

22618/H/05



TUGAS AKHIR

ANALISA LIFE CYCLE COST PERBANDINGAN ANTARA SISTEM AC DENGAN BLOWER PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG KANWIL DIRJEND PAJAK SURABAYA

OLEH :

DANI PAMUNGKAS

3102 109 639

RSS
697-93
Pam
9-1
2005



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	27-6-2005
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	222384

PROGRAM STUDI S-1 EKSTENSI
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2005

ANALISA LIFE CYCLE COST PERBANDINGAN ANTARA SISTEM AC DENGAN BLOWER PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG KANWIL DIRJEND PAJAK SURABAYA

Disusun Oleh:
Dani Pamungkas
3102 109 639

Dosen Pembimbing:
Ir. Retno Indryani, MS.

ABSTRAK

Untuk memenuhi kebutuhan penyediaan fasilitas bidang administrasi dan operasional milik pemerintah, khususnya di kota Surabaya maka pemerintah pusat bekerjasama dengan pemerintah daerah berencana mendirikan gedung Kantor Kanwil Dirjend Pajak Jawa Bagian Timur. Dibutuhkan dana pembangunan sebesar Rp 53,313,000,000.00 untuk 8 lantai dengan alokasi Rp 3,845,657,420.00 digunakan untuk sistem pengkondisian udara berupa sistem AC sentral pada 7 lantai. Melihat besarnya anggaran biaya yang diperlukan untuk pekerjaan sistem AC, maka perlu dilakukan pengoptimalan biaya agar biaya pembangunan gedung tersebut dapat lebih optimal dan efektif. Tugas Akhir ini bertujuan untuk membandingkan biaya siklus hidup antara sistem AC dan Blower.

Untuk melakukan analisa perbandingan perhitungan Life Cycle Cost antara sistem AC dan Blower perlu dilakukan perhitungan biaya-biaya yang relevan. Biaya-biaya tersebut berupa biaya investasi peralatan, biaya replacement, biaya operasional dan perawatan tiap tahun dan Nilai Sisa dari masing-masing peralatan. Perhitungan dilakukan dengan menjumlahkan Present Value dari biaya investasi, biaya replacement serta biaya operasional dan perawatan yang dikurangkan dengan nilai sisa sehingga didapat total biaya siklus hidup dari masing-masing sistem selama umur investasi gedung yang diperkirakan 25 tahun.

Dari hasil perhitungan Life Cycle Cost selama umur investasi gedung dengan asumsi kenaikan tarif dasar listrik 2 % setiap 2 tahun didapat biaya siklus hidup sistem AC sebesar Rp. 7,624,558,968.037 sedangkan untuk sistem Blower sebesar Rp. 6,499,591,341.94 (85.25 %). Dari hasil analisa sensitivitas dengan perubahan kenaikan tarif dasar listrik sampai dengan 12 % sistem blower masih mempunyai biaya siklus hidup yang lebih kecil.

Kata kunci : *Life Cycle Cost, AC, Blower*

TUGAS AKHIR

ANALISA LIFE CYCLE COST PERBANDINGAN ANTARA SISTEM AC DENGAN BLOWER PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG KANWIL DIRJEND PAJAK SURABAYA

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



Ir. Retno Indryani, MS

Nip. 131 558 635

**PROGRAM STUDI S-1 EKSTENSI
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2005**

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Segala puji hanya bagi Allah SWT, Tuhan yang menguasai seluruh makhluk, sehingga atas berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul ***ANALISA LIFE CYCLE COST PERBANDINGAN ANTARA SISTEM AC DENGAN BLOWER PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG KANWIL DIRJEND PAJAK SURABAYA***, yang merupakan syarat untuk menyelesaikan Kurikulum Program Studi S-1 Lintas Jalur Teknik Sipil FTSP ITS, Surabaya.

Terwujudnya Penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan serta bimbingan dari berbagai Pihak. Dengan kerendahan hati saya menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Ir.Indarasurya B.M, Msc. PhD. Selaku Ketua Jurusan S1 Teknik Sipil FTSP – ITS
2. Ibu Ir. Fifi Sofia selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Lintas Jalur FTSP- ITS
3. Ibu Ir. Retno Indryani, MS. Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Ibu Ir. Pudiastuti selaku Dosen Wali
5. Bapak dan Ibu Dosen serta para karyawan S1 Teknik Sipil FTSP – ITS
6. Bapak Juhartono selaku pihak Konsultan Pengawas proyek Gedung Kanwil Pajak, yang telah banyak membantu memberikan informasi data proyek.
7. Bapak dan Ibu dirumah, dan Kakak serta teman-teman penulis maupun pihak yang telah memberikan bantuan moril dan sprituil kepada penulis hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mengharapkan saran serta kritik yang membangun untuk hasil yang lebih baik lagi di masa mendatang.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, 15 Juni 2005

Penulis

dant3 Give an Honor to :

ALLAH SWT Yang Menguasai semua makhluk dan Suri Tauladan Nabi MUHAMMAD SAW. My Family's di Jakarta (Abi KOM51, Umi Tumuwuh, Mba Iin, Mas Koko, Mas Ipud, Almh Dewi Komalasari). Terimakasih atas semua bantuan untuk doa dan supportnya yang selalu membuat saya ceria dan bersemangat. My Very Best Friend's Ghoofo yang memberikan semua trik special untuk, Ruli yang sering bertukar pikiran, teman SMA-terbaikku Ifan Setiawan di Jakarta, Êsî yang memberikan pengalaman istimewa ketika dulu di SMA serta berbagi semua perasaan. Untuk orang yang saya kagumi A-Lih dan Nia serta satu-satunya saudaraku di Surabaya keluarga Bule-Karni.

Teman Kost GW-21 kamar 109: Di-Az (teman, SMA, Poiteknik dan ITS), Mas Bas "yang sering menggelar konser" dan semuanya yang telah mengajarkan Surabaian Culture, Pa'lasman untuk urusan surat-suratnya, pa' Suroso yang selalu siaga di ruang baca, serta para staff teknik sipil. Mba-Tri serta seseorang lagi di UPT.

Teman-Teman S-1pil : Zaiful makasih banyak atas semua bantuan dan rela tidak masuk kantor untuk siding-TA serta semangatnya yang ngga' keitung, de-Nita dan rizkrit yang selalu oke, Trio mba Junice (yang akan mengakhiri masa lajangnya 3 Juli '05) Asri+Lulu yang sulit sekali dengan pak ChrisUt-nya. Umi siska yang sering nonton di kamar-ku dan Maya Luqman yang akan meruskan kuliah S-2. Tantin (semoga kamu terus dengan masmu). Yayuk, yuk-yak-yuk,.. Catherine,..cath yang imut kaya semut,.. Irwin&Syaiful Arema (tingkatkan skill Winning-mu ya!!!). Lima sekawan Shienta, Anisa, Dian, Vita+Niken yang sekarang mulai tidak kompak.

Teman Sipil seperjuangan: Teman-teman Asal Jakarta: Dwi, Wenny (selamat atas tunangannya ya, jangan lupa undang-undang ya!!) Akhira-Tika-Ida (Akhirnya kite bise pulang kampung juga ye!!!). Mba Iren-Hibul-Mas Taufan yang sidang pada periode yang sama.

Surabaian Friend: Alfan&Citra yang mentraktir di Wapo, ...cepat lulus juga dari Un-Air ya!, Indah dan Vina yang rela menyusul kita dari jakarta, "Ndah Kamu pasti yang terbaik diangkatanmu.!!, Yudi-Kimi -Ayo Mercedes bisa jadi juara F-1-. Udin dan Alwan di kontrakan. Ari yang baru lulus proposal.

