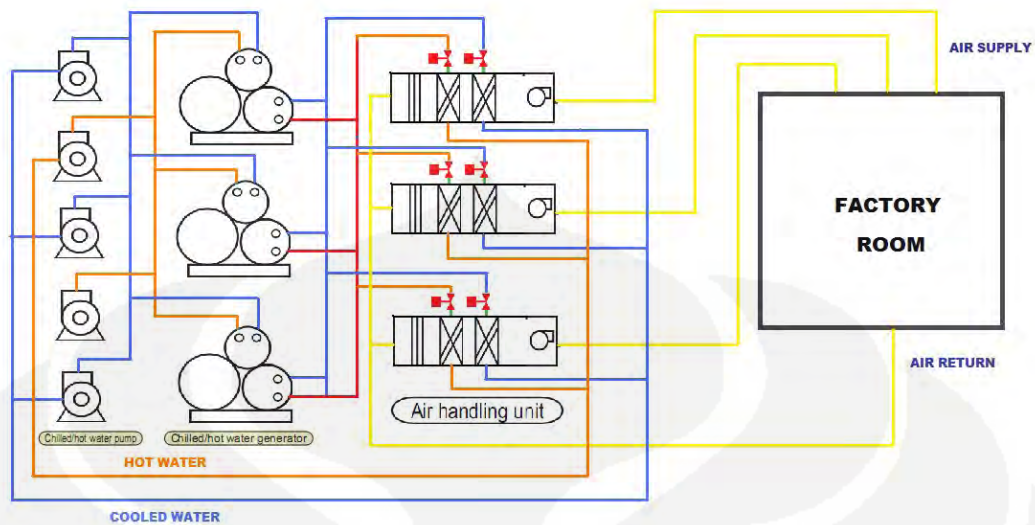
3.1 Spesifikasi Sistem HVAC

Sistem HVAC pada gedung Pabrik “X” dimanfaatkan untuk ruangan yang berhubungan dengan proses produksi dan proses pengemasan produk. Sehingga sistem HVAC disini merupakan hal yang sangat penting, karena sistem ini erat kaitannya dengan mutu hasil produksi , produktivitas, persyaratan teknis dan keselamatan kerja. Adapun jenis peralatan sistem tata udara yang digunakan berupa sistem tata udara sentral.

Sistem HVAC disini dirancang untuk memperoleh temperatur dan kelembapan serta distribusi udara sesuai dengan sifat dan kondisi yang diinginkan guna pengerjaan dalam suatu proses produksi. Adapun nilai temperatur dan kelembapan yang dijadikan standard produksi adalah sebesar 22°C dan 58%RH.

3.1.1 Blok Diagram

Berdasarkan blok diagram pada *gambar 3.1*, sistem dibagi menjadi delapan bagian yaitu motor pompa pendingin, motor pompa pemanas, Chiller, AHU, plant erupa ruangan pabrik yang diatur suhu dan kelembapan sesuai dengan nilai setpoint yang diharapkan.



Gambar 3.1. Blok Diagram Sistem HVAC Pabrik “X” Di Cibitung

1. Motor Pompa Pendingin

Motor pompa pendingin berfungsi untuk mensuplai air yang akan digunakan oleh chiller untuk menghasilkan air dingin.

2. Motor Pompa Pemanas

Motor pompa pemanas berfungsi untuk mensuplai air yang akan digunakan oleh chiller untuk menghasilkan air panas.

3. Chiller

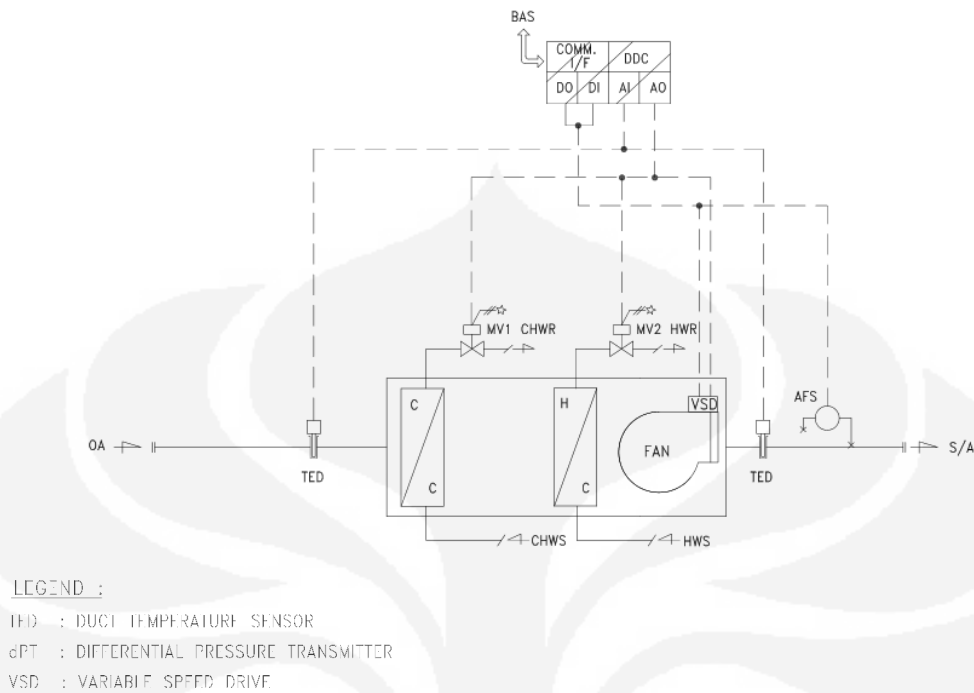
Merupakan mesin pendingin dan pemanas yang merupakan bagian penting dalam sistem HVAC. Air yang disuplai oleh chiller akan didistribusikan ke unit-unit pengolah udara.

4. AHU

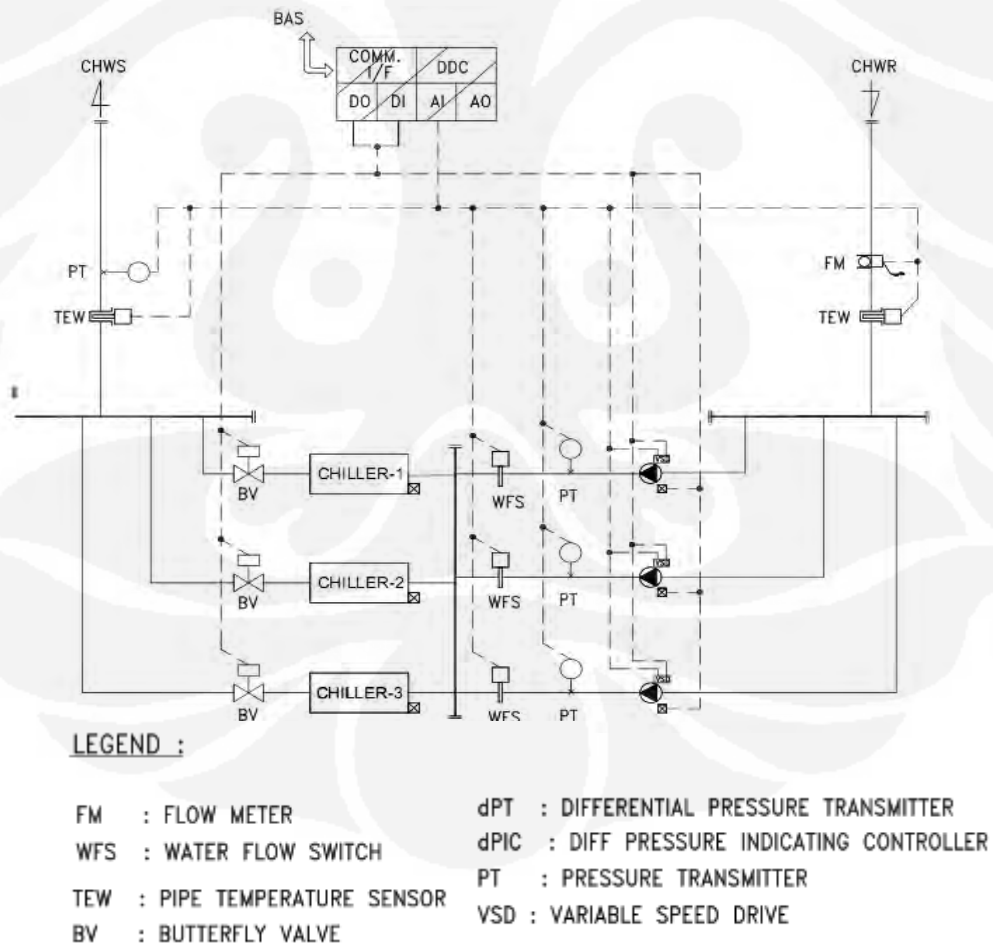
Merupakan unit pengolah udara yang memiliki cooling coil dan heating coil. Sehingga udara yang melewati Coil pada AHU akan mengalami perpindahan kalor yang kemudian di gunakan untuk mengkondisikan udara dalam plant.

5. Plant

Merupakan ruangan yang nilai variabel udaranya (temperatur, humidity, air velocity, dan lain sebagainya) ingin diatur sesuai dengan kondisi dan fungsinya.



Gambar 3.2. Schematic AHU



Gambar 3.3. Schematic Pendistribusian Udara pada Chiller

3.1.2 Data Peralatan Sistem HVAC

Tabel 3.1. Daftar Peralatan Sistem HVAC

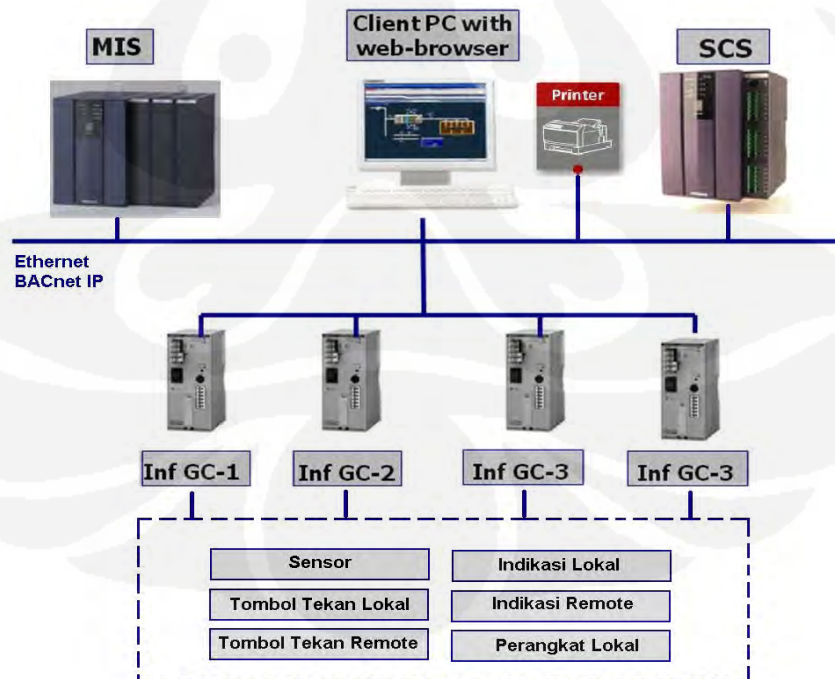
Item	Nama	Deskripsi	Jml
1	CHILLER & HOT WATER	TRANE, 120 TR Cooling Capacity: 448,6 kW Supply Voltage : 400 /3Ph/50Hz	3
2	AHU	TRANE, CLCP EURO Cooling Capacity : 22 kW	3
3	Motor Pompa	BELL & GOSSETT, 25 HP 330 gpm, 1500 rpm, max. pressure 175 psi	5

3.2 Spesifikasi Sistem Building Automation System

Penggunaan BAS pada sistem HVAC di pabrik “X” ini adalah untuk melakukan monitoring, pengontrolan dan evaluasi peralatan – peralatan yang berhubungan dengan sistem HVAC, sehingga kondisi ruangan yang diharapkan dapat tercapai namun dengan mempertimbangkan faktor penggunaan energi yang efisien.

3.2.1 Blok Diagram

Blok Diagram dari sistem BAS yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.4. Blok diagram sistem BAS di Pabrik “X”

Berdasarkan blok diagram diatas, sistem dibagi menjadi delapan bagian yaitu PC klien, perangkat sensor input, tombol tekan lokal, tombol tekan remote sebagai masukan. Indikasi lokal, indikasi remote, perangkat lokal sebagai keluaran dan sistem kontrol.

1. PC Klien

PC Klien ini yang ditempatkan pada ruang kendali pusat untuk mensupervisi keseluruhan sistem HVAC pada pabrik, mengendalikan seluruh point-point dan menyimpan informasi untuk dievaluasi.

2. Sensor

Perangkat sensor input terdiri dari beberapa sensor yang digunakan untuk sistem HVAC antara lain: *Pressure Transmitter, Room temperatur&Humidity sensor, Pipe Insertion Sensor, Insertion Temperature/Humidity Sensor, Flow Switch.*

3. Tombol tekan lokal

Perangkat ini merupakan perangkat masukan yang menerima respon langsung dari *operator* (pemakai) dan berasal dari lokal *site* (tempat). Masukan ini dapat berfungsi untuk mengaktifkan dan menon-aktifkan sistem atau perangkat lokal yang diatur oleh sistem.

4. Tombol tekan remote

Perangkat ini merupakan perangkat masukan yang menerima respon langsung dari *user* (pemakai) atau *user* yang diberikan izin untuk *log in* (masuk) dan berasal dari *remote site* (jarak jauh). Masukan ini dapat berfungsi untuk mengaktifkan dan menon-aktifkan sistem atau perangkat lokal yang diatur oleh sistem dan juga melakukan perubahan-perubahan yang diperlukan pada sistem (misalnya perubahan nilai setpoint).

5. Perangkat lokal

Perangkat ini merupakan perangkat keluaran (*output*) yang menerima respon langsung dari *controller* dan terdapat di lokal *site* (tempat). Perangkat keluaran ini dapat berupa: mesin Chiller, AHU, motor listrik, dan perangkat-perangkat yang membutuhkan catu daya sebagai penggerak.

6. Indikasi lokal

Perangkat ini merupakan perangkat keluaran (*output*) yang menerima respon langsung dari *controller* dan terdapat di lokal *site* (tempat). Perangkat keluaran ini berfungsi sebagai indikasi yang menunjukkan kondisi operasi terakhir (*real time*) dari suatu perangkat lokal.

