Bab 15 Utilitas Termal: Refrigerasi, Ventilasi dan Air-Conditioning

Dr. Yeffry Handoko Putra, S.T, M.T

E-mail: yeffry@unikom.ac.id

206

Refrigeration, Ventilation and Air-conditioning RVAC

Air-conditioning

- Pengolahan udara
- Menyediakan udara dingin
- Membuat udara ruangan berkondisi tertentu

Ventilation

- Penyediaan udara segar
- Mengganti udara ruangan dengan laju aliran tertentu

Refrigeration

- Cara membuat suhu lebih rendah dari suhu lingkungan
- Mempertahankan suhu rendah tetap rendah

207

RVAC

Perlu ada:

- Sarana yang penting di sebuah gedung
- Meningkatkan nilai jual gedung komersial
- Menyediakan kenyamanan termal hunian
- Meningkatkan produktiviti penghuni

Perlu perhatian:

- Pengkonsumsi energi yang cukup besar
- Harus beroperasi optimal

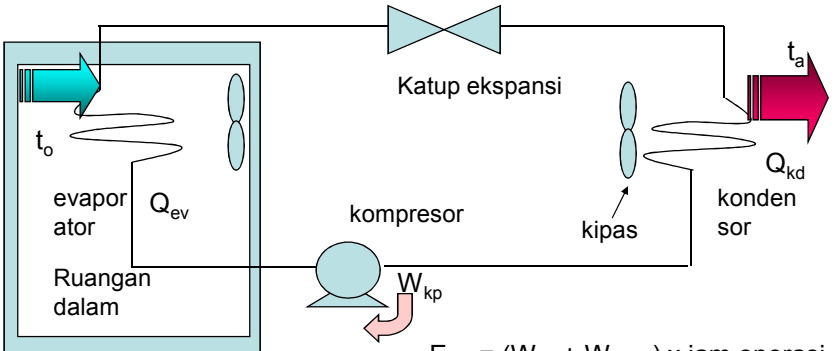
208

Air Conditioning (AC)

- Pengkondisian udara (Air Conditioning) : Proses perlakuan terhadap udara di dalam bangunan yang meliputi pengaturan suhu, kelembaban, kecepatan dan aliran angin (ventilasi buatan), kebersihan dan bau.

209

- Komponen mesin AC

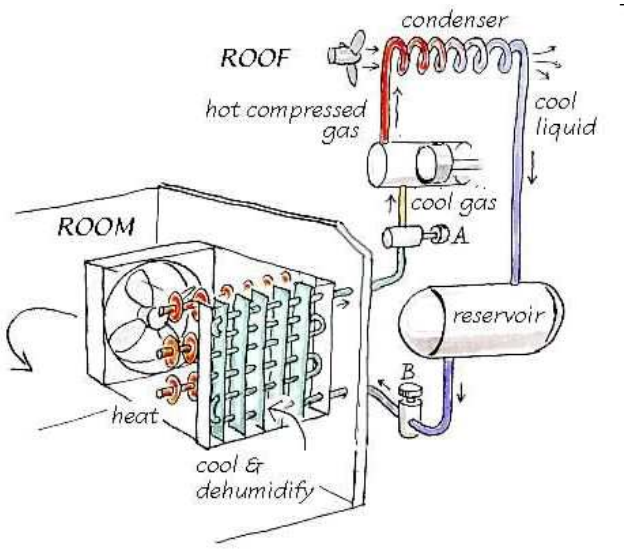


$E_{AC} = (W_{kp} + W_{kipas})$ x jam operasi

- Q_{ev} : kapasiti refrigerasi
- Q_{kd} : laju pembuangan kalor
- t_a : suhu lingkungan sekitar

t_o : suhu obyek refrigerasi
Wkp : daya kompresi
Wkipas: daya kipas

210



211

Komponen utama AC

- ***Kompresor (compressor)***,
  di kompresor refigeran dari evaporator yang berbentuk gas bertekanan rendah ditekan agar menjadi gas bertekanan tinggi. Suhu refigeran naik karena overheating dari kompresor

- ***Kondensor (Condensor)***,
  pada saat refrigeran berbentuk gas bertekanan tinggi melewati kondensor melalui koil kondensor panasnya dibuang ke udara bebas dengan hembusan angin dari kipas. Karena kehilangan panas refrigeran berubah fase dari gas menjadi cair. Di koil kondesor tidak terjadi perubahan tekanan. Temperatur refrigeran turun

212

Komponen utama AC (2)

- ***Katup Ekspansi (expansion valve)***,
  berguna untuk menurunkan tekanan dan menyemprotkan refrigeran ke dalam evaporator

- ***Koil evaporator (evaporator coil)***,
  evaporator berguna untuk menguapkan refrigeran yang bertekanan rendah dengan cara mengambil kalor laten dari dinding koil tersebut. Dinding koil mengambil kalor dari udara yang dihembuskan melewatinya. Agar perpindahan panas lebih besar koil evaporator di beri sirip-sirip penyerap panas (fins) untuk memperluas bidang perpindahan panas.