NB : Tanpa mengurangi rasa hormat saya kepada semua yang telah membantu, saya ucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas semua bantuannya dan maaf bagi yang tidak bisa tertulis diatas, sampai jumpa lagi di lain kesempatan.



DAFTAR ISI

ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat dan Kontribusi.....	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Siklus Refrigerasi dan Mesin Refrigerasi	5
2.1.1. Daur Kompresi Uap Standart.....	6
2.1.2. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap	7
2.2. Sistem Kipas dan Saluran Udara.....	9
2.2.1. Perhitungan Beban Kalor.....	9
2.2.2. Perencanaan Saluran Udara	14
2.2.3. Metode-metode Perancangan Saluran Udara.....	19
2.2.4. Perubahan tekanan dalam saluran udara.....	20
2.3. Life Cycle Costing (LCC).....	21
2.3.1. Definisi.....	21
2.3.2. Konsep Dasar LCC	22
2.3.3. Analisa Sensitivitas.....	24
BAB III METODOLOGI	25
3.1. Rancangan Penelitian	25
3.2. Data.....	25
3.2.1. Jenis Data.....	25
3.2.2. Teknis Pengumpulan Data.....	26

3.3.	Analisa Data	26
3.4.	Pembahasan	27
3.5.	Bagan Alir	28
BAB IV DATA SISTEM AC DAN PERENCANAAN BLOWER GEDUNG		29
4.1.	Data Sistem AC	29
4.1.1.	Ukuran Utama Gedung	29
4.1.2.	Sistem Air Conditioner Pada Gedung	29
4.1.3.	Peralatan Sistem Air Conditioner	30
4.1.4.	Faktor Transmisi Kalor Gedung	31
4.2.	Perencanaan Blower	32
4.2.1.	Perhitungan Beban Kalor	32
4.2.2.	Perencanaan Saluran Udara	39
4.2.3.	Pemilihan Blower	42
BAB V PERHITUNGAN LIFE CYCLE COST		45
5.1.	Data Teknis	45
5.1.1.	Data Teknis AC	45
5.1.2.	Data Teknis Blower	46
5.2.	Data Harga Peralatan	47
5.2.1.	Data Harga Peralatan AC	47
5.2.2.	Data Harga Peralatan Blower	48
5.2.3.	Data Lain	49
5.3.	Perhitungan Life Cycle Cost (LCC)	51
5.3.1.	Perhitungan Life Cycle Cost AC (LCC_{AC})	51
5.3.2.	Perhitungan Life Cycle Cost Blower (LCC_{Blower})	66
5.4.	Pemilihan Sistem	77
5.5.	Analisa Sensitivitas	77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		79
6.1.	Kesimpulan	79
6.2.	Saran	79
DAFTAR PUSTAKA		80
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Daur kompresi uap standart dalam diagram tekanan-entalpi
- Gambar 2.2 Diagram aliran kompresi uap standart
- Gambar 2.3 Radiasi matahari langsung dan radiasi matahari terpencar
- Gambar 2.4 Azimut dan ketinggian (altitud)
- Gambar 2.5 Grafik Radiasi matahari terpencar
- Gambar 2.6 Penampang saluran persegi
- Gambar 2.7 Aliran melalui bagian saluran mengecil
- Gambar 2.8 Aliran melalui bagian saluran membesar
- Gambar 2.9 Tahap-tahap LCC dan biaya relatifnya
- Gambar 3.1 Bagan Alir
- Gambar 5.1 Sensitivitas berdasarkan kenaikan tarif dasar listrik

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Temperatur pengembunan dan tekanan beberapa refrigerant.....	8
Tabel 2.2	Kekasaran absolut (ϵ) di sejumlah permukaan.....	15
Tabel 2.3	Viskositas dan rapat massa udara	15
Tabel 2.4	Koefisien pengecilan dalam pengecilan mendadak saluran.....	19
Tabel 4.1	Kerugian tekanan karena gesekan.....	43
Tabel 5.1	Biaya dan umur peralatan AC.....	48
Tabel 5.2	Biaya dan umur peralatan Blower.....	49
Tabel 5.3	Tingkat Inflasi Surabaya.....	50
Tabel 5.4	Tarif dasar listrik PLN.....	50
Tabel 5.5	Energi peralatan AC (kwh)	53
Tabel 5.6	Biaya perawatan dan reparasi AC.....	55
Tabel 5.7	Nilai sisa peralatan AC pada akhir usia.....	56
Tabel 5.8	Perhitungan biaya total kondensor dan evaporator.....	58
Tabel 5.9	Perhitungan biaya total pipa liquid section, ducting dan diffuser.....	59
Tabel 5.10	Present value kondensor.....	60
Tabel 5.11	Present value evaporator.....	61
Tabel 5.12	Present value pipa liquid section.....	62
Tabel 5.13	Present value ducting AC.....	63
Tabel 5.14	Present value diffuser.....	64
Tabel 5.15	Perhitungan present value total sistem AC.....	65
Tabel 5.15	Energi peralatan Blower (kwh)	66
Tabel 5.17	Biaya perawatan dan reparasi Blower.....	68
Tabel 5.18	Nilai sisa peralatan Blower pada akhir investasi.....	68
Tabel 5.19	Perhitungan biaya total blower dan ducting blower.....	70
Tabel 5.20	Perhitungan biaya total diffuser dan grille.....	71
Tabel 5.21	Present value blower.....	71
Tabel 5.22	Present value ducting blower.....	72
Tabel 5.23	Present value diffuser.....	73
Tabel 5.24	Present value grille.....	74
Tabel 5.25	Perhitungan present value total sistem Blower.....	75



BAB I
PENDAHULUAN

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Surabaya merupakan ibukota propinsi Jawa Timur yang dari tahun ke tahun penduduknya semakin bertambah. Dengan jumlah penduduk Surabaya yaitu sekitar 2.599.796 jiwa¹ yang terdaftar, maka sarana dan prasarana operasional milik pemerintah harus diperbaiki untuk menunjang perbaikan kinerja elemen pemerintahan. Salah satunya adalah bidang administasi yang berhubungan dengan kewajiban masyarakat yaitu membayar pajak. Oleh karena itu maka dipandang perlu untuk membangun sebuah gedung administrasi yaitu gedung Kantor Wilayah Direktorat Jenderal (Kanwil Dirjend) Pajak Jawa Bagian Timur.

Pembangunan gedung Kanwil Dirjend Pajak Jawa Bagian Timur yang berlokasi di Jalan Jagir Wonokromo merupakan salah satu proyek penyedia fasilitas terhadap kebutuhan bidang administrasi dan operasional milik pemerintah. Sebelumnya juga sudah dibangun gedung pajak tepat disebelah lahan yang sekarang ini dibangun, namun karena bangunan tersebut dianggap kurang memadai serta keinginan pemerintah daerah untuk memusatkan seluruh kegiatan perpajakan wilayah Jawa Timur pada tempat yang baru.