7. Indikasi remote

Perangkat ini merupakan perangkat keluaran (*output*) yang menerima respon langsung dari *controller* dan terdapat di *remote site* (jarak jauh). Perangkat keluaran ini berfungsi sebagai indikasi yang menunjukkan kondisi operasi terakhir (*real time*) dari suatu perangkat lokal.

8. Sistem kontroler

Peralatan kontrol yang digunakan adalah satu set perangkat BAS dari Produsen Yamatake, antara lain terdiri dari : SCS, MIS, Infilex Controller, Modul-modul I/O.

3.2.2 Data Peralatan BAS Terpasang

1. Unit Pusat (Central Unit)

Tabel 3.2. Daftar Peralatan Unit Pusat

Item	Nama	Deskripsi	Jml
1	<u>CPU BAS</u>	DELL Optiplex 755MT PC, PIV 3.0 GHz, 512 MB RAM	1
		Monitor 17" LCD	1
		Hub 3 Com 10/100mbps	1
2	<u>Intelligent Station</u>	System Core Server - Light Main storage capacity 128MB SDRAM Max. data points 500 points Host system communication BACnet® IP Ethernet Rated input voltage 100 V AC to 240 V AC	1
		Management Integration Server - Light Main storage capacity 256 MB SDRAM Aux memory unit hard disk 2.5 inch, 40 GB Max. BACnet objects 1,200 objects Communication BACnet® IP Ethernet Rated input voltage 200 V AC to 240 V AC	1

<u>3</u>	<u>Printer</u>	HP Deskjet Logging Printer Input voltage: 100 to 240 VAC (+/- 10%), 50/60 Hz (+/- 3 Hz) Power consumption: 25 watts maximum	1
<u>4</u>	<u>UPS</u>	Vektor UPS 3KVA Sinus Online Voltage Input 160~280VAC Single Phase, Frekuensi 50 Hz Voltage Output 220/230/240 VAC	1

2. Unit Controller

Tabel 3.3. Daftar Peralatan Unit Controller

Item	Nama	Deskripsi	Jml
<u>1</u>	<u>CHILLER & HOT WATER Controller</u>		
1		INFILEX GC Basic Unit	2
2		DO-8 module for 8 relay output points N.O. contact	3
3		DI-8 module	2
4		AO-4 module (4-20 mA) or 0-10 V/1-5 V/0-5 V)	2
5		AI-4 module (pt100)	2
6		AI-4 module (4~20 ma)	2
	<u>Sensor</u>		
1	-	Pipe Temperature Sensor	4
2	-	Water Flow meter sensor, 100A	1
3	-	Water Flow meter sensor, 200A	1
4	-	Pressure Transmitter	5
5	-	Power Supply DC 24V, 4.2A	1
<u>2</u>	<u>AHU-M01, M02 & M03 Controller</u>		
1		INFILEX GC Basic Unit	2
2		DO-8 module	2
3		DI-8 module	2
4		AO-4 module	3
5		AI-4 module (pt100)	2
6		AI-4 module (4~20 ma)	1

	<u>Sensor</u>		
1		Duct Temperature Sensor	6
2	-	Room Temperature Sensor	1
3	-	Room Humidity Transmitter	1
4	-	Air Flow Switch	3
5	-	Power Supply DC 24V, 4.2A	1
<u>3</u>	LOCAL MONITORING		
1		Room Temperature and Humidity Sensor	2
2		Temperature Indicating Controller	2
3		Humidity Indicating Controller	2
4		Power Supply DC 24V	1

3. Unit Lokal

Tabel 3.4. Daftar Peralatan Unit Lokal

Item	Nama	Deskripsi	Jml
A.	Materials		
1		Control Panel for Chiller (Indoor Type) + Master	1
2		Control Panel for AHU (Indoor Type)	1
3		Local Display	1

3.3 Perangkat Lunak *Building Management System* (BMS)

Perangkat lunak yang digunakan pada *Building Management System* di Pabrik “X” adalah Savic-Net FX adalah sebuah sistem yang digunakan untuk management terpadu berbagai fasilitas untuk HVAC (*Heating Ventilation Air Conditioning*), kelistrikan, *Chiller Plant*, *security*, *Fire control*, dll. Sistem ini mengumpulkan dan mengirimkan berbagai data dan informasi Building Interior yang dapat diakses kapan saja dan dari mana saja. Karena Savic-Net FX kompatibel dengan BAC-Net standar terbuka, maka manajemen gabungan memungkinkan untuk memonitor points dengan controller yang kita miliki. Bagaimanapun, item yang ditampilkan di layar dapat dilihat perubahannya baik oleh controller pengguna maupun dari controller Yamatake.

Fungsi Dasar

Dibawah ini adalah fungsi dasar Savic-Net FX pada Sistem BMS di Pabrik “X” :

a. Fungsi Monitoring Peralatan

Daily monitoring utamanya dilakukan dengan *group list screen*. Pada layar ini, informasi mengenai berbagai peralatan dalam gedung dan suhunya ditampilkan. Monitoring dan pengoperasian dibawah ini mungkin saja dilakukan dari group list:

- Status monitoring
- Alarm monitoring
- Operasi On/Off Pada peralatan

Adapun peralatan yang dimonitoring atau dikontrol adalah sebagai berikut :

Tabel 3.5. Daftar peralatan yang dimonitoring

Peralatan pada air pendingin	Fungsi
<i>Analog Input</i>	
-Chilled water return temp, sensor	monitoring suhu air dingin yang kembali menuju chiller
-Chilled water supply temp, sensor	monitoring suhu air dingin yang disuplai dari chiller
-Chilled water supply flowmeter	monitoring flow air dingin yang disuplai dari chiller
-Chw return press sensor (chwp-01a)	monitoring tekanan air dingin pada pompa pendingin 1
-Chw return press sensor (chwp-01b)	monitoring tekanan air dingin pada pompa pendingin 2
-Chw return press sensor (chwp-01c)	monitoring tekanan air dingin pada pompa pendingin 3
<i>Digital input</i>	
- Running monitor (water flowswitch)chwp-01a	monitoring flow air pada pompa pendingin 1
- Running monitor (water	monitoring flow air pada pompa

<i>flowswitch)chwp-01b</i>	pendingin 2
- <i>Running monitor (water flowswitch)chwp-01c</i>	monitoring flow air pada pompa pendingin 3
- <i>Mode (auto) monitor chwp-01a</i>	monitoring kondisi auto pada pompa pendingin 1
- <i>Mode (auto) monitor chwp-01b</i>	monitoring kondisi auto pada pompa pendingin 2
- <i>Mode (auto) monitor chwp-01c</i>	monitoring kondisi auto pada pompa pendingin 3
<i>Analog output</i>	
- <i>Chwp-01a vsd</i>	pengaturan kecepatan (Hz) pompa pendingin 1
- <i>Chwp-01b vsd</i>	pengaturan kecepatan (Hz) pompa pendingin 2
- <i>Chwp-01c vsd</i>	pengaturan kecepatan (Hz) pompa pendingin 3
<i>Digital output</i>	
- <i>Chilled water return motorized valve 1</i>	kontrol posisi buka-tutup katup pada chiller 1
- <i>Chilled water return motorized valve 2</i>	kontrol posisi buka-tutup katup pada chiller 2
- <i>Chilled water return motorized valve 3</i>	kontrol posisi buka-tutup katup pada chiller 3
- <i>Chwp-01a control - auto on / off</i>	kontrol mode otomatis pada pompa pendingin 1
- <i>Chwp-01b control - auto on / off</i>	kontrol mode otomatis pada chiller pendingin 2
- <i>Chwp-01c control - auto on / off</i>	kontrol mode otomatis pada chiller pendingin 3

Peralatan pada air pemanas	Fungsi
<i>Analog Input</i>	
<i>-Hot water return temp, sensor</i>	monitoring suhu air panas yang kembali menuju chiller
<i>-Hot water supply temp, sensor</i>	monitoring suhu air panas yang kembali menuju chiller
<i>-Hot water supply temp, flowmeter</i>	monitoring flow air panas yang disuplai dari chiller
<i>-Hot water return press, sensor (hwp-01a)</i>	monitoring tekanan air panas pada pompa pemanas 1
<i>-Hot water return press, sensor (hwp-01b)</i>	monitoring tekanan air dingin pada pompa pemanas 1
<i>Digital input</i>	
<i>- Hwp-01a mode (auto) monitor</i>	monitoring kondisi auto pada pompa pemanas 1
<i>- Hwp-01b mode (auto) monitor</i>	monitoring kondisi auto pada pompa pemanas 2
<i>- Hwp-01a running monitor (water flowswitch)</i>	monitoring flow air pada pompa pemanas 1
<i>- Hwp-01b running monitor (water flowswitch)</i>	monitoring flow air pada pompa pemanas 2
<i>Analog output</i>	
<i>- Hwp-01a vsd</i>	pengaturan kecepatan (Hz) pompa pemanas 1
<i>- Hwp-01b vsd</i>	pengaturan kecepatan (Hz) pompa pemanas 2
<i>Digital output</i>	
<i>-(Acch-01a) hot water return motorized</i>	kontrol posisi buka-tutup katup pada

<i>valve</i>	chiller 1
<i>-(Acch-01b) hot water return motorized valve</i>	kontrol posisi buka-tutup katup pada chiller 2
<i>-(Acch-01c) hot water return motorized valve</i>	kontrol posisi buka-tutup katup pada chiller 3
<i>- Hwp-01a control - auto on / off</i>	kontrol mode otomatis pada pompa pemanas 1
<i>- Hwp-01b control - auto on / off</i>	kontrol mode otomatis pada pompa pemanas 2

Peralatan pada AHU	Fungsi
<i>Analog input</i>	
<i>- Air return duct temp, sensor (ahu-m01a)</i>	monitoring suhu udara pada duct yang kembali menuju AHU 1
<i>- Air supply duct temp, sensor (ahu-m01a)</i>	monitoring suhu udara pada duct yang disuplai dari AHU 1
<i>- Air return duct temp, sensor (ahu-m01b)</i>	monitoring suhu udara pada duct yang kembali menuju AHU 2
<i>- Air supply duct temp, sensor (ahu-m01b)</i>	monitoring suhu udara pada duct yang disuplai dari AHU 2
<i>- Air return duct temp, sensor (ahu-m01c)</i>	monitoring suhu udara pada duct yang kembali menuju AHU 3
<i>- Air supply duct temp, sensor (ahu-m01c)</i>	monitoring suhu udara pada duct yang disuplai dari AHU 3
<i>Digital input</i>	
<i>- Ahu-01a mode (auto) monitor</i>	monitoring kondisi auto pada AHU 1

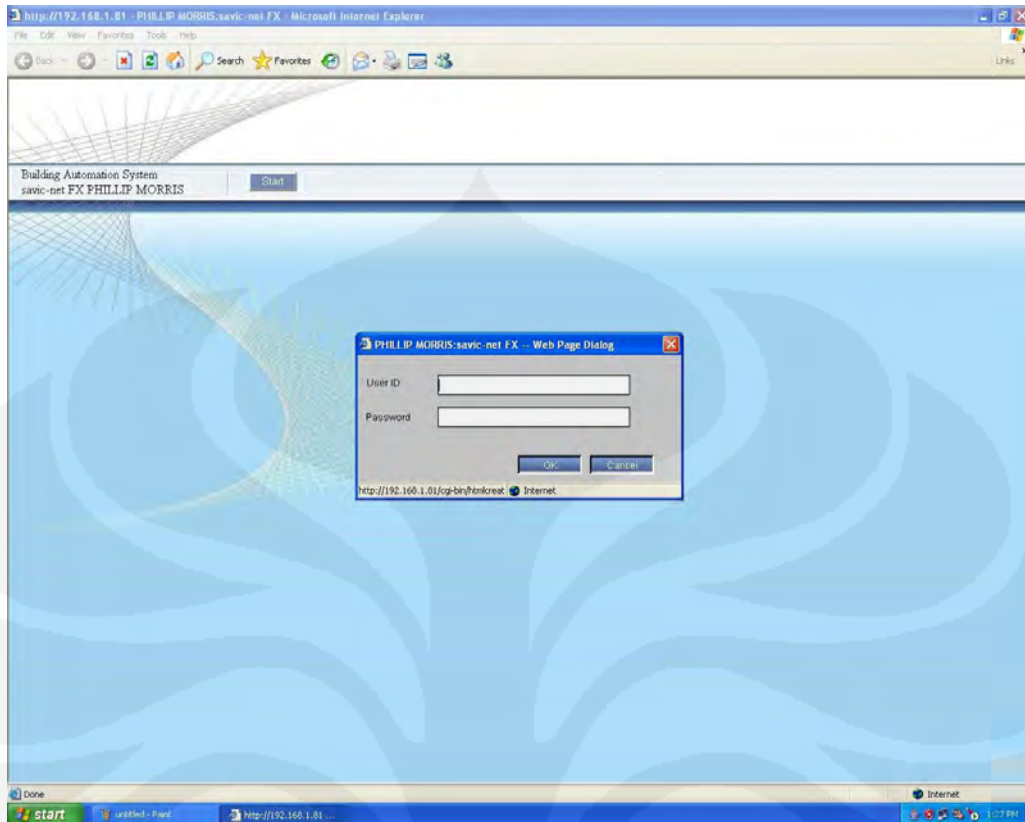
- <i>Ahu-01b mode (auto) monitor</i>	monitoring kondisi auto pada AHU 2
- <i>Ahu-01c mode (auto) monitor</i>	monitoring kondisi auto pada AHU 3
- <i>(Ahu-m01a) running monitor (air flowswitch)</i>	monitoring flow udara pada AHU 1
- <i>(Ahu-m01b) running monitor (air flowswitch)</i>	monitoring flow udara pada AHU 2
- <i>(Ahu-m01c) running monitor (air flowswitch)</i>	monitoring flow udara pada AHU 3
<i>Analog output</i>	
- <i>Ahu-01a vsd</i>	pengaturan kecepatan (Hz) AHU 1
- <i>Ahu-01b vsd</i>	pengaturan kecepatan (Hz) AHU 2
- <i>Ahu-01c vsd</i>	pengaturan kecepatan (Hz) AHU 3
- <i>(Ahu-m01a) chilled water return motorized control valve</i>	kontrol posisi persentase pembukaan katup air dingin pada AHU 1
- <i>(Ahu-m01b) chilled water return motorized control valve</i>	kontrol posisi persentase pembukaan katup air dingin pada AHU 2
- <i>(Ahu-m01c) chilled water return motorized control valve</i>	kontrol posisi persentase pembukaan katup air dingin pada AHU 3
- <i>(Ahu-m01a) hot water return motorized control valve</i>	kontrol posisi persentase pembukaan katup air panas pada AHU 1
- <i>(Ahu-m01b) hot water return motorized control valve</i>	kontrol posisi persentase pembukaan katup air panas pada AHU 2
- <i>(Ahu-m01c) hot water return motorized control valve</i>	kontrol posisi persentase pembukaan katup air panas pada AHU 3
<i>Digital output</i>	
- <i>Ahu-m01a control -auto on / off</i>	kontrol mode otomatis pada AHU 1
- <i>Ahu-m01b control- auto on / off</i>	kontrol mode otomatis pada AHU 2
- <i>Ahu-m01c control- auto on / off</i>	kontrol mode otomatis pada AHU 3