- Dari evaporator refrigeran akan disedot oleh kompresor dan siklusnya berulang

213

Komponen tambahan AC

- ***Beban pendinginan (Cooling Load)***
  adalah panas yang harus dibuang oleh AC dari dalam ruang. Beban pendinginan ini bisa berasal dari manusia, alat elektronik, sinar matahari atau bukaan ventilasi. Beban pendinginan dinyatakan dengan watt atau Btu (British Thermal Unit)
- ***Termostat (Thermostat),***
  alat ini berupa pengontol On/off yang bekerja seperti saklar otomatis bila suhu rungan sudah memenuhi nilai yang diinginkan (set point)
- ***Penjernih udara (Air Purifier)***
  Alat untuk menyaring udara agar bersih dari debu, asap rokok, serbuk sari, bulu binatang, bakteri dan polutan. Alat ini berupa filter

214

Komponen tambahan AC (2)

- ***Pelembab (Humidifier)***
  Alat untuk mengontrol kelembaban agar udara di dalam ruangan tidak kering. Udara yang terlalu kering akan menyebabkan mata pedih, kulit bersisik, bibir kering dan timbul listrik statik.
- ***Pembangkit ion negatif (ionizer),***
  Alat yang dapat membangkitkan ion negatif dengan cara menambahkan sebuah elektron pada atom oksigen di udara melalui proses pelepasan listrik bertegangan tinggi atau penyinaran ultra violet. Karena kelebihan elektron, atom oksigen menjadi ion negatif yang berupa oksidan tinggi

215

Refigerant

- zat yang menimbulkan efek pendinginan bila mengembang atau menguap, dengan sifat tersebut refrigeran dijadikan medium pengangkut kalor pada AC. Refrigeran yang dikenal adalah freon (CFC) dan freon rendah Carbon (HCFC)

216

Tipe-tipe AC:

1. AC UNIT:
   - Tipe paket tunggal
   - Tipe paket terpisah

2. AC TERPUSAT (Central AC)
   AC tipe besar yang dikendalikan secara terpusat untuk melayani satu gedung besar digunakan pada gedung-gedung tinggi, perkantoran, mall.

217

- ***Tipe Paket Tunggal***:
  Dikenal sebagai tipe jendela (Windows type). Pada tipe ini seluruh bagian AC ada dalam satu wadah. AC tipe ini dipasang dengan cara meletakkan mesin langsung menembus dinding. Jadi dinding dilubangi sebesar AC tersebut. AC ini agak sedikit bising

- ***Tipe Paket Terpisah***:
  Dikenal sebagai Tipe Split (Split type). Sesuai namanya AC tipe ini mempunyai dua bagian terpisah yaitu unit dalam ruang (indoor unit) dan unit luar ruang (outdoor unit). Unit luar ruangan berisi kipas, kompresor dan kondensor untuk membuat panas.

218

- Sedangkan unit dalam ruang berisi evaporator dan kipas untuk menghembuskan udara dingin. Antara unit dalam ruang dan luar dihubungkan dengan pipa untuk aliran refigeran. Karena hanya pipa tersebut yang perlu menembus dinding maka pelubangan cukup kecil saja. Karena unit luar cenderung bising maka tipe ini dapat menghindari kebisingan
- Tipe terpisah ini dapat berupa tipe split tunggal (single split unit, satu unit luar melayani satu unit dalam ruang) atau tipe split ganda (multi split type, satu unit luar ruang melayani beberapa unit dalam ruang).