Dana yang dibutuhkan untuk proyek pembangunan gedung Kanwil Dirjend Pajak adalah sebesar Rp 53,313,000,000.00 (lima puluh tiga milyar tiga ratus tiga belas juta rupiah) yang terdiri atas 8 lantai dengan luas bangunan 1500 m² tiap lantainya dengan kebutuhan dana sebesar Rp 3,845,657,420.00 digunakan untuk membangun sistem pengkondisian udara yang berupa sistem AC sentral pada 7 lantai (kecuali lantai 8) dengan sumber dana pembangunan berasal dari APBN. Melihat besarnya anggaran biaya yang diperlukan untuk pekerjaan sistem AC, maka perlu adanya pengoptimalan biaya agar biaya pembangunan gedung tersebut dapat lebih optimal dan efektif. Salah satu caranya adalah metode Life Cycle Cost yang digunakan untuk membandingkan biaya siklus hidup dari sistem AC yang sudah ada dengan sistem Blower yang

¹ BPS, Surabaya Dalam Angka 2002

direncanakan, sehingga dapat dipilih sistem mana yang lebih baik ditinjau dari segi biaya.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Berapakah Life Cycle Cost sistem AC pada proyek pembangunan gedung Kanwil Dirjend Pajak Jawa Bagian Timur.
2. Berapakah besarnya Life Cycle Cost sistem lain selain sistem AC (Blower) apabila dilaksanakan proyek pembangunan gedung Kanwil Dirjend Pajak Jawa Bagian Timur.

1.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui besarnya Life Cycle Cost sistem AC pada proyek pembangunan gedung Kanwil Dirjend Pajak Jawa Bagian Timur.
2. Mengetahui besarnya Life Cycle Cost sistem Blower apabila dilaksanakan proyek pembangunan gedung Kanwil Dirjend Pajak Jawa Bagian Timur.
3. Membandingkan Life Cycle Cost AC dan Blower.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah tugas akhir ini adalah:

1. Lokasi proyek berada di Surabaya.
2. Hanya meninjau proyek pembangunan gedung Kanwil Dirjend.
3. Pekerjaan yang ditinjau hanya pada sistem AC.
4. Hanya menghitung besarnya Life Cycle Cost.

1.5. Manfaat dan Kontribusi

Setelah mempelajari permasalahan yang timbul, maka manfaat penelitian yang diharapkan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

Guna mengetahui seberapa besar penghematan yang didapat setelah mengganti sistem AC dengan Blower setelah dilakukan analisa Life Cycle Cost selama umur rencana gedung

1.6. Sistematika Penulisan

Secara garis besar tugas akhir ini akan disusun dalam tujuh bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I – Pendahuluan, pada bab ini akan dijelaskan tentang latar belakang, yang berisikan pokok pikiran yang melatarbelakangi pokok permasalahan dalam penelitian ini. Lalu dilanjutkan dengan rumusan permasalahan yang didasarkan pada uraian latar belakang. Selanjutnya diuraikan juga tentang tujuan dari penelitian ini. Disebutkan pula batasan masalah agar pembahasan tugas akhir ini tidak meluas dan sesuai dengan tujuannya dan yang terakhir adalah disebutkannya tentang sistematika penulisan tugas akhir ini.

Bab II – Tinjauan Pustaka, pada bab ini dijelaskan tentang landasan teori yang akan digunakan pada penulisan tugas akhir ini yang antara lain adalah mengenai analisa Life Cycle Cost dan studi tentang pengkondisian udara.

Bab III – Metodologi, pada bab ini menjelaskan metodologi yang akan digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini yang meliputi rancangan penelitian, jenis dan sumber data, analisa data serta pembahasan terhadap hasil analisa data dan penarikan kesimpulan. Bab ini juga dilengkapi dengan bagan alir kegiatan.

Bab IV – Data Sistem AC dan Perencanaan Blower, pada bab ini akan disajikan data sistem AC pada gedung yaitu berupa ukuran gedung, serta peralatan apa saja yang digunakan dalam sistem AC tersebut. Selain itu pada bab ini akan direncanakan blower yang akan digunakan berdasarkan perhitungan yang berkaitan dengannya, sehingga dapat dipilih kapasitas blower yang sesuai.

Bab V – Perhitungan Life Cycle Cost, pada bab ini akan dilakukan analisa dari data yang telah disajikan. Pada bab ini juga dilengkapi dengan hasil dan pembahasan.

Bab VI – Kesimpulan dan Saran, pada bab ini akan dituliskan kesimpulan yang didapatkan dari seluruh pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya dan juga disertai dengan saran.

Lampiran, pada bagian ini akan dicantumkan grafik serta tabel yang digunakan dalam perencanaan blower serta analisa life Cycle Cost. Selain itu juga disertakan pula gambar-gambar teknis proyek, serta lampiran lain yang digunakan pada proses pengerjaan tugas akhir.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Sebelum dilakukan analisa life cycle cost (LCC) antara sistem AC dan Blower, perlu terlebih dahulu diketahui bagaimana sistem AC bekerja dan juga bagaimana sistem Blower bekerja serta cara merencanakannya. Secara singkat AC bekerja dengan mesin refrigerasi yang mendinginkan udara yang ada didalam ruangan berdasarkan siklus refrigerasi. Sedangkan sistem Blower bekerja dengan memasukkan udara luar kedalam gedung, disisi lain juga mengeluarkan udara dari dalam gedung keluar agar terjadi rotasi udara.

Sebelum kita dapat mengganti AC dengan Blower maka perlu dilakukan perencanaan Blower berdasarkan beban kalor yang terjadi pada gedung serta hambatan-hambatan yang mengurangi kemampuan Blower sehingga dapat dihitung kapasitas Blower yang sesuai dengan kondisi gedung. Setelah didapat Blower berdasarkan perencanaan, baru dapat dihitung besarnya LCC antara AC dan Blower. Berikut pengenalan tentang AC dan Blower serta cara menghitung life cycle cost keduanya.

2.1. Siklus Refrigerasi dan Mesin Refrigerasi

Menurut Arismunandar dan Saito (1986), siklus refrigerasi untuk pendinginan yang banyak dipakai adalah refrigerasi kompresi uap dan refrigerasi absorpsi. Daur kompresi uap merupakan yang paling banyak digunakan dalam refrigerasi. Pada daur ini uap ditekan dan kemudian diembunkan menjadi cairan, kemudian diturunkan agar cairan tersebut menguap kembali. Seperti pada mesin refrigerasi untuk penyegaran udara perlengkapan tersebut dibawah ini kebanyakan dipakai juga pada mesin refrigerasi untuk pendingin.

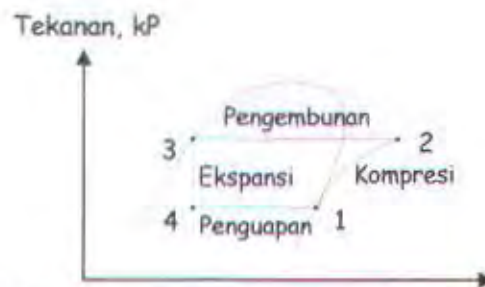
Unit refrigerasi mesin uap:

- Sistem Expansi langsung.
 1. Gabungan dari mesin refrigerasi dan unit pendingin udara.
 2. Penyegar udara.
 3. Penyegar udara ruangan.

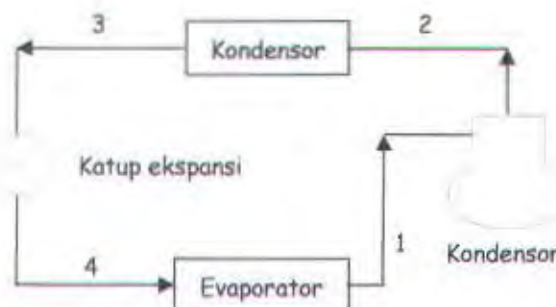
- Sistem Expansi tak langsung
 1. Unit pendingin air.
 2. Unit pendingin air sentrifugal.