Peralatan pada ruangan	Fungsi
<i>Analog input</i>	
- <i>Make pake room temperature sensor</i>	Kontrol dan monitoring suhu di ruangan
- <i>Make pake room humidity sensor</i>	Kontrol dan monitoring kelembapan di ruangan
<i>Digital input</i>	
- <i>Trip signal from fire alarm system</i>	Kontrol dari alarm kebakaran
- <i>Emergency power signal from pln-genset</i>	Kontrol dari sinyal Gangguan PLN-GENSET
<i>Analog output</i>	
- <i>Fresh air motorized damper</i>	Kontrol pengaturan pembukaan damper

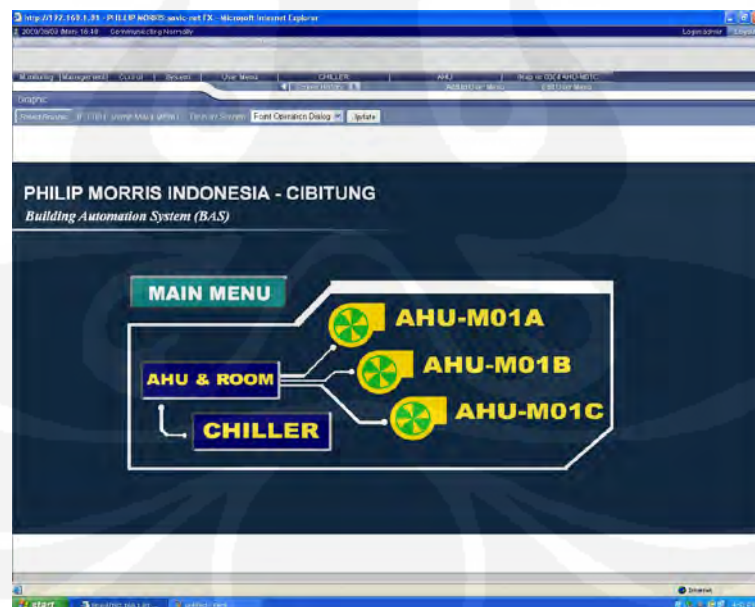
b. Fungsi indikator Alarm

Alarm akan berbunyi pada saat terjadi abnormal communication pada perangkat ketika proses monitoring berjalan. Sehubungan dengan hal tersebut, sistem akan melakukan hal-hal dibawah ini secara otomatis:

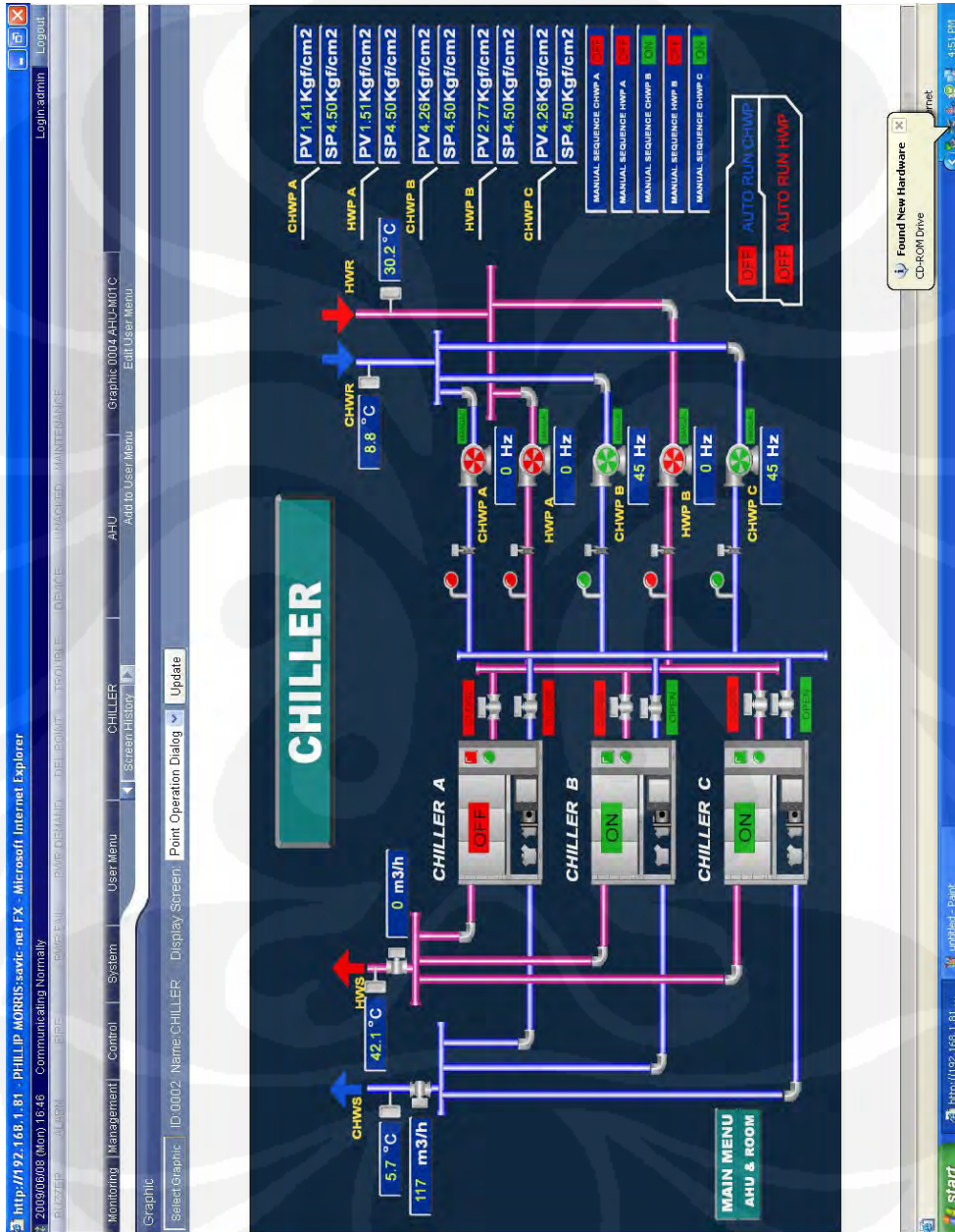
- Membunyikan *Buzzer*
- Menampilkan Alarm terakhir dalam new alarm display area
- Menampilkan *indicator alarm* dalam *indicator display area*



Gambar 3.5. Tampilan start menu program BMS (Savic-net FX) untuk Chiller



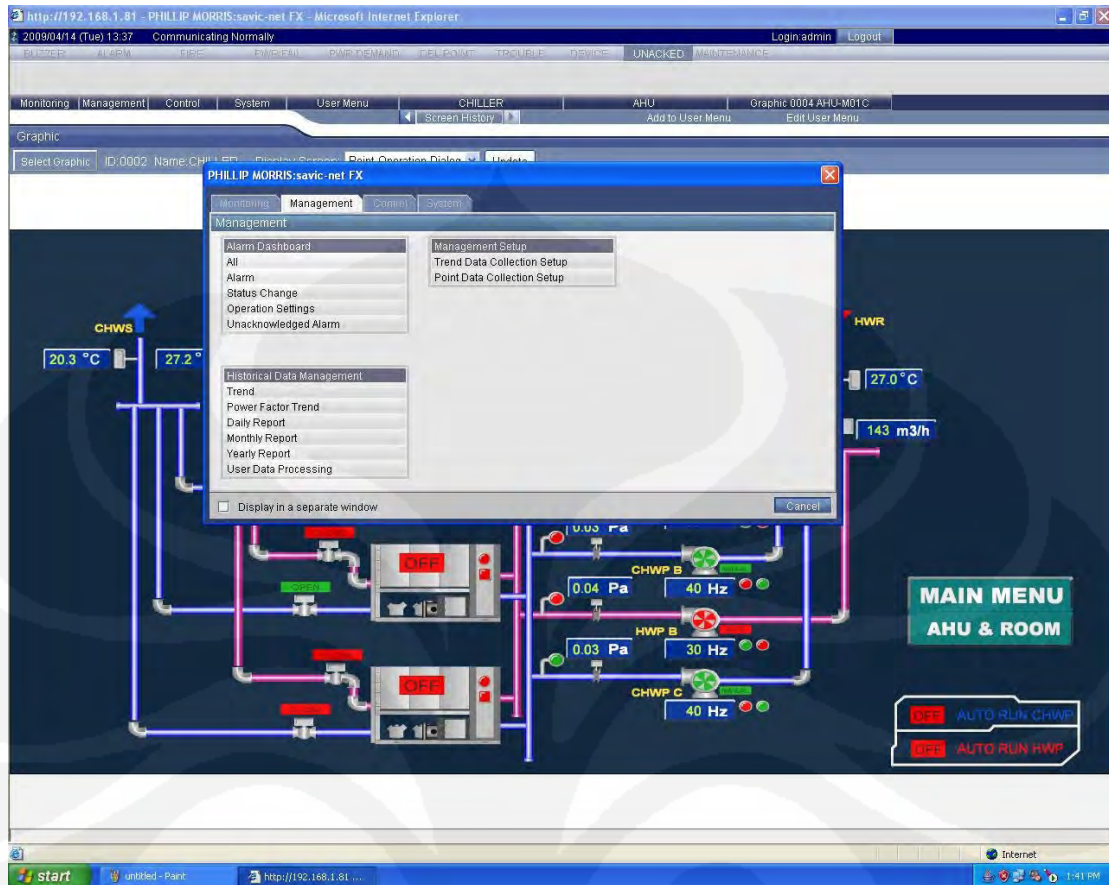
Gambar 3.6. Tampilan main menu program BMS (Savic-net FX)



Gambar 3.7. Tampilan Program BMS (Savic-net FX) untuk Chiller



Gambar 3.8. Tampilan Program BMS (Savic-net FX) untuk AHU dan ROOM



Gambar 3.9. Tampilan Program BMS (Savic-net FX) untuk fitur Management

3.4 Deskripsi Kerja

3.4.1 Kondisi Manual

Sistem manual merupakan sistem standar yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Pada kondisi manual maka pengoperasian perangkat lokal dilakukan oleh operator BAS. Operator harus terlebih dahulu memilih kontrol secara manual dengan mengklik menu “manual” pada PC Klient atau mengubah selector switch ke posisi “manual” pada panel lokal.

Jika akan melakukan pengontrolan perangkat lokal melalui panel lokal, maka saklar harus di posisikan kearah *Local select*, dan jika ingin melakukan pengontrolan perangkat lokal melalui komputer, maka saklar harus di posisikan ke *Remote select*. Kedua pengaktifan tersebut saling *interlock*, artinya hanya dapat dilakukan dari satu arah saja, dengan tujuan untuk keamanan. Apabila kondisi manual sudah dipilih, maka operator dapat mengaktifkan dan menon-aktifkan

sistem atau perangkat lokal yang diatur oleh sistem. Khusus untuk kondisi manual yang dioperasikan melalui komputer maka operator dapat juga mengatur nilai-nilai variabel seperti persentase pembukaan katup udara dan nilai setpoint.

3.4.2 Kondisi Automatis

Pada kondisi Automatis maka sistem akan bekerja berdasarkan program otomatis yang terdapat pada DDC Controller. Hal yang sama juga perlu dilakukan oleh operator yaitu memilih menu atau saklar ke posisi otomatis. Berikut adalah urutan kerja pada kondisi otomatis.

1. Kerja Automatis Peralatan Sistem Plan

Pada peralatan sistem plan, mesin chiller akan beroperasi berdasarkan kapasitas cooling dan heating yang telah ditentukan selama waktu tertentu.

Adapun prosedur start pada chiller adalah sebagai berikut : Pada saat kondisi otomatis dipilih maka MV (*motorized valve*) pada header chiller akan terbuka kemudian motor pompa air (CHWP / *Chilled Water Pump* dan HWP / *Hot Water Pump*) akan beroperasi, lalu setelah FS (*flow switch*) mendeteksi adanya aliran maka beberapa saat kemudian mesin Chiller akan dapat beroperasi.

Pada motor pompa air dingin/panas (CHWP / *Chilled Water Pump* dan HWP / *Hot Water Pump*) akan beroperasi dengan kecepatan sesuai settingan pada VSD (*Variabel Speed Drive*), kemudian ketika *Pressure Transmitter* mendeteksi bahwa nilai setpoint tekanan telah tercapai maka VSD akan memberikan nilai kecepatan motor untuk mempertahankan batas nilai tekanan tersebut.

Pengoperasian ketiga mesin chiller dan kelima motor pompa dilakukan secara otomatis bergantian berdasarkan kapasitas chiller.

2. Kerja Automatis Peralatan Sistem Distribusi Udara

Pada peralatan sistem distribusi udara, Fan AHU akan beroperasi On dan Off untuk mendistribusikan udara keseluruh ruangan tanpa dipengaruhi oleh pencapaian nilai setpoint. Saluran air dingin/panas pada AHU ini dilengkapi dengan katup / MV (*motorized valve*), yang berguna untuk pengendalian temperatur dan kelembapan udara berdasarkan cool water dan hot water yang berasal dari suhu dan humidity ruangan. Apabila nilai setpoint temperatur dan

kelembapan ruangan telah tercapai, maka MV (*motorized valve*) ini akan dapat mengatur persentase pembukaan katup. Sehingga temperatur dan kelembapan udara didalam ruangan dapat dijaga pada nilai setpoint. Nilai setpoint tersebut ditentukan sebesar 22°C untuk temperatur dan 58% untuk kelembapan udara.

3.4.3 Kondisi Gangguan

Kondisi gangguan yang dapat terjadi adalah sebagai berikut :

1. Kerusakan pada peralatan

Apabila terjadi kerusakan pada peralatan sensor yang digunakan pada sistem, maka secara otomatis akan muncul alarm dan pada historical data terjadi perubahan nilai yang berbeda dari nilai-nilai sebelumnya.

Apabila terjadi kerusakan pada motor ataupun chiller maka akan muncul alarm pada program BMS, kemudian setelah itu sistem akan mencari alternatif pengganti peralatan yang rusak tersebut.