219

- Berdasarkan pemasangannya tipe terpisah ini dapat dibagi menjadi :
  - Tipe langit-langit/dinding (ceiling/wall type):
    indoor unit dipasang di dinding bagian atas
  - Tipe lantai (floor type)
    indoor unit diletakkan dilantai. Biasanya berbentuk seperi lemari
  - Tipe kaset (cassete type)
    indoor unit dipasang di langit-langi menghadap ke bawah





220

AC terpusat

- ***AC terpusat*** melibatkan sistem jaringan distribusi udara (ducting) untuk mencatu udara sejuk ke dalam ruangan dan mengambil kembali untuk diolah kembali. Udara sejuk diperoleh dari sistem pendinginan dengan cooling tower atau dengan unit pendingin Chiller. Lubang udara tempat udara dari sistem AC masuk disebut ke dalam ruangan disebut difuser sedangkan lubang tempat udara kembali dari dalam ruangan ke jaringan disebut gril (grill)

- ***Unit Pengolah Udara***. Selain unit pendinginan AC besar juga dilengkapi dengan Unit Pengolah Udara (Air Handling Unit, AHU) yang berfungsi mencampurkan udara bersih (70%) dengan udara balik (30%)

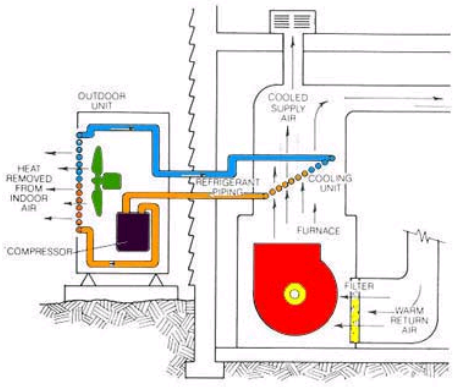
221

Air handling unit



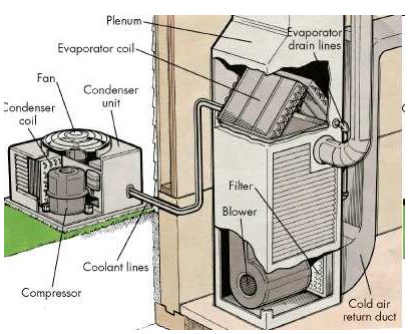
222

Cara kerja AC terpusat



Central Air-Conditioning & Heating System

Graphic courtesy: Air-Conditioning & Refrigeration Institute



223

Beban Refrigerasi Unit AC

Beban kalor eksternal:

- Perambatan kalor menembus dinding, atap, langit-langit
- Perambatan kalor menembus lantai
- Radiasi kalor menembus kaca dan lubang cahaya

Beban kalor internal:

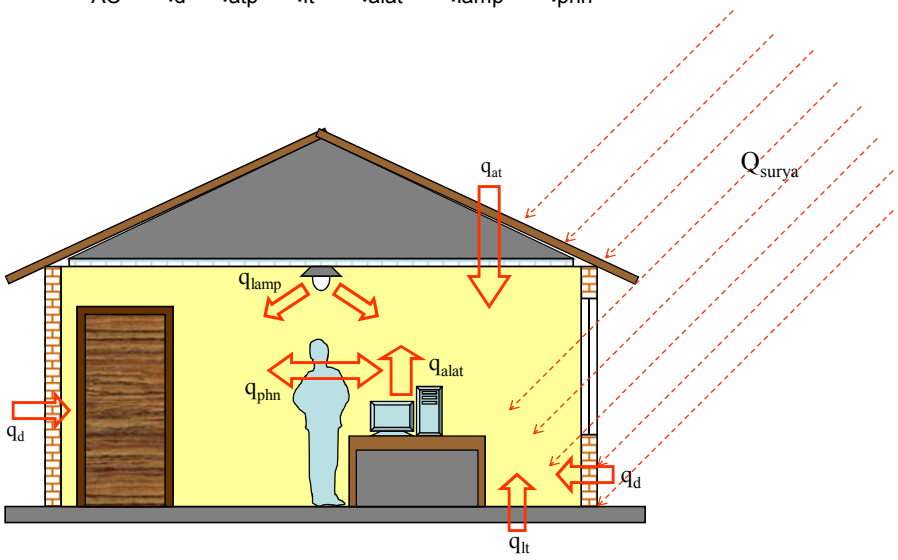
- Lampu-lampu untuk pencahayaan dan penerangan
- Peralatan yang mendisipasikan energi termal ke ruangan
- Penghuni dalam kegiatannya di ruangan

Beban kalor dari udara luar:

- Ventilasi atau infiltrasi

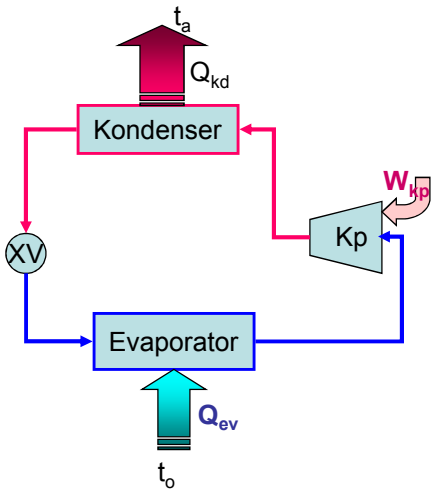
224

$$Q_{AC} = q_d + q_{atp} + q_{lt} + q_{alat} + q_{lamp} + q_{phn}$$



225

Kapasiti dan Kinerja Unit Refrigerasi



$$COP = \frac{\text{manfaat}}{\text{ongkos}} = \frac{Q_e}{W_{kp}}$$

- Dari contoh obyek:
- Q_{ev} = 3500 W
- W_{kp} = 800 W
- COP = 4,8

226

Mengapa Pasang AC?

Untuk penghuni: menyediakan kenyamanan termal

- Orang nyaman termal bila laju produksi kalor akibat metabolisme tubuh sama besar dengan disipasi kalor tubuh ke lingkungan
- Disipasi kalor tubuh dipengaruhi:
  - Kemampuan lingkungan menyerap kalor terdisipasi
  - Jenis pakaian yang dikenakan
  - Pola makan dan diet-nya
- Potensi lingkungan untuk menyerap kalor dipengaruhi:
  - Selisih suhu antara udara dengan suhu permukaan kulit
  - Tingkat kelembaban udara di sekitar tubuh

Untuk benda-benda lain: memungkinkan pelestarian mutu

- Penyimpanan bahan makanan
- Penyimpanan barang seni dan barang pustaka
- Pusat data digital dan ruang terminal komputer

227

Mengapa Pasang AC?

Kenyamanan termal tubuh manusia

- Suhu tubuh orang sehat: 36 ^{o}C sampai 37 ^{o}C
- Kondisi lingkungan di sekitar tubuh:
  - Suhu udara 20 ^{o}C sampai 26 ^{o}C
  - Kelembaban nisbi udara 55 %
  - Ada aliran/gerakan udara yang tepat di sekitar kulit
- Rancangan kondisi termal udara ruangan yang umumnya dibuat:
  - Suhu 23 ^{o}C
  - Kelembaban nisbi 55 %

Untuk benda-benda lain: kondisi udara disesuaikan kebutuhan

- Penyimpanan bahan makanan: t = 10 ^{o}C dan RH = 70 %
- Penyimpanan barang seni dan pustaka: t = 22 ^{o}C dan RH = 40 %
- Pusat data digital dan komputer: t = 17 ^{o}C dan RH = 40 %

228

Wilayah Indonesia di Belahan Dunia

http://worldatlas.com/webimage/countrys/as.htm
5 Agustus 2005



229

Situasi Geografik Indonesia



230

Iklim Indonesia dan Kenyamanan Termal

- Lokasi geografikal Indonesia:
  - Di Khatulistiwa,
  - Kepulauan dengan banyak hutan hujan tropikal
  - Dikelilingi lautan
- Iklim wilayah:
  - hangat dan lembab
  - $t_{ling} \approx 35\ ^oC$ dan $RH_{rata2} = 70\ \%$
- Penduduk teraklimatisasi
  - Bentuk, struktur dan model bangunan tradisional yang alami
  - Pola kegiatan dan pola makan
  - Kebiasaan makan dan diet sehari-hari
- Nyaman pada kondisi $t_{ling} \approx 28\ ^oC$ dan $RH_{rata2} = 55\ \%$

231

Pengontrolan Energi Dalam Bangunan

- Penggunaan energi listrik di dalam suatu bangunan perkantoran bertingkat bisa menjadi sumber terbesar biaya operasional yang harus dibayar per bulannya
- Solusi penghematan penggunaan listrik muncul dari logika dan pengetahuan fisika bangunan

232

Pengkonsumsi Daya Elektrik Bangunan Gedung

- Sistem lampu untuk pencahayaan
- Peralatan elektrikal pengolahan data
- Peralatan elektrikal cetak dan telekomunikasi
- Peralatan audiovisual
- Peralatan penyimpanan dan pengolah bahan makanan
- Unit AC

Contoh: Ruangan kantor seluas 25 m^2 terpasang unit AC.
Kapasiti AC 3500 W perlu catu daya elektrik 800 W.
Pencahayaan lampu TL, 4 buah @ 40 W.
5 unit komputer @ 250 W.
2 unit alat telekomunikasi @ 200 W.
1 unit televisi @ 70 W.