2.1.1. Daur Kompresi Uap Standart

Manurut Stoecker and Jones (1987), dengan bantuan diagram entalpi-tekanan, besaran yang penting dalam daur kompresi uap dapat diketahui. Besaran-besaran ini meliputi kerja kompresi, laju pengeluaran kalor, dampak refrigerasi, koefisien prestasi (COP), laju aliran masa untuk setiap kilowatt refrigerasi dan daya per kilowatt refrigerasi.



Gambar 2.1 Daur kompresi uap standart dalam diagram tekanan-entalpi
(Arismunandar dan Saito, 1986)



Gambar. 2.2 Diagram aliran kompresi uap standart
(Stoecker and Jones, 1987)

Kerja kompresi (kilojoule per kilogram) merupakan perubahan entalpi pada proses 1-2. hubungan ini diturunkan dari persamaan energi yang mantap (steady flow energy) $h_1 + q = h_2 + w$

Perubahan energi kinetik dan potensial diabaikan, karena dalam kompresi adiabatik perpindahan kalor q nilainya nol, kerja w samadengan $h_1 - h_2$. kerja kompresi dinyatakan dalam proses 1-2. pelepasan kalor dalam kilojoule per kilogram merupakan

perpindahan kalor dan refrigerant pada proses 2-3 yaitu $h_3 - h_2$. Nilai pelepasan kalor diperlukan untuk merancang kondensor dan untuk menghitung besarnya cairan pendingin kondensor. Dampak refrigerasi dalam kJ/kg adalah kalor yang dipindahkan pada proses 4-1 atau $h_1 - h_4$. Besarnya harga bagian ini sangat penting diketahui karena proses ini merupakan tujuan utama dari sistem. Koefisien prestasi (COP) di daur kompresi uap standart ini adalah dampak refrigerasi dibagi dengan kerja kompresi:

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

Laju aliran volume merupakan penyunjuk kasar untuk ukuran titik kompresor, semakin besar laju tersebut maka semakin besar volume langkah kompresor, dalam ukuran meter kubik per detik.

2.1.2. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

Menurut Arismunandar dan Saito (1986), siklus refrigerasi kompresi uap pada sistem AC terdiri atas penguapan, kompresi, pengembunan dan ekspansi. Berikut bagaimana siklus kompresi uap pada masing-masing tahap seperti bekerja.

1. Penguapan

Evaporator yang biasanya dipakai pipa besirip pelat. Tekanan refrigerant yang diturunkan pada katup ekspansi, didistribusikan secara merata kedalam pipa evaporator, oleh distributor refrigerant. Dalam hal tersebut refrigerant akan menguap dan menyerap kalor dari udara ruangan yang dialirkan melalui permukaan luar dari pipa evaporator. Udara yang didinginkan apabila mencapai titik dewpointnya, maka uap air berada di udara akan mengembun pada permukaan evaporator. Jadi cairan refrigerant diuapkan secara berangsur-angsur karena menerima kalor laten penguapan, selama mengalir didalam setiap pipa dari koil evaporator. Selama proses penguapan itu didalam pipa akan terdapat campuran refrigerant dalam fasa cair dan gas, dalam keadaan tersebut tekanan dan temperaturnya konstan. Oleh karena itu temperaturnya dapat dicari dengan mengukur tekanan refrigerant didalam evaporator. Selanjutnya uap yang terjadi akan dihisap oleh kompresor.

2. Kompresi

Kompresor menghisap uap refrigerant dari ruang penampung uap. Di dalam penampung uap diusahakan supaya tekanannya tetap rendah, supaya refrigerant

senantiasa dalam keadaan uap dan bertemperatur rendah. Di dalam kompresor, tekanan refrigerant dinaikkan kembali sehingga memudahkan pencairannya kembali. Energi untuk kompresi diberikan untuk motor listrik yang menggerakkan kompresor. Jadi dalam proses kompresi energi diberikan kepada uap refrigerant.

Pada waktu uap refrigerant dihisap masuk ke dalam kompresor tekanannya masih rendah, tetapi selama proses kompresi berlangsung temperaturnya naik. Jumlah refrigerant yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi tergantung pada jumlah uap yang dihisap masuk ke dalam kompresor.

3. Pengembunan

Uap refrigerant yang bertekanan dan bertemperatur tinggi pada akhir kompresi dapat dengan mudah dicairkan dengan mendinginkannya dengan air pendingin / udara pendingin yang ada pada temperatur normal.

Dengan kata lain uap refrigerant menyerahkan panasnya (kalor laten pengembunan) kepada zat pendingin dalam kondesor, sehingga mengembun menjadi cair tekanan dan temperatur konstan. Oleh karena itu temperaturnya dapat dicari dengan mengukur tekanannya.

Tabel 2.1 Temperatur pengembunan dan tekanan beberapa refrigerant

Temperatur pengembunan (°C)	Tekanan Pengembunan (Kg/cm ²)			
	Refrigerant	R12	R13	R500
30	6.55	11.23	7.94	14.04
35	7.6	12.93	9.19	15.93
40	8.74	14.74	12.06	17.99

Sumber: Arismunandar dan Saito, 1986

Kalor yang dikeluarkan dalam kondesor adalah jumlah kalor yang diperoleh dari udara yang mengalir melalui evaporator (kapasitas pendingin) di kerja (energi) yang diberikan kompresor ke fluida kerja. Dalam hal penyegaran udara, jumlah kalor kira – kira sama dengan 1,2 kali kapasitas pendinginnya.

Uap refrigerant menjadi cair sempurna di dalam kondesor kemudian didirikan ke pipa evaporator melalui katup ekspansi. Dalam hal ini temperatur refrigerant jenuh pada tekanan kondensasinya. Temperatur tersebut menyatakan besarnya derajat pendinginan lanjut (degree of subcooling)

4. Expansi

Untuk menurunkan tekanan dari refrigerant cair yang dicairkan di dalam kondensor, agar dapat dengan mudah menguap digunakan alat yang dinamai katup ekspansi atau pipa kapiler.

Setiap alat tersebut dirancang untuk suatu penurunan tekanan tertentu. Katup ekspansi yang umum digunakan adalah katup ekspansi thermostatic yang dapat mengatur laju aliran refrigerant yaitu agar derajat super panas refrigerant di dalam evaporator dapat diusahakan konstan. Dalam penyegar udara kecil dipergunakan pipa kapiler sebagai ganti katup ekspansi.

Cairan refrigerant mengalir ke dalam evaporator, tekanannya turun dan menerima kalor penguapan dari udara, sehingga menguap secara berangsur – angsur. Selanjutnya proses siklus diatas terjadi berulang – ulang.

2.2. Sistem Kipas dan Saluran Udara

Menurut Arismunandar dan Saito (1986), sistem kipas dan saluran udara (blower) akan memberikan kebutuhan udara yang diminta oleh pengguna, karena salah satu penyebab keadaan ruangan yang panas, sumpek, dan tidak nyaman adalah karena tidak adanya sistem ventilasi yang memadai. Sebuah ruangan akan terasa panas jika komposisi udara di ruangan tersebut banyak mengandung CO_2 sebagai akibat proses pernafasan manusia. Sehingga perlu suplai udara dari luar untuk menggantikan udara yang banyak mengandung CO_2 dengan udara luar yang masih segar karena banyak mengandung O_2 (oksigen). Seperti kita ketahui bahwa udara luar atau segar lebih baik daripada udara yang telah diolah dengan AC. Di samping itu untuk mengatasi beban kalor yang terjadi akibat panas konduksi dari luar (matahari) maupun dari dalam (pekerja dan peralatan yang menimbulkan panas).