2. Komunikasi Sistem BMS Offline

Apabila komunikasi sistem BMS Offline atau center unit tidak dapat berkomunikasi baik dengan controller maupun perangkat lainnya maka tampilan pada software BMS akan berwarna biru muda. Pada keadaan ini maka operator BAS tidak dapat memonitoring ataupun mengontrol melalui PC klien, namun sistem dapat terus bekerja hanya komunikasi antara remote dan center unit yang bermasalah.

3. Gangguan pada suplai energi

Apabila terjadi gangguan pada suplai energi maka BMS akan sistem akan mengubah sumber suplai dari genset, selama suplai utama yang berasal dari PLN masih belum tersedia.

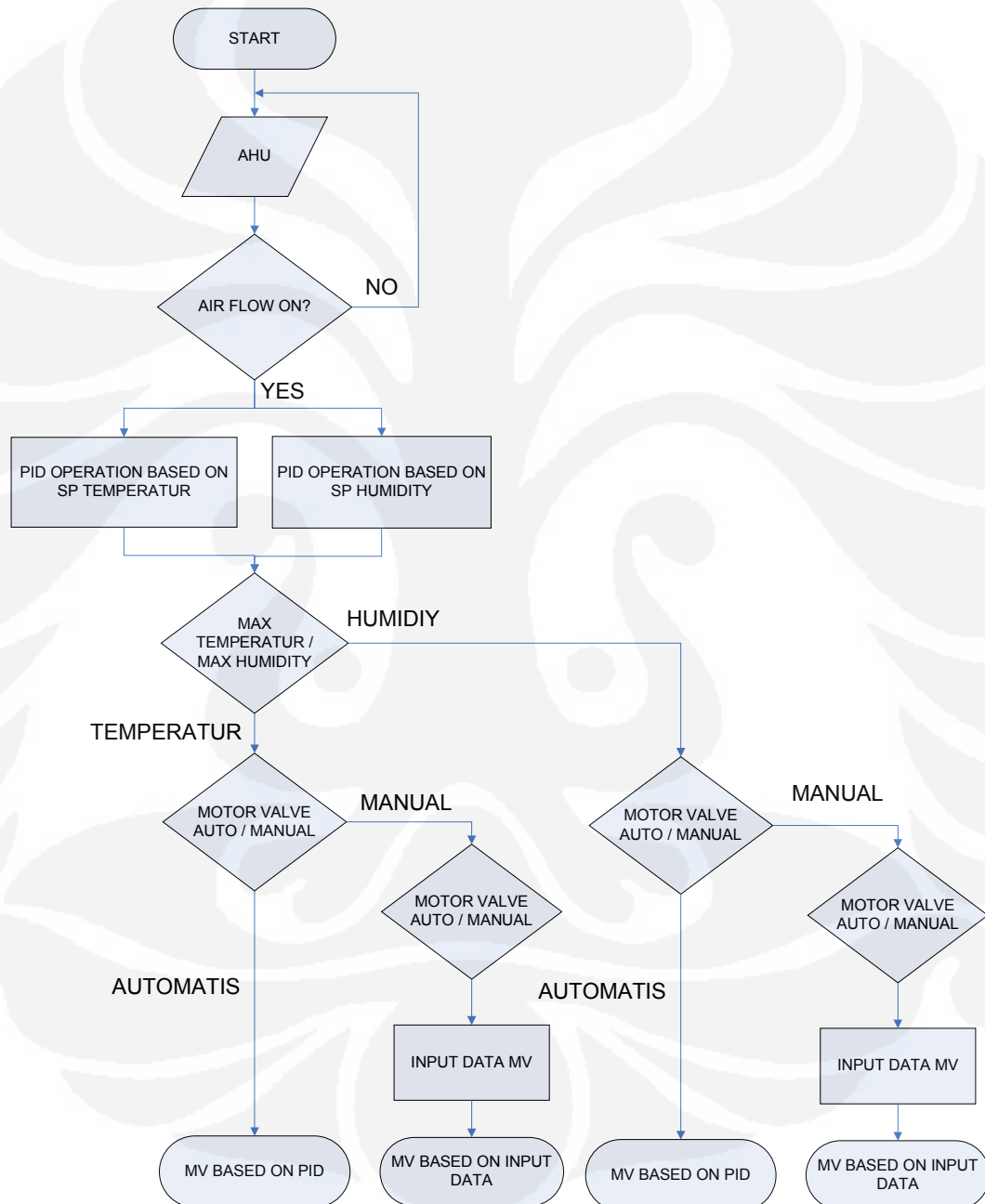
4. Gangguan Tekanan Tinggi pada suplai air ke chiller

Apabila terjadi tekanan tinggi pada pipa suplai air dari motor pompa ke mesin chiller maka pressure transmitter akan memberikan sinyal ke VSD pompa untuk segera mengurangi kecepatan motor pompa, hal ini akan mengakibatkan tekanan air akan berkurang.

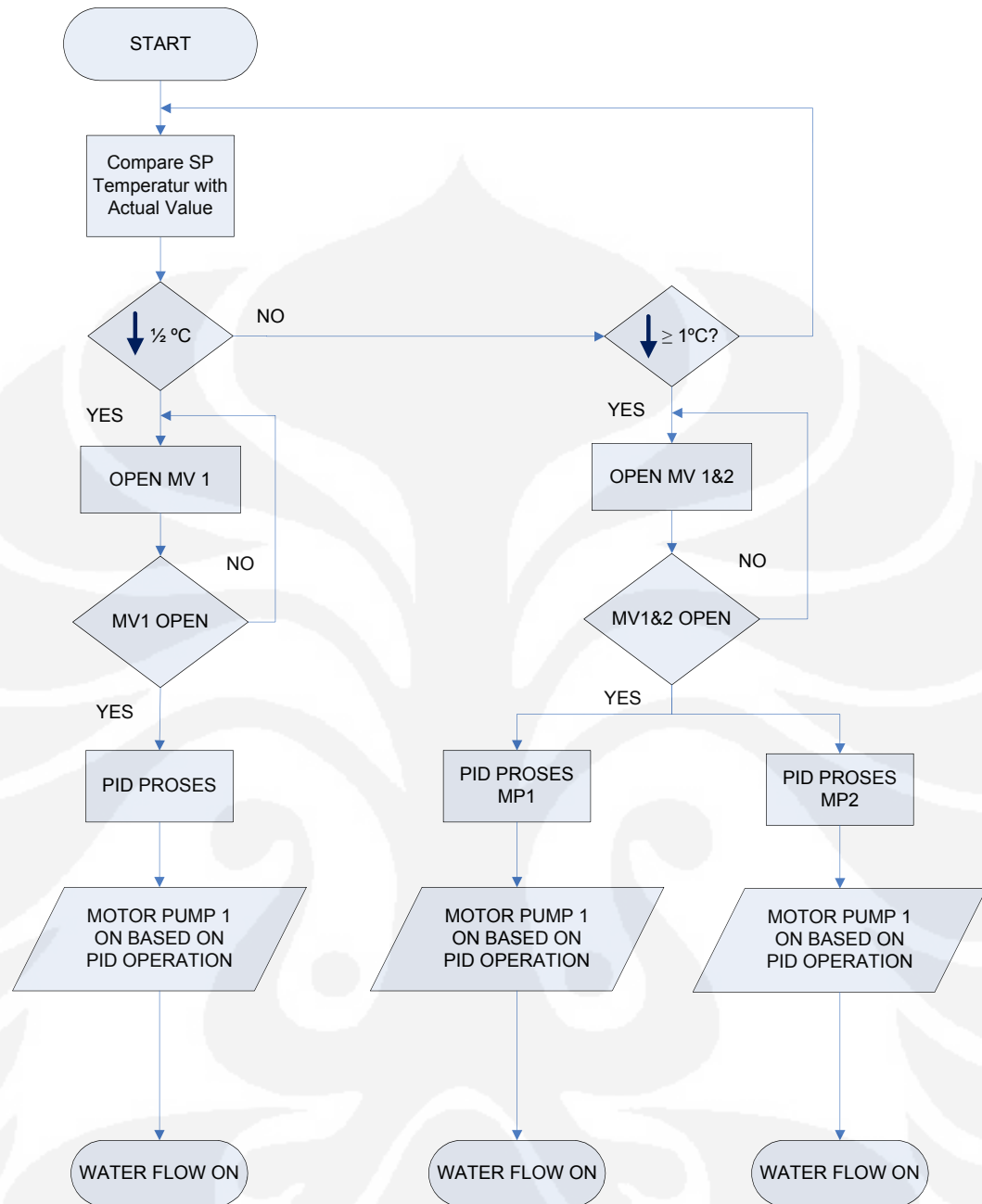
5. Gangguan No Flow

Apabila terjadi tidak ada aliran yang terbaca oleh flow switch pada suplai air ke chiller maka sistem akan memerintahkan agar pompa lain untuk bekerja. Sehingga suplai air ke mesin chiller dapat terjaga.

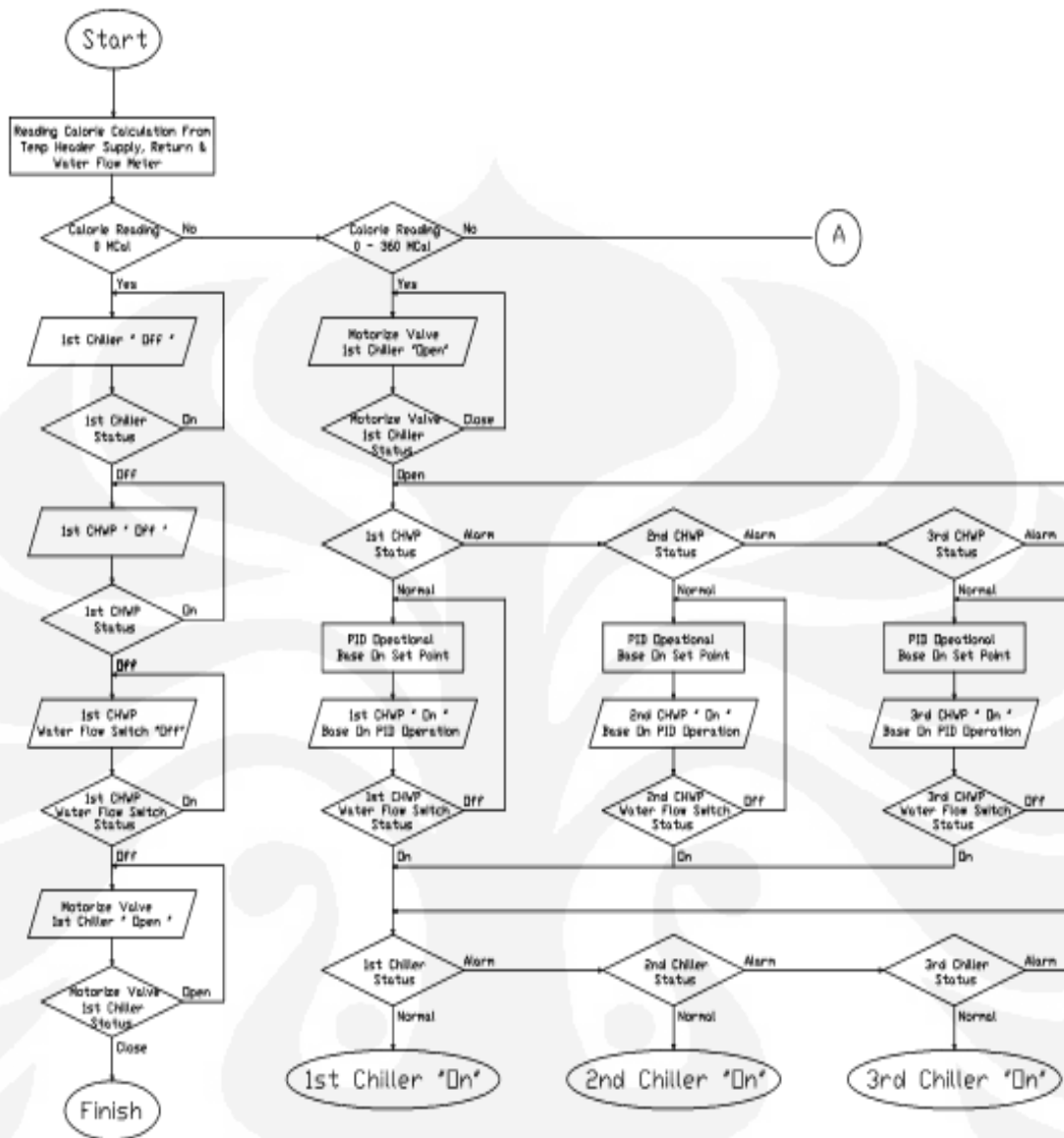
3.5 Flow Chart



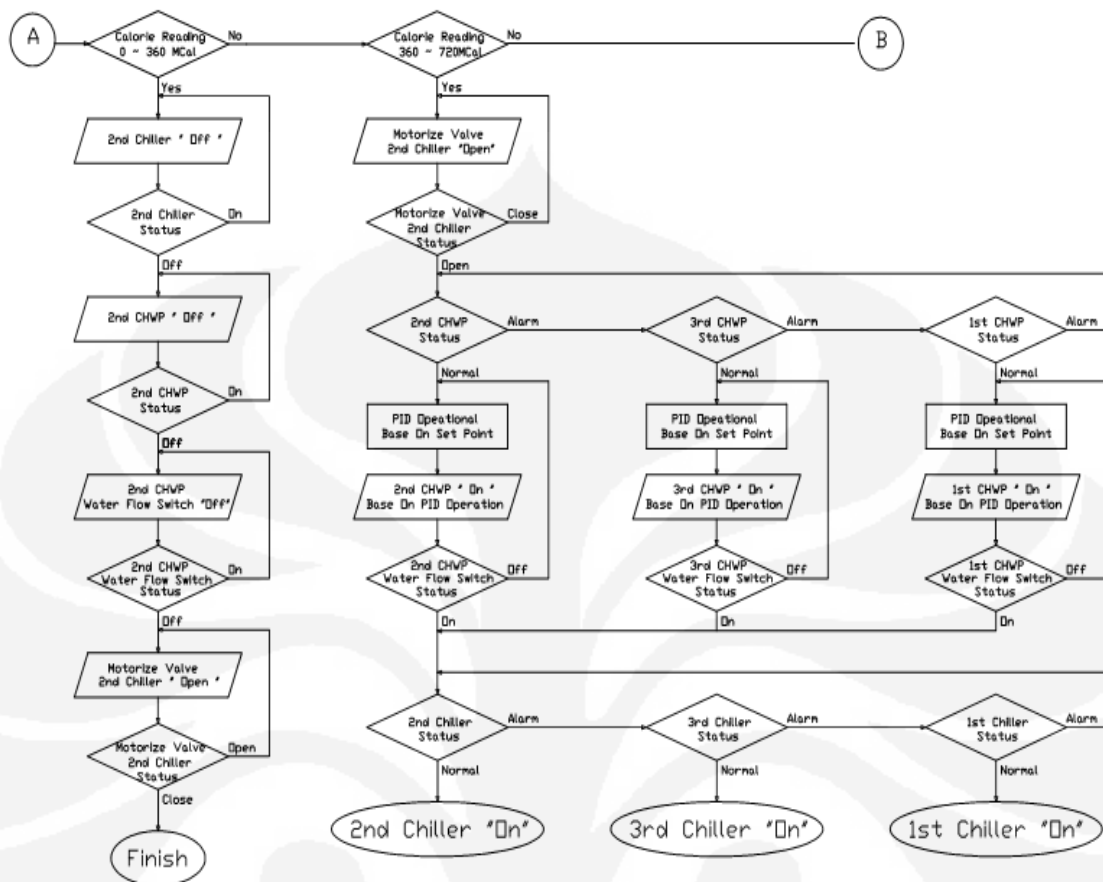
Gambar 3.10. Diagram alir kerja sistem kontrol AHU