233

Contoh Tabulasi Konsumsi Daya Elektrik

No.	Pemakai daya	Jumlah	Pemakaian	
			(Watt)	(%)
1	Pencahayaan/penerangan menggunakan lampu TL	4 buah @ 40 Watt = 4 x 40 Watt =	160	6,0
2	Perangkat komputer	5 buah @ 250 Watt = 5 x 250 Watt =	1250	46,6
3	Peralatan telekomunikasi (telepon/fax, radio komunikasi)	2 buah @ 200 Watt = 2 x 200 Watt =	400	14,9
4	Televisi	1 buah @ 70 Watt = 1 x 70 Watt =	70	2,6
5..	Unit AC, 25 m^2/tonref	1 buah @ 800 Watt = 1 x 800 Watt =	**800**	**29,9**
		Besarnya daya perlu disediakan	2680	100,0

234

Contoh Pola Penggunaan Daya Elektrik

- Jam kerja kantor 08:00 - 17:00
- Hari kerja normal Senin hingga Jumat
- Lampu-lampu mungkin tidak perlu dinyalakan
- Unit komputer sebagian aktif, sebagian *idle*
- Perangkat telekomunikasi tidak selalu sibuk
- Pesawat televisi tidak selalu menyala pada jam kantor
- Unit AC menyala sepanjang jam kerja

235

Contoh Pola Penggunaan Daya Elektrik

Jumlah jam penggunaan dalam rentang sebulan:

- Lampu-lampu menyala selama α jam
- Jumlah waktu operasi komputer selama β jam
- Penggunaan total telekomunikasi selama γ jam
- Pesawat televisi menyala selama δ jam
- Unit AC beroperasi selama ε jam

$E = \alpha(160\ W) + \beta(1250\ W) + \gamma(400\ W) + \delta(70\ W) + \varepsilon(800W)$

E (kW-jam) akan ditagih oleh PLN

236

Prinsip dalam Pengaturan Energi dalam Bangunan

- Hemat : Sumber daya yang digunakan seminimum mungkin
- Efisien : Sumber daya yang digunakan sesuai dengan standar cukup

237

Hemat

- Penggunaan lampu hemat energi
- Mematikan lampu pada hari tertentu
- AC dinyalakan saat mendekati jam kerja

Efisien

Penggunaan lampu sesuai standar iluminansi pekerjaan

- Menjadwalkan penyalaan alat listrik (lift, elevator, lampu)
- Menyalakan AC sesuai beban pendinginan

238

Pengontrolan Energi dalam Bangunan pada Lampu

- Pemilihan jenis lampu yang hemat energi seperti lampu PL memang dianjurkan tetapi harus diperhatikan distribusi lampu PL yang tidak luas pancarannya serta kebutuhan lampu PL akan kestabilan tegangan listrik. Misal pada ruangan lift, dapur, janitor, garasi
- Memberdayakan PASH.
  Pengaturan saklar dalam menyalakan lampu. Lampu-lampu yang berdekatan dengan jendela kaca tidak perlu dinyalakan semua pada siang hari karena pencahayaan alami sudah membantu penerangan. Sehingga lampu-lampu ini memerlukan saklar khusus
- Ruangan yang tidak memerlukan tingkat pencahayaan tinggi tidak perlu menggunakan lampu yang terlalu terang

239

Pengontrolan Energi Dalam Bangunan pada Air Conditioning

- Pengontrolan pada AC dapat disesuaikan dengan jenis ACnya. Bila AC yang digunakan adalah AC Windows yang dipasang di dinding maka pengontrolan bersifat personal dan lokal sedangkan bila jenis AC yang digunakan adalah AC sentral maka pengontrolan bersifat global (menyeluruh)
- Pengontrolan secara global dilakukan dengan penyalaan AC secara :
  - regulasi
  - teknis

240

Pengaturan Secara regulasi

- Pemasangan AC secara terjadwal disesuaikan dengan jam-jam aktivitas yang memerlukan beban pendinginan