2.2.1. Perhitungan Beban Kalor

Arismunandar dan Saito (1986) menjelaskan bahwa perhitungan beban kalor dimaksudkan untuk mengetahui besarnya beban kalor yang terjadi di dalam gedung yang diakibatkan beban kalor dari dalam gedung itu sendiri dan juga beban kalor dari luar yang masuk kedalam gedung. Perpindahan kalor dari luar ruangan kedalam gedung dapat berpindah dengan cara:

1. Perpindahan panas secara konduksi

Konduksi (hantaran) yaitu suatu proses di mana panas mengalir dari daerah bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah dalam suatu medium (padat). Perpindahan ini disebabkan oleh adanya aktifitas molekuler, sehingga konduksi dapat dipandang sebagai transfer energi dari molekul yang mempunyai energi lebih rendah akibat adanya interaksi antar molekul. Persamaan laju perpindahan panas secara konduksi diusulkan oleh ilmuwan J.B.J. Fourier, sebagai berikut:

$$q_k = -kA \frac{dT}{dX}$$

dimana : q_k = laju perpindahan panas secara konduksi, Btu / h

k = konduktivitas termal bahan, Btu / h ft °F

A = luas penampang yang dilalui panas, diukur tegak lurus terhadap arah aliran, ft²

$\frac{dT}{dX}$ = gradien suhu pada penampang tersebut, °F / ft

Tanda minus diperlukan untuk memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu panas akan mengalir dari suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah. Untuk kasus aliran panas steady melalui dinding datar (Plane), gradien suhu dan aliran panas tidak berubah dengan waktu, sehingga menghasilkan persamaan:

$$\frac{qk}{A} \int_b^a dx = - \int_{T_{max}}^{T_{dingin}} k dt$$

$$qk = \frac{k \times A}{L} (T_{panas} - T_{dingin}) \quad \text{atau} \quad qk = \frac{\Delta T}{L/kA}$$

Tekanan termal yang diberikan oleh dinding kepada aliran panas dengan cara konduksi :

$$Rk = \frac{L}{k \times A}$$

2. Perpindahan panas secara radiasi

Radiasi adalah suatu proses perpindahan panas secara elektromagnetik dari benda yang mempunyai suhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah, dimana benda-benda tersebut terpisah didalam ruangan. Radiasi dapat menyeberangi ruang vakum dan tidak tergantung medium perantara untuk menghubungkan 2 permukaan. Radiator



sempurna atau benda hitam (black body) memancarkan energi radiasi dari permukaannya:

$$qr = \sigma \times AT^4$$

Dimana :
 qr = Laju perpindahan panas secara radiasi, Btu/h
 σ = Konstanta Stefan-Boltzman = $0.1714 \cdot 10^{-8}$ Btu/h ft² R⁴
 A = Luas permukaan, ft²
 T = Suhu permukaan, °R

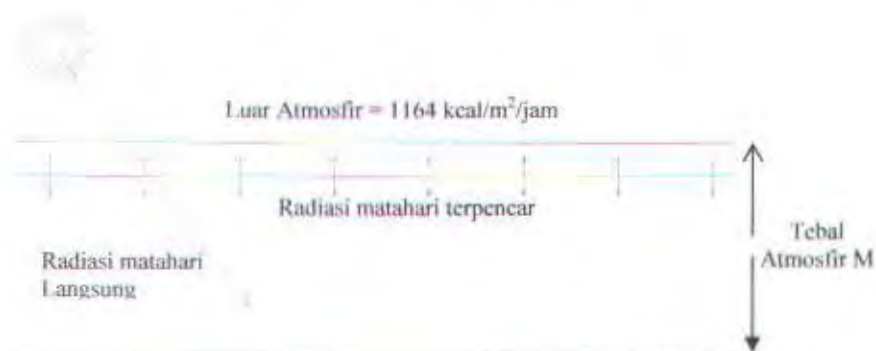
Apabila benda hitam tersebut beradiasi ke sebuah penutup yang sepenuhnya mengurung, maka laju bersih perpindahan panas radiasi diberikan oleh:

$$qr = \varepsilon \cdot A \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

Dimana :
 qr = Laju perpindahan panas radiasi, Btu/h
 A = Luas permukaan, ft²
 ε = Emisitas bahan
 T_1 = Suhu benda nyata, °R
 T_2 = Suhu sekeliling, °R

3. Radiasi Matahari

Ada 2 macam radiasi yang diakibatkan untuk matahari, yaitu radiasi matahari langsung dan radiasi matahari tak langsung (terpencar) yang digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.3 Radiasi matahari langsung dan radiasi matahari terpencar
 (Arismunandar dan Saito, 1986)

Sesuai dengan kedudukan permukaan bidang terhadap arah datangnya radiasi, maka besarnya radiasi matahari langsung dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$J_n = 1164 P^{\text{cosec } h}$$

$$J_h = 1164 P^{\text{cosec } h} \sin h$$

$$J_v = 1164 P^{\text{cosec } h} \cos h$$

- Dimana :
- J_n = Radiasi matahari langsung pada bidang yang tegak lurus arah datangnya radiasi, kcal/m² hr
 - J_h = Radiasi matahari langsung pada bidang yang horisontal arah datangnya radiasi, kcal/m² hr
 - J_v = Radiasi matahari langsung pada bidang yang vertikal arah datangnya radiasi, kcal/m² hr
 - 1164 = Konstanta panas matahari / radiasi matahari rata-rata tahunan di antartika
 - P = Permeabilitas atmosferik
 - h = Ketinggian matahari

Permeabilitas atmosferik adalah komplement dari faktor reduksi yang memperhitungkan adanya panas radiasi matahari yang diserap oleh lapisan udara atmosfer di atas permukaan bumi. Harga p dianggap konstan pada waktu dilakukan perhitungan.



Gambar. 2.4 Azimut dan ketinggian (altitud)
(Arismunandar dan Saito, 1986)

Ketinggian matahari (h) dan Azimut (A) dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\sin h = \sin \psi \cdot \sin \delta + \cos \psi \cdot \cos \delta \cdot \cos 15 \tau$$

$$\cos A = \frac{\sin h \times \sin \psi - \sin \delta}{\cos h \times \cos \psi}$$

Dimana : h = ketinggian matahari

A = Azimut matahari, (disebelah selatan adalah 0, kearah barat adalah positif, kearah timur adalah negatif)

ψ = Kedudukan garis lintang, (lintang utara adalah positif, lintang selatan adalah negatif)

δ = Deklinasi matahari

τ = Saat penyinaran matahari (12.00 adalah 0, > 12.00 adalah positif, < 12.00 adalah negatif).

Radiasi matahari yang mengenai suatu permukaan dapat dinyatakan ke dalam temperatur ekivalen dari radiasi matahari berikut:

$$T_e = \varepsilon \cdot R_{so} \cdot J$$

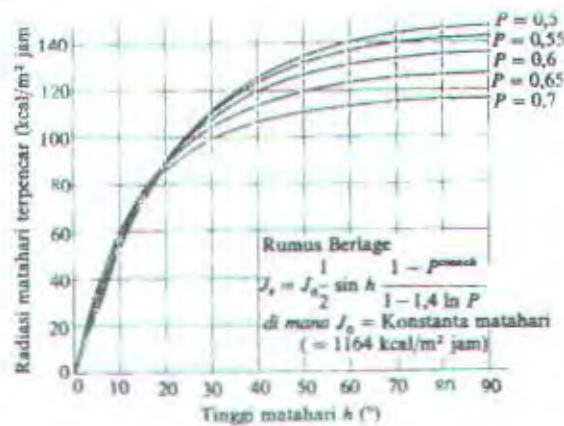
Dimana : J = Radiasi matahari, $\text{kcal/m}^2 \text{ hr}$

R_{so} = Tahanan perpindahan kalor dari permukaan luar, $\text{m}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C/kcal}$

ε = Faktor absorpsi radiasi dari permukaan luar

Jumlah temperatur ekivalen dari radiasi matahari (T_e) dengan temperatur udara luar, dinamakan : "Sol Air Temperatur (SAT)", yaitu suhu udara matahari yang merupakan suhu udara yang naik akibat adanya radiasi matahari.