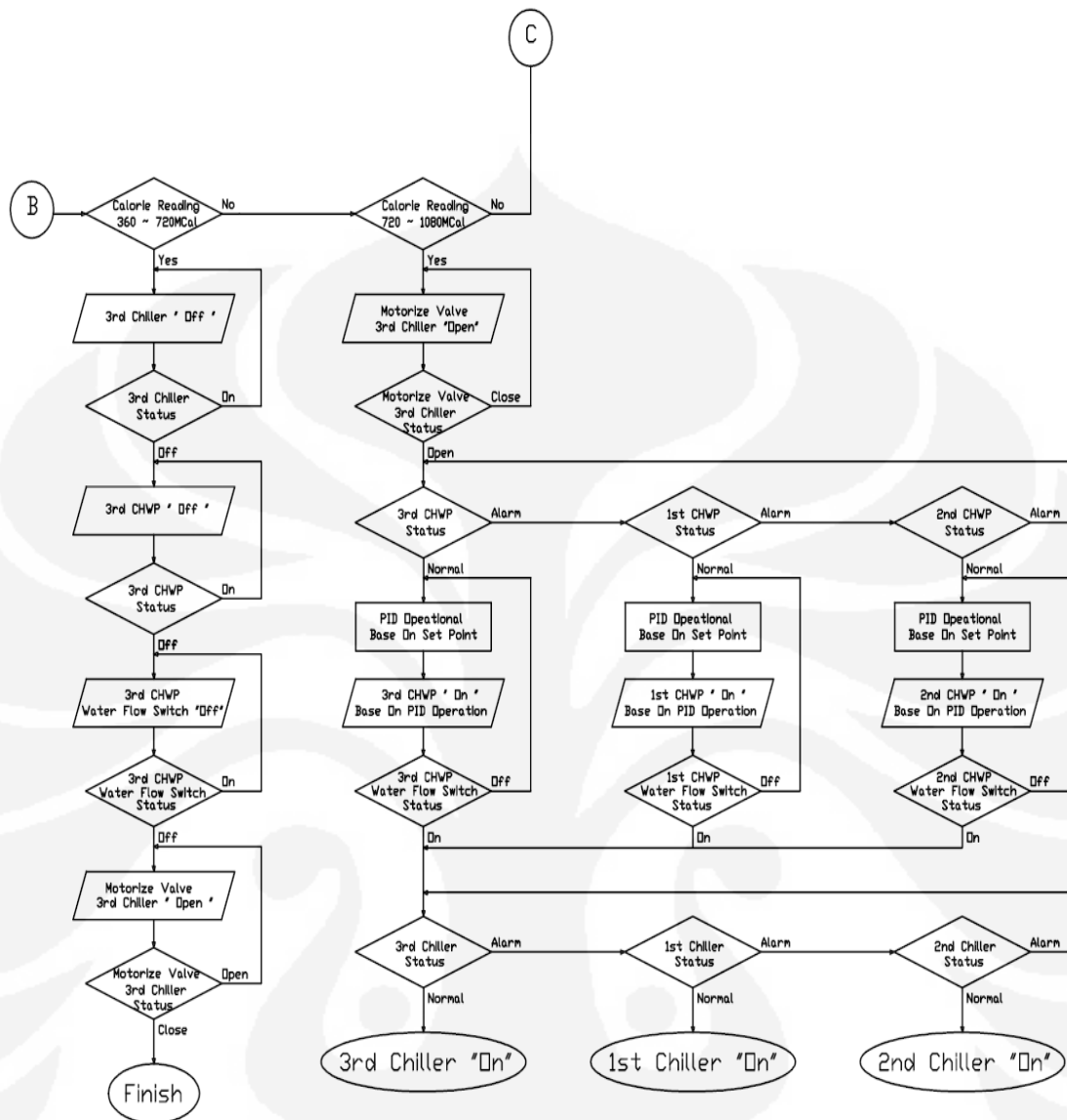
Gambar 3.11. Diagram alir kerja sistem kontrol Hot Water Chiller



Gambar 3.12. Diagram alir kerja sistem kontrol Chiller (a)



Gambar 3.13. Diagram alir kerja sistem kontrol Chiller (b)



Gambar 3.14. Diagram alir kerja sistem kontrol Chiller (c)

BAB IV

ANALISIS UNJUK KERJA SISTEM BAS

Pada bagian ini akan dibahas analisis unjuk kerja sistem BAS yang meliputi sistem kerja dari unit-unit *controller*, serta interaksi hubungan keseluruhan peralatan-peralatan tersebut hingga dapat dilakukan proses *monitoring* dan *controlling* pada PC pada BAS *room* selain itu pada bagian ini akan dijelaskan mengenai hasil yang diperoleh dari penerapan sistem otomatis gedung untuk sistem HVAC pada pabrik “X” dan juga peluang penghematan energi yang dapat diperoleh.

4.1 Analisis Unjuk Kerja Sistem BAS

Penerapan sistem otomatis gedung pada sistem HVAC ini dilakukan dengan melakukan monitoring dan pengontrolan pada peralatan yang terhubung dengan sistem HVAC, Adapun analisis unjuk kerja sistem BAS dapat dibagi menjadi lima bagian, yaitu :

4.1.1 Analisis Unjuk Kerja Chiller

Pada Pabrik “X” untuk memenuhi kebutuhan pengkondisian udara digunakan Chiller yang memiliki kemampuan mensuplai air dingin dan air panas pada satu mesin *chiller*. Unit pendingin utama yang di gunakan adalah 3 unit Air Cooled Water Chiller dimana masing-masing unit beroperasi sesuai dengan kapasitas kalori masing-masing *chiller*. Sehingga untuk melakukan pengontrolan pada *chiller* maka kita harus mengetahui terlebih dahulu kapasitasnya tersebut. Adapun perhitungan kapasitas kalori masing – masing *chiller* adalah sebagai berikut :

Chiller yang digunakan adalah sebesar masing-masing 120 TR (Ton Refrigerant), dimana

$$1\text{TR} = 3.024 \text{ kalori}$$

maka 1 *chiller* akan menghasilkan sebanyak

$$120 \text{ TR} \times 3.024 \text{ kalori} = 362.880 \text{ Kkalori}$$

Untuk ketiga *chiller* yang dipakai maka akan dihasilkan sebanyak

$$360 \text{ TR} \times 3.024 \text{ kalori} = 1088,640 \text{ Kkalori} = 1,089 \text{ Mkalori}$$

Hasil diatas adalah jumlah kalori yang mampu disediakan oleh semua *chiller*.

Adapun perhitungan kalori yang dibutuhkan sesuai dengan kondisi lapangan adalah sebagai berikut :

$$\text{Cal} = (T1 - T2) \times F$$

dimana

Cal : Kalori yang dibutuhkan

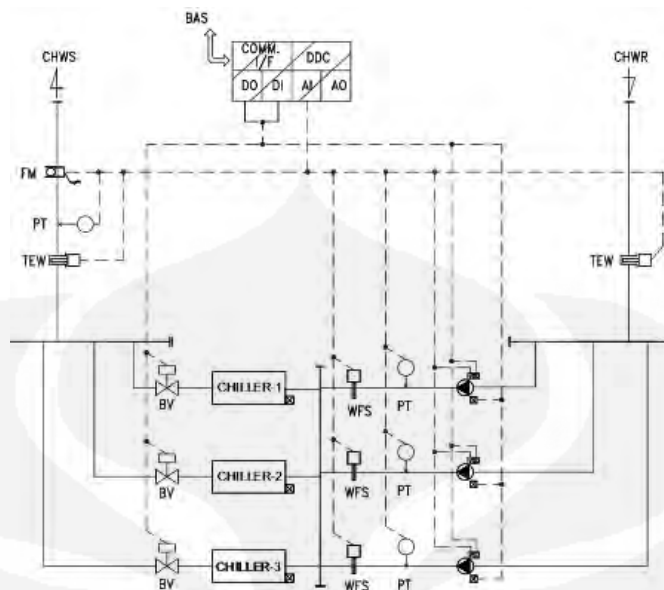
T1 : Temperatur air balikan (water return) berdasarkan pengukuran sensor suhu di saluran air balikan yang menuju *chiller*.

T2 : Temperatur suplai air (water supply) berdasarkan fixed set yang disetting pada *chiller*.

F : Kecepatan laju aliran air (water flow) berdasarkan pengukuran sensor flow meter di saluran suplai air yang berasal dari *chiller*.

Tabel 4.1 Perhitungan Kalori untuk Pengontrolan Chiller

T1 (°C)	T2 (°C)	F (m ³ /H)	Calori (Mcal)	No. Chiller
21	7	75	1050	3
20	7	75	975	
19	7	75	900	
18	7	75	825	
17	7	75	750	
16	7	75	675	2
15	7	75	600	
14	7	75	525	
13	7	75	450	
12	7	75	375	
11	7	75	300	1
10	7	75	225	
9	7	75	150	
8	7	75	75	
7	7	75	0	



Gambar 4.1. Schematic Pendistribusian Udara pada Chiller

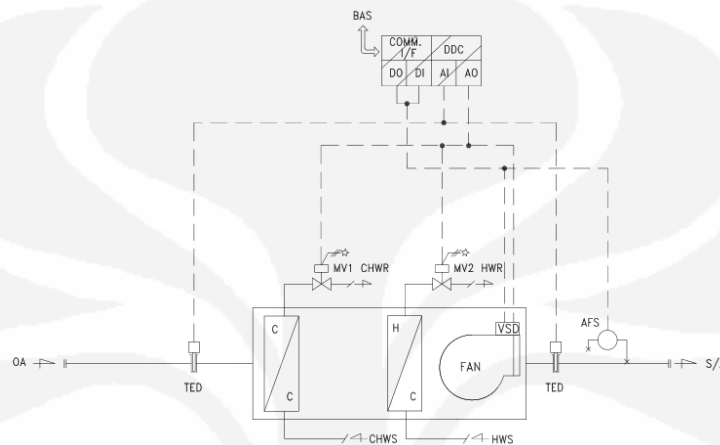
Pengontrolan *chiller* tersebut dilakukan dengan melakukan monitoring dan pengontrolan pada bagian :

- *Water Flow Switch* berfungsi sebagai status aliran air yang disuplai oleh pompa, ini merupakan prosedur untuk memastikan bahwa sebelum mesin *chiller* dihidupkan suplai air telah tersedia. dalam instalasi BAS terhubung pada point digital input.
- *Pressure Transmitter* berfungsi memonitoring nilai tekanan pada saluran suplai air ke *chiller* sehingga nilainya sesuai dengan setpoint, terhubung pada point analog input.
- *Flow meter* untuk mengetahui nilai dari flow air yang mengalir pada *header chiller*, terhubung pada point analog input.
- Sensor temperatur untuk monitoring temperatur pada header chwp return.

Penggunaan kapasitas kalori yang disediakan oleh *chiller* sebagai dasar pengontrolan Chiller merupakan cara yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan timer untuk pergantian operasi *chiller*. Hal ini dikarenakan pengontrolan *chiller* berdasarkan kapasitas kalori dapat menjaga agar operating time semua *chiller* sama sehingga umur *chiller* dapat lebih lama dan mengoptimalkan kerja *chiller* sesuai kebutuhan dalam ruangan.

4.1.2 Analisis Unjuk Kerja Mesin Pengolah Udara (Air handling Unit)

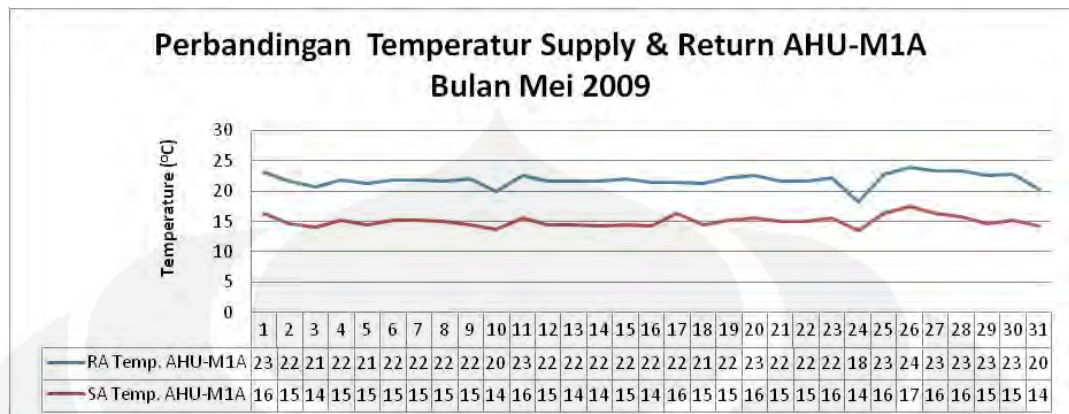
Air Handling Unit yang digunakan pada ruang produksi pabrik “X” adalah sebanyak tiga unit. AHU di gunakan untuk mengkondisikan *fresh air* (udara segar) dari udara luar yang akan di distribusikan sebagai tambahan udara segar untuk ruangan pabrik.