  - Misalnya jika suatu kantor bertingkat 3 berada di Jakarta dengan jam kantornya adalah jam 8 pagi maka AC dapat dinyalakan dengan beban penuh pada jam 6 pagi mengingat Jakarta sudah mulai panas pada jam itu.
    Setelah suhu ruangan sesuai dengan nilai yang kita inginkan misalnya tepat pukul 8 pagi. AC dapat dimatikan atau dinyalakan dalam modus dengan beban pendinginan tidak tinggi.
- Melarang merokok di dalam ruangan
  - Merokok mengkonsumsi banyak O_2
  - Perlu banyak ventilasi yang membebani AC
- Mengatur tata cara dan kebiasaan berpakaian
  - Membiasakan berpakaian yang sesuai iklim Indonesia
  - Menyesuaikan pakaian dengan lingkungan alami

241

Menghemat Energi AC Secara Teknis

- Memastikan sekat selubung ruangan yang baik
  - Pintu, jendela dan semua bukaan dapat tertutup rapat
  - Ventilasi sebaiknya hanya melalui unit AC
  - Memasang *automatic door-closer*
- Membatasi beban kalor eksternal
  - Mengurangi terpaan radiasi surya dengan memasang peneduh
  - Memasang insulator termal
  - Pengaturan letak lubang-lubang AC berdekatan dengan luminer lampu dapat membantu mengurangi panas yang dipancarkan lampu.
  - Memanfaatkan faktor vegetasi di lingkungan sekitar
- Mengatur timbulnya beban internal
  - Mengendalikan sumber-sumber kalor di dalam ruangan
  - Mengatur kegiatan sesuai dengan peruntukan ruangan

242

Menghemat Energi AC Secara Teknis (2)

- Mengatur ulang *set-point* suhu ruangan
  - Ruangan di-*set* pada suhu 26 ^{o}C sampai 27 ^{o}C tidak terlalu rendah
- Membuka sekat-sekat antar ruangan yang menghalangi AC
  - Menyingkirkan penghalang distribusi udara di ruangan
  - Tidak menggunakan unit-unit AC tambahan dari yang ada
  - ruangan bersekat yang tidak perlu AC diprioritas pada ventilasi alami

243

Pengontrolan Energi Dalam Bangunan Pada Lift

- Lift sebagai sarana pengangkut barang atau manusia merupakan fasilitas yang mengkonsumsi listrik cukup besar. Beberapa cara alternatif untuk penghematan pada penggunaan lift adalah :
  - Pengaturan jadwal aktivitas lift. Misal jika terdapat beberapa lift vertikal, pada jam-jam tidak sibuk tidak perlu semua lift aktif
  - Lift barang tidak digunakan untuk mengangkat manusia, karena lift barang biasanya berdaya lebih besar daripada lift yang diperuntukkan khusus untuk manusia

244

Intelligent Building System

- Intelligent Building System adalah suatu sistem sentral yang diberikan beberapa logika pengaturan sehingga bisa mengatur secara otomatis pemakaian energi dalam bangunannya secara keseluruhan hanya dari suatu ruangan pengontrol

- Bagian dari Intelligent Building System :
  - Sensor dan remote sensor pada titik yang diukur
  - Pengontrol
  - Alat-alat yang dikontrol
  - Media transmisi data
  - Alarm dan keselamatan kerja (Api, gempa, banjir)

245

- Sensor tertentu seperti suhu dan cahaya, dapat dipasangkan pada beberapa ruangan yang memang ingin dipantau kondisinya dari ruang pengontrol. Sensor ini biasanya disebut remote sensor karena letaknya yang jauh dari ruang pengontrol.

- Pengontrol berupa ruangan pengontrol. Perintah pengontrolan bisa berupa :
  - kumpulan daftar set point pada setiap ruangan yang dipantau
  - jadwal aktivitas suatu alat berikut dengan pelarangannya. Misal pada siang hari lampu di dekat jendela kaca bagaimana pun tidak akan diijinkan untuk dinyalakan

246

- Pengontrolan bisa bersifat full otomatis atau semi otomatis. Pada pengontrolan semi otomatis pengontrolan secara lokal masih dapat dilakukan
- Alat yang dikontrol berupa selain Lift, lampu dan AC juga berupa boiler, pompa air tanah, alat elektronika
- Media Transmisi Data bisa berupa :
  - kabel transmisi
  - nirkabel (wireless)
- Alarm dan keselamatan kerja
  Alarm juga dapat diatur secara global, beberapa peringatan otomatis dapat diprogram bila terjadi kondisi tertentu.

247