Untuk mengetahui besarnya radiasi matahari tak langsung (terpencar) bisa dilihat dari grafik dibawah ini:



Gambar. 2.5 Grafik Radiasi matahari terpencar
(Arismunandar dan Saito, 1986)

2.2.2. Perencanaan Saluran Udara

Dalam bukunya Arismunandar dan Saito, 1986:179) menerangkan untuk menyalurkan udara dari luar ke dalam ruangan perlu di perhatikan 4 hal yang berkaitan dengan aliran udara di dalam satu sistem udara yaitu :

- Perhitungan penurunan tekanan udara yang mengalir melalui saluran-saluran dan sambungan-sambungan (fittings).
- Perhitungan penurunan tekanan untuk merancang sistem udara.
- Pemahaman terhadap sifat-sifat kipas bebas yang dipasang pada sistem saluran udara.
- Perancangan distribusi udara pada ruangan yang akan dikondisikan.

1. Penurunan Tekanan

Penurunan tekanan fluida yang mengalir melalui saluran udara lurus dan berpenampang bundar mempunyai persamaan dasar, sebagai berikut :

$$\Delta p = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2} \times \rho$$

Dimana :

- Δp = Penurunan tekanan, Pa
- f = Faktor gesekan, tak berdimensi
- L = Panjang, m
- D = diameter dalam (DD) saluran, m
- ρ = massa jenis fluida, kg/m^3
- V = Kecepatan, m/dt

Faktor gesekan f adalah suatu fungsi bilangan reynold dan kekasaran relatif (relative roughness) permukaan pipa (ϵ/D), dengan ϵ adalah kekasaran absolut, bersatuan m. Rumusan secara grafik dan persamaan yang mengemukakan faktor gesekan dapat ditemukan:

$$f = \left\{ \frac{1}{1.14 + 2 \log \frac{D}{\epsilon} - 2 \log \left[1 + \frac{9.3}{\text{Re} \times \left(\frac{\epsilon}{D} \right)^{1/4} \sqrt{f}} \right]} \right\}^2$$

Persamaan diatas mempunyai nilai relatif yang belum jelas, jadi perlu dihitung dengan cara mencoba-coba dengan memasukan harga f berulang kali sehingga mendekati harga f yang sebenarnya. Dengan bilangan Reynold :

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{\mu} \quad \text{dengan } \mu = \text{viskositas, Pa.dt}$$

Harga f dalam bentuk grafik adalah suatu bagan dari moody. Kekasaran material sangat mempengaruhi laju aliran fluida/udara sehingga dapat digolongkan menjadi bermacam-macam :

Tabel 2.2 Kekasaran absolut (ϵ) di sejumlah permukaan

Bahan	Kekasaran
Baja yang di keling	0.0009 – 0.009
Beton	0.0003 – 0.003
Besi tuang	0.0026
Logam lembaran	0.00015
Baja komersial	0.000046
Pipa/tabung tarik	0.0000015

Sumber: Arismunandar dan Saito, 1986

Tabel 2.3 viskositas dan rapat massa udara kering pada tekanan atmosfer standart.

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Viskositas (Pa. s)	Massa jenis udara (kg/m^3)
-10	16.768	1.3414
0	17.238	1.2922
10	17.238	1.2467
20	18.178	1.2041
30	18.648	1.1644
40	19.118	1.1272
50	19.588	1.0929

Sumber: Arismunandar dan Saito, 1986

2. Penurunan tekanan dalam saluran persegi

Saluran persegi sangat luas digunakan dalam bidang pengkondisian udara, persamaan tekanan dalam saluran persegi tersebut sangat diperlukan:

$$\Delta p = f \times \frac{1}{D_{eq}} \times \frac{V^2}{2} \times \rho$$

dimana: D_{eq} = Diameter ekovalen saluran persegi (m)

dicari dengan rumus :

$$D_{eq} = \frac{4 \times \text{luas penampang}}{\text{per meter}} = \frac{4 \times ab}{2 \times (a+b)} = \frac{2ab}{a+b}$$



Gambar 2.6 Penampang saluran persegi

3. Kerugian Tekanan Akibat Tekanan lokal (fittings)

Setiap instalasi saluran udara umumnya terdiri dari dari saluran lurus dan sambungan-sambungan. Dalam sambungan tersebut udara mengalami perubahan luas dan arah. Sambungan terdiri dari : pembesaran, pengecilan, siku-siku, cabang-cabang, damper, saringan-saringan dan register. Penurunan udara dalam sambungan harus diketahui dengan baik untuk perancangan sistem. Dalam perancangan yang sebenarnya, penurunan dalam sambungan lebih diperhatikan dari saluran lurus yang menghubungkannya. Tahanan lokal dari saluran udara disebabkan oleh arus eddy lokal. Arus tersebut disebabkan karena adanya perlengkapan (fittings) seperti : belokan, saluran keluar, penyempitan atau perluasan saluran.

Besarnya kerugian tekanan karena adanya tahanan lokal dapat di tentukan dengan persamaan :

$$\Delta Pt = C_o \times \rho \times \left[\frac{V}{1097} \right]^2$$

dimana : ΔPt = Kerugian tekanan dalam fittings, in H₂O

C_o = Koefisien tahanan lokal

V = Kecepatan rata-rata udara, ft/mm

ρ = Massa jenis udara, lb/ft³

$$\Delta Pt = \zeta \times \frac{\rho}{2g} \times V^2$$

dimana : ΔPt = Kerugian tekanan dalam fittings, mm H₂O

- ζ = Koefisien tahanan lokal
 V = Kecepatan rata-rata udara, ft/mm
 ρ = Massa jenis udara, lb/ft³
 g = Percepatan gravitasi, m/s²

$$\Delta P_t = K \times \left[\frac{V}{4005} \right]^2$$

dimana : ΔP_t = Kerugian tekanan dalam fittings, in H₂O

4. Kerugian tekanan karena adanya gesekan

Udara mengalir didalam saluran udara akan mengalami tahanan gesek. Tahanan gesek tersebut disebabkan oleh adanya arus eddy. Dengan demikian tekanan udara akan berkurang sepanjang alirannya didalam saluran. Pada umumnya tahanan gesek dari pipa (lingkaran) lurus dapat dihitung dengan persamaan Darcy-Weisback:

$$\Delta P_f = \lambda \times \frac{l}{d} \times \frac{\gamma}{2g} \times V^2$$

dimana : ΔP_f = kerugian tekanan karena gesek, mm H₂O

l = panjang pipa, m

d = diameter pipa, m

λ = koefisien gesek dari pipa

V = kecepatan fluida dalam pipa, m/s

5. Pengecilan saluran

Bila udara mengalir tanpa gesekan melalui suatu nozel yang mengecil atau membesar, akan berlaku persamaan Bernoulli :

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2}, \text{ karena } \frac{V_2}{V_1} = \frac{A_1}{A_2}, \text{ maka :}$$

$$P_1 - P_2 = \frac{V_1^2 \times \rho}{2} \left[\left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1 \right]$$