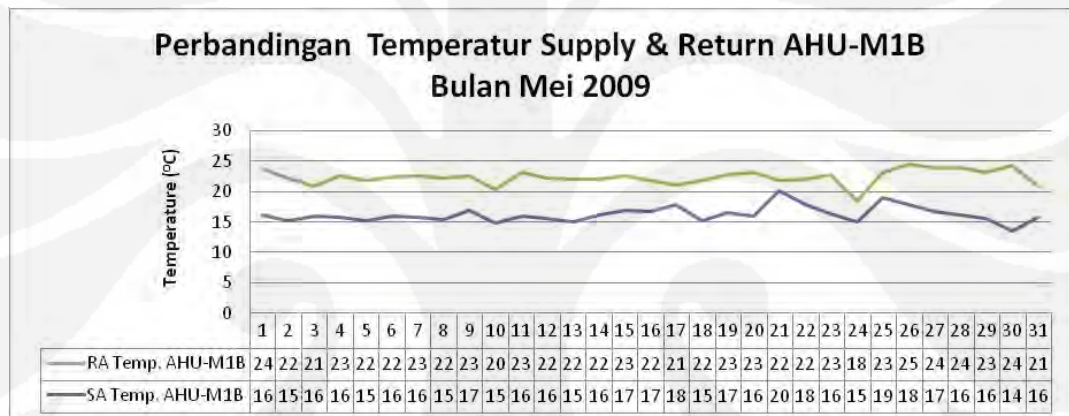
Gambar 4.2. Schematic AHU

Dalam sistim ini pengontrolan pada AHU dilakukan dengan melakukan monitoring dan pengontrolan pada bagian :

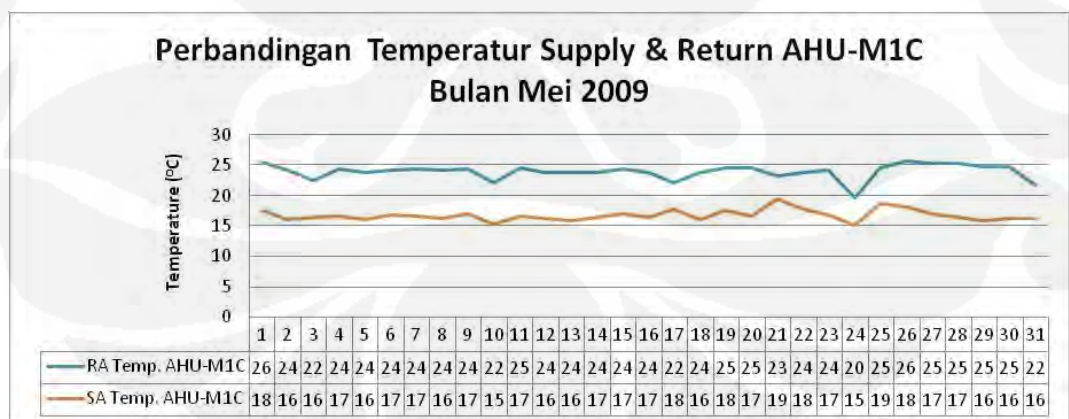
- AFS (Air Flow switch) berfungsi sebagai status fan dan terhubung pada point digital input.
- Start/stop berfungsi untuk mengoperasikan fan AHU dan terhubung pada digital output, hanya dilakukan secara two-position control saja (On-Off) berdasarkan pada perbedaan kondisi ruangan pabrik dari nilai setpoint temperature dan setpoint humidity.
- Sensor temperatur pada suplai dan return AHU hanya untuk monitoring saja dan terhubung pada poin analog input.
- Motorized valve berfungsi untuk membatasi jumlah air *chiller* yang masuk kedalam coil AHU. Dalam instalasi BAS terhubung pada point analog output.



Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Nilai Temperatur Supply dan Return AHU-M1A Bulan Mei 2009



Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Nilai Temperatur Supply dan Return AHU-M1B Bulan Mei 2009



Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Nilai Temperatur Supply dan Return AHU-M1C Bulan Mei 2009

Pada AHU perbedaan antara suhu udara yang disuplai dan udara yang berasal dari ruangan menentukan besarnya efisiensi kerja yang dilakukan oleh

AHU. Pada *Gambar 4.3* didapat bahwa untuk AHU-M1A memiliki nilai rata-rata efisiensi kerja AHU-M1A sebesar $= \frac{21,87 - 15}{15} \times 100\% = 45,8\%$ hal ini berarti bahwa AHU tersebut mampu menurunkan suhu udara sebesar 45,8%.

Pada *Gambar 4.4* didapat bahwa untuk AHU-M1B memiliki nilai rata-rata efisiensi kerja AHU-M1B sebesar $= \frac{22,35 - 16,2}{16,2} \times 100\% = 38\%$ hal ini berarti bahwa AHU tersebut mampu menurunkan suhu udara sebesar 38%.

Pada *Gambar 4.5* didapat bahwa untuk AHU-M1C memiliki nilai rata-rata efisiensi kerja AHU-M1C sebesar $= \frac{23,89 - 16,73}{16,73} \times 100\% = 42,86\%$ hal ini berarti bahwa AHU tersebut mampu menurunkan suhu udara sebesar 42,86%. Perbedaan nilai efisiensi yang kerja pada AHU tersebut dikarenakan adanya rugi-rugi yang terjadi pada ducting, pendistribusian udara.

4.1.3 Analisis Unjuk Kerja Pengontrolan Pompa Air

Untuk keperluan mensirkulasikan air yang sudah didinginkan atau dipanaskan oleh unit Chiller ke AHU, maka di gunakan masing-masing sistim satu paket pompa sirkulasi air dingin dan pompa sirkulasi air pemanas. Jenis kedua pompa ini adalah sama, yaitu digunakan jenis End Suction Centrifugal Pump dengan tekanan kerja pompa adalah sesuai nilai setpoint sebesar 4,5 KgF/cm².

4.1.3.1 Analisis Unjuk Kerja Pengontrolan Pompa Air Pendingin (CHWP)

Pada sistim ini, sistim Chilled Water atau air yang didinginkan menggunakan 3 buah pompa air pendingin (CHWP, Chilled Water Pump) yang beroperasi bergantian secara random pada mode otomatis, hal ini dirancang agar umur pompa dapat lebih lama mengingat jarak antara ruang pompa dan lokasi pabrik cukup jauh. Pada sistem ini untuk mengefisienkan pemakaian pompa maka kontrol CHWP dilakukan dengan pemakaian VSD (Variabel Speed Drive) yang bekerja berdasarkan tekanan air yang dibutuhkan oleh chiller. Nilai setpoint tekanan yang diberikan disini adalah sebesar 4,50KgF/cm² hal ini berdasarkan batas tekanan air nominal pada chiller. Ketika tekanan air naik melebihi nilai

setpoint maka pressure transmitter akan mengirimkan sinyal ke Controller kemudian Controller akan memberikan perintah agar VSD mengurangi kecepatan motor pompa, sehingga tekanan air pada suplai chiller dapat terjaga.

4.1.3.2 Analisis Unjuk Kerja Pengontrolan Pompa Air Pemanas (HWP)

Untuk sistem air pemanas hanya di gunakan dua buah pompa air pemanas (HWP, Hot water Pump) yang dioperasikan sesuai kebutuhan berdasarkan perubahan kondisi ruangan. Apabila suhu ruangan turun dibawah nilai setpoint sebesar $1/2^{\circ}$ maka 1 motor HWP akan bekerja apabila suhu ruangan turun dibawah nilai setpoint sebesar $>1^{\circ}$ maka motor HWP yang lain akan bekerja untuk menjaga agar kondisi ruangan sesuai dengan temperatur dan humidity yang diharapkan.

Pada sistem ini untuk mengefisienkan pemakaian pompa maka kontrol HWP dilakukan dengan pemakaian VSD (Variabel Speed Drive) yang bekerja berdasarkan tekanan air yang dibutuhkan oleh chiller. Nilai setpoint tekanan yang diberikan disini adalah sebesar $4,50\text{KgF/cm}^2$ hal ini berdasarkan batas tekanan air nominal pada chiller. Ketika tekanan air naik melebihi nilai setpoint maka pressure transmitter akan mengirimkan sinyal ke Controller kemudian Controller akan memberikan perintah agar VSD mengurangi kecepatan motor pompa, sehingga tekanan air pada suplai chiller dapat terjaga.

4.1.4 Analisis Unjuk Kerja Pengontrolan Temperatur dan Humidity Ruangan

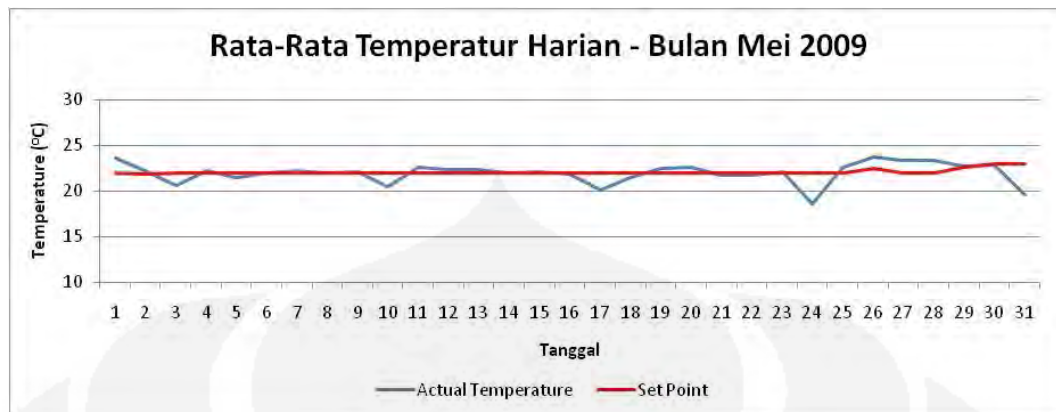
Pada sistem ini pengontrolan kondisi ruangan dilakukan dengan membandingkan antara nilai setpoint yang diberikan dengan nilai temperatur dan humidity aktual di ruangan. Sensor ditempatkan pada ruangan pabrik sebagai referensi nilai aktual. Apabila nilai aktual lebih besar dibandingkan nilai setpoint yang diinginkan maka controller akan memberikan sinyal ke MV (Motorized Valve) untuk mengatur pembukaan pada posisi maksimal . Apabila nilai aktual lebih rendah dibandingkan nilai setpoint maka MV (Motorized Valve) akan mengatur pembukaan katup sesuai kebutuhan. Jadi pengontrolan suhu dan humidity pada ruangan hanya dengan mengatur posisi pembukaan MV (Motorized Valve).

Tabel 4.2. Rata - rata Nilai Temperatur dan Humidity Harian pada Bulan Mei

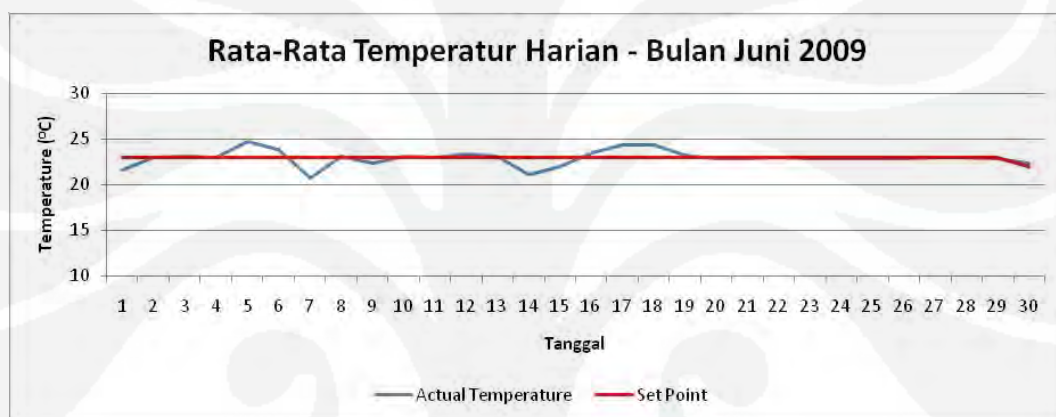
Tanggal	Set Point Temperatur	Setpoint humidity	Room Temp. Actual	Room Humidity Actual
	°C	%RH	°C	%RH
01/05/2009	22	58	23,6	60,7
02/05/2009	22	58	22,2	59,4
03/05/2009	22	58	20,6	63,5
04/05/2009	22	58	22,2	62,2
05/05/2009	22	58	21,5	62,2
06/05/2009	22	58	22	63,4
07/05/2009	22	58	22,2	62,2
08/05/2009	22	58	22	62,1
09/05/2009	22	58	22,1	62,4
10/05/2009	22	58	20,5	62,5
11/05/2009	22	58	22,6	62,3
12/05/2009	22	58	22,4	60,8
13/05/2009	22	58	22,4	61,3
14/05/2009	22	58	22	61,3
15/05/2009	22	58	22,1	62,4
16/05/2009	22	58	21,9	61,6
17/05/2009	22	58	20,1	63
18/05/2009	22	58	21,5	62,2
19/05/2009	22	58	22,5	60,1
20/05/2009	22	58	22,6	62,3
21/05/2009	22	58	21,7	58,9
22/05/2009	22	58	21,7	62
23/05/2009	22	58	22,1	62,9
24/05/2009	22	58	18,6	62,5
25/05/2009	22	58	22,6	64,2
26/05/2009	22	58	23,7	64
27/05/2009	22	58	23,4	60,7
28/05/2009	22	58	23,4	58,6
29/05/2009	22	58	22,7	58
30/05/2009	22	58	22,8	58,7
31/05/2009	22	58	19,6	64,1

Tabel 4.3. Rata - rata Nilai Temperatur dan Humidity Harian pada Bulan Juni

Tanggal	Set Point Temperatur	Setpoint humidity	Room Temp. Actual	Room Humidity Actual
	°C	%RH	°C	%RH
01/06/2009	23	58	21,6	61,1
02/06/2009	23	58	23	59
03/06/2009	23	58	23,1	58,5
04/06/2009	23	58	23	58,2
05/06/2009	23	58	24,7	56,1
06/06/2009	23	58	23,9	56,1
07/06/2009	23	58	20,7	63,5
08/06/2009	23	58	23,1	64,3
09/06/2009	23	58	22,4	60,7
10/06/2009	23	58	23,1	58,9
11/06/2009	23	58	23	59,2
12/06/2009	23	58	23,3	58
13/06/2009	23	58	23,1	58,3
14/06/2009	23	58	21,1	59,2
15/06/2009	23	58	22	61,5
16/06/2009	23	58	23,5	58,7
17/06/2009	23	58	24,3	58,4
18/06/2009	23	58	24,4	59,4
19/06/2009	23	58	23,2	58,8
20/06/2009	23	58	22,9	59,3
21/06/2009	23	58	22,9	58,3
22/06/2009	23	58	23	58,8
23/06/2009	23	58	22,9	59,9
24/06/2009	23	58	22,9	60,9
25/06/2009	23	58	22,9	61,4
26/06/2009	23	58	22,8	60,2
27/06/2009	23	58	23	55,6
28/06/2009	23	58	23	56,3
29/06/2009	23	58	22,9	60
30/06/2009	22	58	22,3	58,4