Gambar. 2.7 aliran melalui bagian saluran mengecil

6. Pembesaran Saluran Mendadak

Rumusan untuk pembesaran mendadak dicari untuk P hilang karena P hilang = rugi tekanan:

$$P \text{ hilang} = \frac{V_1^2}{2} \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \times \rho a$$

Rumus kehilangan tekanan adalah hasil kali antara kelompok $V^2 \rho/2$ dan suatu suku yang menyatakan geometri :



Gambar. 2.8 Aliran melalui bagian saluran membesar

7. Pengecilan Saluran Mendadak

Pengecilan mendadak pada suatu bagian saluran yaitu pengecilan ukuran saluran yang tiba-tiba dalam arah aliran. Pola aliran dalam pengecilan yang mendadak mengandung aliran fluida yang memisah dari dinding karena memasuki luas penampang yang mengecil dan suatu pengerutan vena yang terbentuk dititik I', dirumuskan :

$$\rho \text{ hitung} = \frac{V_i^2}{2} \left(1 - \frac{A_i}{A_2} \right)^2 \times \rho a, \text{ disubstitusikan :}$$

$$\rho \text{ hitung} = \frac{V_1^2 \rho}{2} \left(\frac{1}{Cc} - 1 \right)^2 \times \rho a$$

$$Cc = \frac{A_i}{A_2} = \frac{V_2}{V_i} \quad ; Cc = \text{koefisien penyempitan}$$

Koefisien penyempitan adalah suatu fungsi dari perbandingan luas A_2/A_i yang telah dibuktikan secara percobaan adalah Weisback pada tahun 1855.

Tabel 2.4 koefisien pengecilan dalam pengecilan mendadak saluran.

$\frac{A_1}{A_2}$	Cc	$\left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$
0.1	0.624	0.366
0.2	0.632	0.340
0.3	0.643	0.310
0.4	0.659	0.270
0.5	0.681	0.221
0.6	0.712	0.160
0.7	0.755	0.103
0.8	0.813	0.050
0.9	0.892	0.010
1.0	1.000	0.000

Sumber: Arismunandar dan Saito, 1986

Rancangan suatu sistem saluran umumnya terdiri dari beberapa bagian saluran lurus, belokan, saluran masuk dan saluran keluar cabang, damper-damper, dan unit-unit terminal seperti pengatur debit (register) dan diffuser dalam merancang sistem udara, penurunan tekanan yang disebabkan oleh hambatan koil-koil penukar kalor/saringan-saringan harus dihitung, hal terpenting suatu sistem saluran udara adalah :

- Mengalirkan udara dengan laju tertentu ke lokasi-lokasi yang ditentukan.
- Ekonomis untuk semua biaya awal, biaya kerja kipas dan harga ruang yang di tempati.
- Tidak mengeluarkan/menyalurkan suara bising yang mengganggu.

2.2.3. Metode-metode Perancangan Saluran Udara

Menurut Stoecker and Jones (1987), Perancangan saluran udara harus berdasarkan kebutuhan ruangan-ruangan serta kecepatan aliran udara untuk mendapatkan saluran-saluran udara yang sesuai dengan kebutuhan. Ada 3 metode rancangan utama yang dapat digunakan tapi hanya dibahas 2 diantaranya, yaitu:

1. Metode Kecepatan

Metode ini memilih terlebih dahulu kecepatan didalam saluran utama dan cabang-cabang, kemudian dihitung penurunan tekanan pada semua aliran. Kipas dipilih sedemikian rupa agar dapat membangkitkan tekanan yang mencukupi kebutuhan

saluran yang penurunan tekanannya terbesar. Pemakaian yang standart menghendaki adanya instalasi damper penyeimbang (balance damper) dalam setiap jalur cabang dan damper yang berada di dalam aliran yang membutuhkan beda tekanan terbesar dibiarkan terbuka lebar damper-damper yang lain agak ditutup agar aliran udara mencapai harga rancangannya.

2. Metode Equal Friction (Gesekan sama)

Metode ini memilih penurunan tekanan yang disediakan didalam sistem saluran dan menentukan ukuran saluran-saluran untuk menyebarkan tekanan tersebut. Langkah-langkah dalam metode ini :

- Menentukan penurunan tekanan yang disediakan
- Menghitung panjang ekuivalen dari seluruh jalur (jumlah panjang saluran lurus + panjang ekuivalen sambungan-sambungan).
- Membagi penurunan tekanan yang tersedia diatas dengan panjang ekuivalen yang besar diantara jalur-jalur.
- Dengan gradient tekanan yang didapat dari langkah 3 dan laju aliran pada tiap-tiap jalur yang terpanjang di atas.
- Untuk bagian-bagian sisanya, tentukan ukuran saluran untuk menggunakan penurunan tekanan tersebut, tetapi tetap berada di dalam kecepatan yang tidak menimbulkan kebisingan.

Metode gesekan sama biasanya menghasilkan rancangan-rancangan yang lebih baik dari metode kecepatan, karena kebanyakan dari tekanan yang tersedia lebih banyak hilang dalam gesekan-gesekan didalam saluran-saluran dan sambungan-sambungan dari pada yang hilang di damper penyeimbang.

2.2.4. Perubahan tekanan dalam saluran udara

Didalam saluran terjadi perubahan tekanan total, karena adanya kerugian tekanan yang disebabkan adanya tahanan gesek dan tahanan lokal ataupun perubahan tekanan dinamik yang disebabkan karena adanya perubahan kecepatan. Kipas udara menghisap dan menekan udara masuk ke dalam saluran keluar, oleh karena udara keluar dari kipas udara dengan tekanan statik dan tekanan dinamik yang positif, dengan sendirinya tekanan totalnya juga positif didalam saluran keluar juga terjadi kerugian

tekanan, sehingga tekanan totalnya akan semakin berkurang di tempat yang lebih jauh dari kipas udara. Di asumsikan :

$$\begin{aligned} P_T &= P_{i2} - P_{i1} = (P_{V2} - P_{S2}) - (P_{V1} - P_{S1}) \\ &= (P_{S2} - P_{S1}) - (P_{V2} - P_{V1}) \end{aligned}$$

Karena kecepatan udara pada lubang isap dan lubang keluar, kipas udara kira-kira sama, maka :

$$P_T = P_{S2} - P_{S1}$$

Sehingga tekanan statik kipas udara :

$$P_S = P_T - P_{V2} = P_{S2} - P_{S1} - P_{V2}$$

Dimana : P_T = tekanan total kipas udara

P_{V2} = tekanan dinamik pada lubang keluar kipas udara

Jumlah kerugian tekanan untuk masing-masing bagian dari saluran udara yang disebut: total resistance adalah sama dengan total tekanan fan yang diperlukan.

2.3. Life Cycle Costing (LCC)

2.3.1. Definisi

Apa yang dimaksud dengan LCC? Pada dasarnya LCC adalah suatu penilaian ekonomi dari suatu item, area, sistem atau fasilitas yang mempertimbangkan seluruh biaya kepemilikan yang diperlukan pada umur ekonomisnya dalam hubungan dengan mata uang dollar. LCC adalah suatu teknik yang mampu memuaskan kebutuhan owner untuk mencukupi analisa dari biaya total.