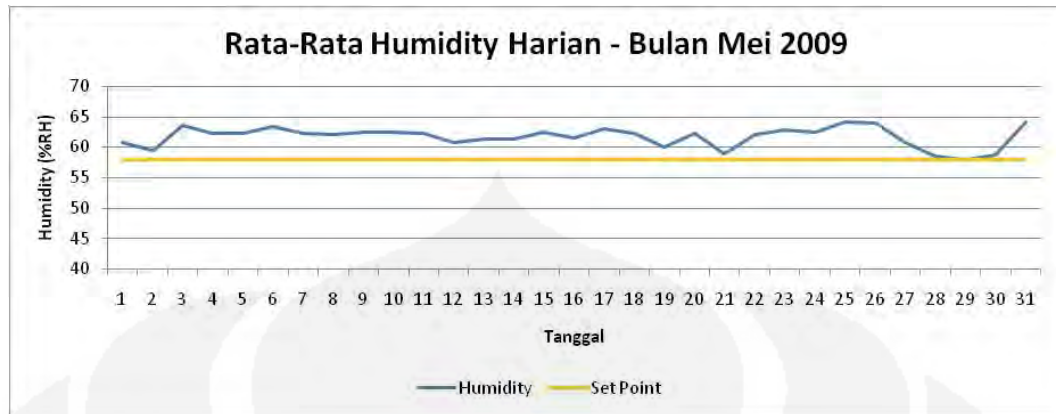


Gambar 4.6. Grafik Nilai Rata-rata Temperatur Harian – bulan Mei 2009

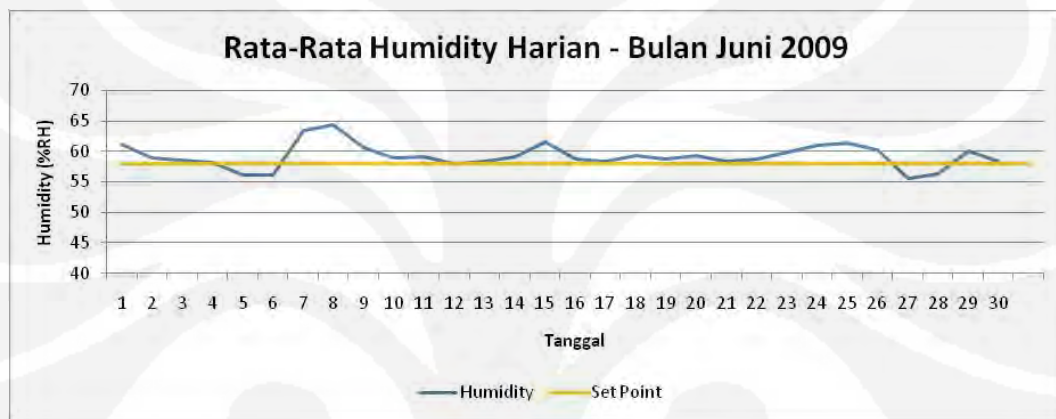


Gambar 4.7. Grafik Nilai Rata-rata Temperatur Harian – bulan Juni 2009

Pada gambar 4.6 dan 4.7 dapat dilihat bahwa nilai actual temperatur yang tercapai pada ruangan mendekati nilai setpoint sebesar 22°C. Dikarenakan sistem ini masih dalam pengujian, maka pada setiap hari minggu dilakukan maintenance terhadap peralatan. Sehingga kontrol dilakukan pada mode manual oleh operator, dapat dilihat bahwa pengontrolan dengan menggunakan BAS memperlihatkan hasil yang optimal.

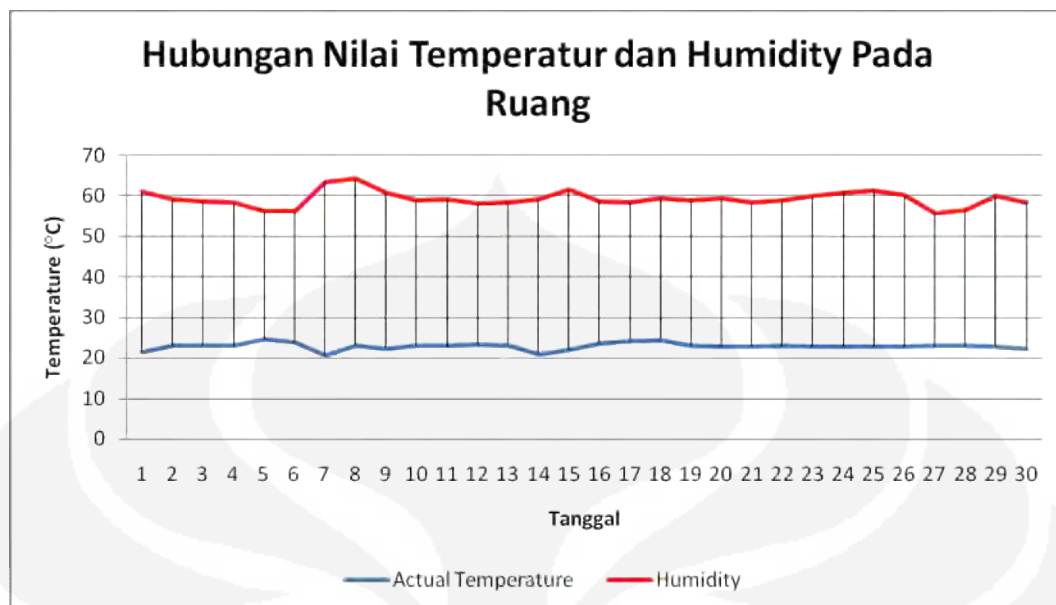


Gambar 4.8. Grafik Nilai Rata-rata Humidity Harian – bulan Mei 2009



Gambar 4.9. Grafik Nilai Rata-rata Humidity Harian – bulan Juni 2009

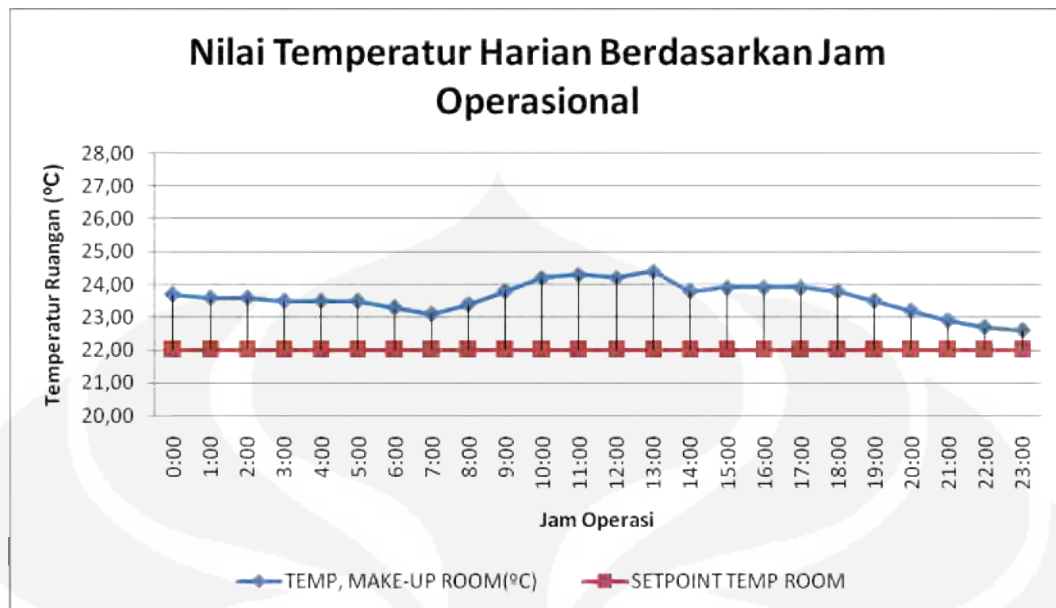
Pada *gambar 4.8 dan 4.9* dapat dilihat bahwa nilai humidity yang tercapai pada ruangan masih diatas nilai setpoint dalam kisaran s.d 5%RH . Hal ini dikarenakan operasi pada HWP yang berfungsi untuk melakukan *reheating* belum sesuai dengan deskripsi yang diberikan.



Gambar 4.10. Grafik Nilai Temperatur dan Humidity pada ruang Bulan Juni 2009

Jika dibandingkan antara nilai temperatur dengan nilai humidity yang tercapai maka dapat dilihat bahwa nilai temperatur dan humidity akan berbanding terbalik. Temperatur masuk yang lebih tinggi akan mengalami penurunan lebih banyak dibanding jika udara masuk pada temperatur lebih rendah. Temperatur udara masuk yang tinggi ternyata disertai dengan RH udara yang lebih rendah. Dua property ini menyebabkan kinerja air cooler lebih baik. Pada *gambar 4.10* dapat dilihat Temperatur yang tinggi dan RH yang rendah menunjukkan udara yang panas dan kering.

Proses yang dialami udara selama mengalir melalui *air cooler* adalah temperatur udara turun dan kelembabannya bertambah saat ke luar dari *air cooler*. Hal ini sesuai dengan yang disampaikan ASHRAE bahwa pada *direct evaporative cooling* udara yang menerima hasil penguapan dari aliran air akan mengalami pengurangan temperatur *dry-bulb* dan peningkatan kelembaban.



Gambar 4.11. Grafik Nilai Temperatur Harian Berdasarkan Jam Operasi

Pada *gambar 4.11* dapat dilihat bahwa perbedaan nilai aktual temperatur dengan nilai setpoint pada jam operasi 9.00 sampai dengan 18.00 memiliki nilai Δt yang lebih besar dibandingkan jam operasi lainnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa beban puncak pendinginan terjadi pada jam 9.00 sampai dengan 18.00. Hal ini dipengaruhi oleh banyak faktor misalnya pada siang hari laju penguapan yang terjadi lebih besar dibandingkan waktu yang lain.

4.2 Analisis Pemakaian Energi

4.2.1 Pengaruh variasi nilai suhu evaporator pada konsumsi energi mesin

Pada studi kasus ini dilakukan percobaan untuk melihat pengaruh variasi nilai setpoint temperatur ruang, suhu evaporator dan suhu kondensor terhadap perubahan konsumsi daya dan kapasitas pendinginan mesin refrigrasi yang digunakan.

Pada *tabel 4.2* diberikan hasil pengujian, dapat dilihat bahwa penurunan pada nilai setpoint akan mengakibatkan penurunan jumlah kalori yang dibutuhkan oleh ruang sehingga sistem BAS akan merespon perubahan tersebut dengan beberapa aksi pengontrolan. Diantaranya adalah dengan mengatur persentase pembukaan motorized valve pada AHU, mengatur kecepatan kipas pada AHU, kemudian memberikan informasi ke chiller mengenai jumlah kalori yang

dibutuhkan oleh sistem. Dengan penurunan kebutuhan kalori ini maka suhu evaporator yang berperan dalam pengkondisian suhu air dingin yang diproduksi oleh chiller akan mengalami kenaikan temperatur. Peningkatan nilai suhu evaporator akan berpengaruh pada penurunan kebutuhan konsumsi daya yang dibutuhkan oleh mesin refrigrasi dan peningkatan kapasitas pendinginan atau *cooling capacity*.

Tabel 4.4. Pengaruh Variasi Temperatur terhadap Konsumsi Energi Mesin

Nilai Set Point (°C)	Temp. Evaporator (°C)	Temp. Kondensor (°C)	Konsumsi Daya Mesin (kW)	Penurunan dalam kW (%)	Kapasitas Pendinginan (kW)	Kenaikan dalam kW (%)
21	5	30	168,9	-	484,9	-
22	6	30	165,3	2,18	502,4	3,61
23	7	30	163,7	3,08	517,9	6,81
24	8	30	160,7	4,85	533,2	9,96
25	9	30	158,8	5,98	551,7	13,78

Nilai Set Point (°C)	Temp. Evaporator (°C)	Temp. Kondensor (°C)	Konsumsi Daya Mesin (kW)	Penurunan dalam kW (%)	Kapasitas Pendinginan (kW)	Kenaikan dalam kW (%)
21	5	40	194,7	-	427,2	-
22	6	40	191,5	1,67	445,4	4,26
23	7	40	189,2	2,82	456,7	6,91
24	8	40	185,6	4,67	474,2	11,00
25	9	40	183,9	5,55	487,3	14,07

Nilai Set Point (°C)	Temp. Evaporator (°C)	Temp. Kondensor (°C)	Konsumsi Daya Mesin (kW)	Penurunan dalam kW (%)	Kapasitas Pendinginan (kW)	Kenaikan dalam kW (%)
21	5	46	212,8	-	390,6	-
22	6	46	209,5	1,58	407,3	4,28
23	7	46	207,1	2,68	418,4	7,12
24	8	46	203,7	4,28	434,7	11,29
25	9	46	201,6	5,26	446,9	14,41

Pada nilai setpoint temperatur sebesar 22° C dari pengujian yang dilakukan akan membutuhkan suhu evaporator sebesar 6° C untuk mendinginkan air pada chiller. Air dingin dengan suhu $\pm 6^{\circ}$ C yang disuplai oleh chiller tersebut akan didistribusikan ke cooling coil pada AHU untuk mendinginkan udara pada ducting atau saluran udara. Udara yang melewati AHU akan menjadi lebih dingin

dari sebelumnya, udara tersebut langsung didistribusikan kedalam ruangan. Sistem akan menjaga agar nilai temperatur pada ruangan sesuai dengan nilai setpoint. Pada suhu evaporator sebesar 6° C ini daya yang dibutuhkan oleh satu mesin refrigrasi adalah sebesar 165,3 kW dan kapasitas pendinginan sebesar 502,4 kW. Sehingga energi yang dibutuhkan oleh satu mesin pada nilai setpoint 22° C adalah sebesar :

$$P_{kWh} = P_{mesin} \times 720 = 165,3 \times 720 = 119.016 kWh$$

(keterangan: sistem HVAC pada pabrik “X” ini dioperasikan secara kontinu selama 24 jam sehari dan 30 hari dalam sebulan sehingga berarti 720 jam dalam sebulan). Untuk pemakaian tiga buah mesin refrigrasi secara kontinu (tanpa sistem BAS) selama satu bulan maka pemakaian energi sebesar :

$$P_{Mesin Total} (Kontinu) = P_{kWh} \times 3 = 119.016 \times 3 = 357.048 kWh$$

Dengan penerapan sistem BAS seperti yang dijelaskan sebelumnya , maka pengoperasian mesin berdasarkan kebutuhan kalori dari ruangan. Sehingga ketiga mesin beroperasi secara bergantian sesuai kebutuhan kalori. Diasumsikan dari hasil pengamatan, pengoperasian mesin dengan sistem BAS adalah sebesar 80% dari pemakaian kontinu. Maka pemakaian energi tiga buah mesin refrigrasi adalah sebesar :

$$P_{Mesin Total} (BAS) = P_{kWh} \times 3 \times 0,8 = 119.016 \times 3 \times 0,8 = 285.638,4 kWh$$

Dengan perubahan nilai setpoint menjadi sebesar 25° C maka sistem akan membandingkan antara nilai temperatur aktual di ruangan dan setpoint yang diberikan. Untuk suhu sebesar 25° C maka suhu evaporator yang dibutuhkan untuk mendinginkan air dingin pada chiller juga mengalami kenaikan menjadi sebesar 9° C. Peningkatan suhu evaporator ini menyebabkan chiller membutuhkan energi yang lebih sedikit untuk mendinginkan air. Sehingga hal ini akan mengurangi daya yang dibutuhkan satu mesin refrigrasi menjadi sebesar 158,8 kW dan kapasitas pendinginan menjadi sebesar 551,7 kW. Sehingga energi yang dibutuhkan oleh satu mesin pada nilai setpoint 25° C adalah sebesar :

$$P_{kWh} = P_{mesin} \times 720 = 158,8 \times 720 = 114.336 kWh$$

Untuk pemakaian tiga buah mesin refrigrasi secara kontinu (tanpa sistem BAS) selama satu bulan maka pemakaian energi sebesar :

$$P_{Me\ sin\ Total} (Kontinu) = P_{kWh} \times 3 = 114.336 \times 3 = 343.008 kW$$

Dengan penerapan sistem BAS seperti yang dijelaskan sebelumnya, maka pengoperasian mesin berdasarkan kebutuhan kalori dari ruangan. Sehingga ketiga mesin beroperasi secara bergantian sesuai kebutuhan kalori. Diasumsikan dari hasil pengamatan, pengoperasian mesin dengan sistem BAS adalah sebesar 80% dari pemakaian kontinu. Maka pemakaian energi tiga buah mesin refrigrasi adalah sebesar :

$$P_{Me\ sin\ Total} (BAS) = P_{kWh} \times 3 \times 0,8 = 274.406,4 kW$$

Dari hasil pengujian ini didapatkan bahwa dengan menaikkan nilai setpoint temperatur ruang dari 22° C menjadi 25° C akan menyebabkan penghematan konsumsi energi yang dibutuhkan oleh satu mesin refrigrasi sebesar:

$$Selisih P_{Me\ sin\ Total} (BAS) = P1_{Me\ sin\ Total} (BAS) - P2_{Me\ sin\ Total} (BAS)$$

$$Selisih P_{Me\ sin\ Total} (BAS) = 285.638,4 - 274.406,4 = 11.232 kWh$$

Adapun penghematan yang didapat dengan perubahan nilai set point tersebut adalah :

$$Penghematan(\%) = \frac{(285.638,4 - 274.406,4)}{285.638,4} = 3,92 \approx 4\%$$

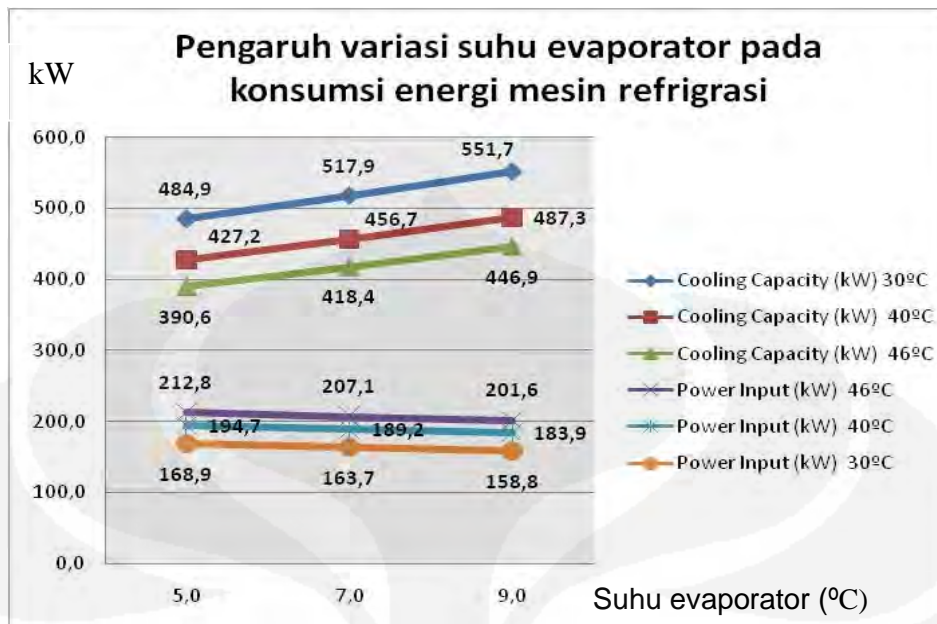
$$Penghematan(Rp) = Selisih P_{Me\ sin\ Total} (BAS) \times Tarif (Rp / kWh)$$

$$Penghematan(Rp) = 11.232 kWh \times Rp.460 / kWh = Rp.5.166.720$$

Tabel 4.5. Nilai Penghematan Konsumsi Energi Mesin terhadap Variasi Temperatur

Nilai Set Point (°C)	Temp. Evaporator (°C)	Temp. Kondensator (°C)	Konsumsi Energi ketiga Mesin (kWh)	Penghematan dalam kWh (%)	Penghematan dalam (Rp)
21	5	30	291.859,2	- (ref)	- (ref)
22	6	30	285.638,4	2,13	2.861.568,00
23	7	30	282.873,6	3,08	4.133.376,00
24	8	30	277.689,6	3,08	6.518.016,00
25	9	30	274.406,4	5,98	8.028.288,00

Keterangan : nilai tarif yang digunakan berdasarkan nilai tarif beban I4 (industri skala besar) mei 2009.



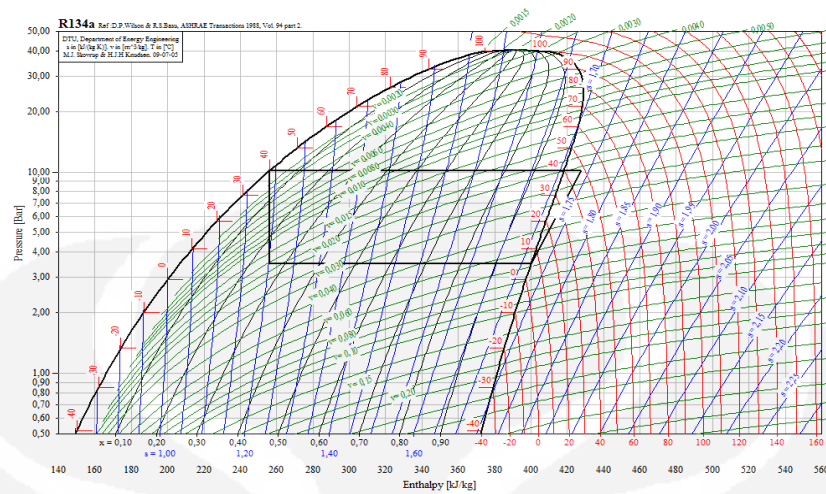
Gambar 4.12. Grafik Pengaruh variasi suhu evaporator pada konsumsi daya mesin refrigrasi

Pada *gambar 4.12* dapat dilihat bahwa kenaikan suhu evaporator dapat menghemat konsumsi daya pada mesin refrigrasi, nilai penghematan yang dicapai misalnya pada suhu kondensor 40°C dengan suhu evaporator sebesar 5°C maka konsumsi daya yang dibutuhkan adalah sebesar 194,7 kW sedangkan pada suhu evaporator sebesar 9°C daya yang dibutuhkan sebesar 183,9 kW atau sebesar 5,55%.

Kapasitas pendinginan untuk mesin yang sama dapat juga meningkat dengan penurunan suhu evaporator. Pada suhu evaporator sebesar 5°C dan suhu kondensor 30°C kapasitas pendinginan adalah sebesar 484,9 kW sedangkan ketika suhu evaporator dinaikkan menjadi 9°C maka kapasitas pendinginan mengalami kenaikan menjadi 551,7 kW atau sebesar 13,78%.

Dapat dilihat juga bahwa pada nilai suhu evaporator yang sama perubahan nilai suhu kondensor akan berpengaruh pada kebutuhan daya plant refrigrasi. Semakin meningkat suhu kondensor maka kebutuhan daya akan semakin besar pula. Pada suhu evaporator sebesar 7°C dan suhu kondensor sebesar 30°C maka konsumsi mesin adalah sebesar 163,7 sedangkan ketika suhu kondensor naik menjadi sebesar 46°C maka konsumsi daya mesin akan mengalami peningkatan menjadi sebesar 207,1 kW atau sebesar 26,5 %.

4.2.2 Koefisien Prestasi (Coefisien of Performance, COP)

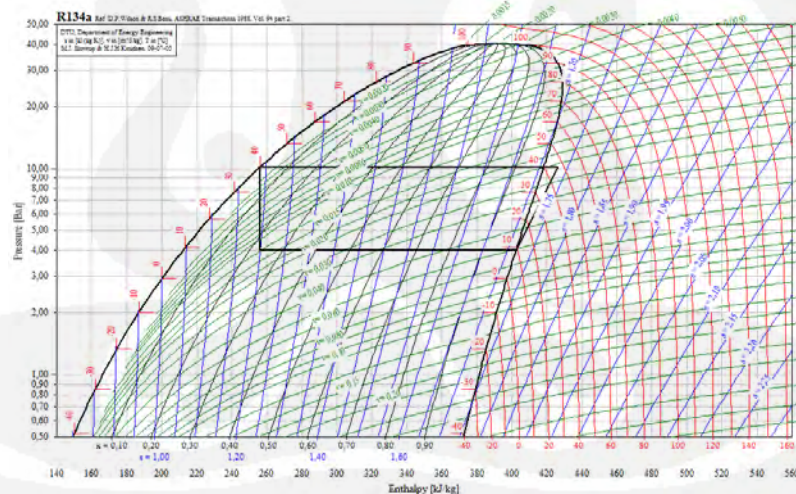


Gambar 4.13. Grafik Nilai COP

(pada suhu evaporator 5°C dan suhu kondensor 40°C)

COP dari mesin pendingin adalah perbandingan energi yang dilepaskan dari evaporator (refrigerant effect - Q_e) dan energi yang diperlukan kompresor

$$(W_{com}) . \text{Nilai COP} = COP = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} = \frac{Q_e}{W_{com}} = \frac{143,913}{27,502} = 5,23$$



Gambar 4.14 Grafik Nilai COP

(pada suhu evaporator 9°C dan suhu kondensor 40°C)

$$\text{Nilai COP} = COP = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} = \frac{Q_e}{W_{com}} = \frac{146,169}{23,945} = 6,10 . \text{ Pada gambar 4.12 dan}$$

didapat nilai COP yang berbeda, dimana koefisien prestasi ini dipengaruhi oleh cooling capacity yang mampu disediakan oleh mesin refrigrasi dan daya yang dibutuhkan oleh mesin pada suhu evaporator dan suhu kondensor tertentu.

BAB V

KESIMPULAN

1. Dengan pemanfaatan BAS di pabrik “X” ini menunjukkan hasil kerja yang optimal pada sistem HVAC karena kondisi ruangan dengan variabel-variabel udara yang diinginkan seperti temperatur, humidity dapat tercapai sehingga kualitas produksi maupun kenyamanan pekerja dapat terpenuhi.
2. Penggunaan BAS sangat membantu operator dalam melakukan pengontrolan dan mengatasi gangguan yang terjadi sehingga hasil yang diperoleh juga memuaskan.
3. AHU yang digunakan memiliki efisiensi kerja masing-masing sebesar AHU-M1A 45,8%, AHU-M2A 38% dan AHU-M1C 42,86%. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh temperatur air chiller, lokasi AHU dan rugi-rugi pada ducting, pendistribusian udara.
4. Perubahan nilai setpoint temperatur ruang dari 22° C menjadi 25° C akan menyebabkan penghematan konsumsi energi yang dibutuhkan oleh mesin refrigrasi sebesar 11.232kWh atau sebesar $\pm 4\%$.
5. Pada mesin refrigrasi yang sama ketika nilai setpoint temperatur ruang diubah dari 22° C menjadi 25° C maka akan menyebabkan kenaikan kapasitas pendinginan sebesar 49,3kW $\pm 10\%$.
6. Penurunan pada suhu kondensor sebesar $\pm 6^\circ$ C akan menyebabkan penurunan konsumsi energi mesin refrigrasi sebesar 26,5%
7. *Controller* yang digunakan untuk sistem HVAC di pabrik “X” adalah DDC (*direct digital controller*) dan menggunakan perangkat lunak Savic-Net Fx yang merupakan sebuah sistem yang digunakan untuk manajemen terpadu berbagai fasilitas untuk HVAC.

DAFTAR ACUAN

- [1] Sugarman, SAM. *HVAC Fundamental*. Dekker CRC Press. 2004
- [2] Montgomery, Ross. *Fundamental Of HVAC Control Systems*, pound edition. ASHRAE Learning institute. 2006
- [3] Mc Dowall, Robert. *Fundamental Of HVAC Systems*, pound edition. ASHRAE Learning institute. 2006
- [4] Yamatake. *Building Management System (BMS) Savicnet-FX Basic Guide*. Yamatake Corp. 2006.
- [5] Yamatake. *Instrumentation Guide Comfort Control*. Yamatake Corp. 2006.
- [6] Azbil. *Pengenalan Sistem Manajemen Gedung*. Azbil Indonesia. 2007.
- [7] *Tips for Energy Conservation for Industries*.
<www.bee-india.nic.in/down.php.>
- [9] *Refrigrasi dan Sistim Penyejuk AC*.
<www.energyeficiencyasia.com.>
- [10] Dwijanto. *Automatisasi Gedung Bertingkat Tinggi, Skripsi*. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. 1999.



DAFTAR LAMPIRAN