Kunci penting untuk LCC adalah penilaian ekonomi menggunakan suatu mata uang (dollar). Sebagai contoh asumsikan seseorang mempunyai \$ 1,000 , yang lainnya dijanjikan akan mempunyai uang \$ 1,000 10 tahun lagi, dan orang ketiga mengumpulkan uang \$ 100 selama 10 bulan. Masing-masing mempunyai aset \$ 1,000. Apakah aset tersebut mempunyai pada saat memiliki daya beli yang sama? Jawabannya tidaklah mudah karena masing-masing aset tersebar pada jangka waktu yang berbeda. Untuk menentukan aset mana yang nilainya lebih besar, pertama harus ditetapkan sebuah referensi garis dasar waktu. Selanjutnya semua uang dikembalikan pada garis dasar, menggunakan cara ekonomi yang tepat untuk mendapatkan besarnya biaya yang terjadi pada garis dasar (Dell'Isola 1995).

Kelly and Male (1993) mendefinisikan LCC sebagai suatu teknik untuk mengevaluasi secara ekonomis yaitu dengan menghitung seluruh biaya yang relevan selama jangka waktu investasi melalui penyesuaian Time Value of Money.

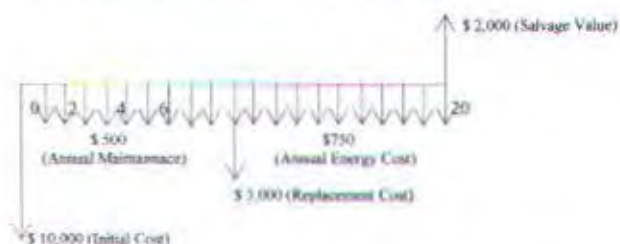
2.3.2. Konsep Dasar LCC

1. Time Value of Money

Penjumlahan uang yang mungkin diinvestasikan owner untuk menghasilkan pengembalian. Alasannya, jumlah uang yang dimiliki saat ini jumlahnya lebih besar dari pada jumlah yang sama pada masa mendatang. Perbedaannya adalah sejumlah uang yang disimpan sementara dapat menghasilkan.. Sebagai contoh, jika \$ 100 di depositokan dengan bunga 7 % per tahun, kemudian dari \$ 100 akan mendapat $\$ 100 \times 0.07 = \$ 7$ dalam satu tahun, dan uang awal investasi akan bertambah menjadi \$ 107. Pada contoh tersebut \$ 100 pada saat ini nilainya sama dengan \$ 107 pada tahun mendatang. Kemampuan uang untuk menghasilkan uang hingga bertambah pada jangka waktu tertentu disebut time value of money (Dell'Isola 1995).

2. Pendekatan Dasar Equivalent

Menurut Dell'Isola (1995) dengan menggunakan rumus bunga ataupun tabel, sangatlah mungkin untuk mengkonversi uang yang dikeluarkan pada waktu yang beragam dikembalikan ke garis dasar waktu (saat ini). Metode Present Worth memperkenankan konversi biaya Present dan Future menjadi sebuah nilai waktu, biasanya pada atau sekitar waktu pengeluaran pertama. Sebagai ilustrasi perhitungan dibuat ilustrasi cash flow yang terjadi seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.9 Cash flow diagram dari sistem penerangan

Pada contoh ini biaya rutin (energy and maintenance) dan biaya pada suatu waktu (replacement and salvage value) dikonversikan menjadi nilai PV seperti pada perhitungan berikut.

		Present Value
Initial Cost		\$ 10,000
Energy Cost	$P = A \times PWA$ (20 tahun, $I = 10\%$) = \$ 750 x 8.514 (tabel bunga majemuk)	\$ 6,386
Maintannace cost	$P = \$ 500 \times 8.514$ (tabel bunga majemuk)	\$ 4,257
Replacement cost	$P = F \times PW$ (10 tahun, $I = 10\%$) = \$ 3,000 x 0.3855 (tabel bunga majemuk)	\$ 1,157
Nilai Sisa	$P = F \times PW$ (20 tahun, $I = 10\%$) = \$ 2,000 x 0.1486 (tabel bunga majemuk)	\$ (297)
Present worth dari biaya cash flow =		\$ 21,503

3. Inflasi

Menurut Pujawan (2004) Inflasi pada dasarnya didefinisikan sebagai waktu terjadinya kenaikan harga-harga, barang, jasa, atau factor-fakor produksi secara umum. Dengan adanya inflasi maka daya beli uang akan semakin rendah dari waktu ke waktu.

4. Jangka Waktu Investasi

Menurut Kelly and Male (1993) Jangka waktu investasi adalah periode atau jangka waktu dimana investor masih menginginkan bangunan tersebut. Efektifitas harus dilihat secara keseluruhan terhadap nilai bangunan. Sang klien sebaiknya membutuhkan referensi untuk menetapkan efektifitas biaya instalasi dari pemanas dalam sistem Air Conditioning (AC) atau membutuhkan referensi untuk menetapkan efektifitas biaya seluruh gedung.

5. Menetapkan MARR

Menurut Pujawan (2004), Tingkat bunga yang dipakai patokan dasar dalam mengevaluasi dan membandingkan berbagai alternatif dinamakan MARR (Minimum Attractive Rate of Return). MARR ini adalah nilai minimal dari tingkat pengembalian atau tingkat bunga yang diterima oleh investor. Dengan kata lain bila suatu investasi menghasilkan bunga atau tingkat pengembalian (Rate of Return) yang lebih kecil dar MARR maka investasi tersebut dinilai tidak layak untuk dikerjakan.

6. Biaya yang diperhitungkan

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya LCC memperhitungkan semua biaya-biaya yang relevan, adapun yang termasuk biaya-biaya yang relevan:

- Initial project (biaya investasi)

Biaya yang didalamnya terdiri atas biaya desain dan biaya konstruksi. Yang termasuk biaya konstruksi seperti biaya tenaga kerja, material, peralatan, dan keuntungan. Biaya lain yang diperhitungkan termasuk biaya survey, tanah, administrasi, asuransi, gaji dan lain-lain

- Biaya energi
Biaya yang terkait dengan penggunaan energi terhadap suatu peralatan. Biaya ini termasuk semua energi untuk menjalankan peralatan.
- Biaya operasional dan perawatan
Biaya yang terkait dengan dilakukannya operasional, perawatan dan perbaikan selama berkerjanya suatu sistem pada suatu tempat.
- Nilai sisa
Biaya ini merupakan nilai sisa suatu barang atau peralatan dari suatu sistem yang terjadi pada akhir usianya.

2.3.3. Analisa Sensitivitas

Untuk mengetahui seberapa sensitif suatu keputusan terhadap perubahan faktor-faktor atau parameter-parameter yang mempengaruhinya maka setiap keputusan pada ekonomi teknik hendaknya disertai dengan analisa sensitivitas. Analisa ini akan memberikan gambaran sejauh mana suatu keputusan akan cukup kuat berhadapan dengan perubahan faktor-faktor atau parameter-parameter yang mempengaruhinya.

Analisa sensitivitas dilakukan dengan mengubah nilai dari suatu parameter pada suatu saat untuk selanjutnya dilihat bagaimana pengaruhnya terhadap akseptabilitas suatu alternatif investasi. Parameter-parameter yang biasanya berubah dan perubahannya bisa mempengaruhi keputusan-keputusan dalam studi ekonomi teknik adalah investasi, aliran kas, nilai sisa, tingkat pajak, dan sebagainya (Pujawan, 2004).





BAB III
METODOLOGI

BAB III METODOLOGI

3.1. Rancangan Penelitian

Penelitian yang dilakukan pada penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui besarnya Life Cycle Cost sistem AC pada proyek pembangunan gedung Kanwil Dirjend Pajak Jawa Bagian Timur. Gedung Kanwil Pajak merupakan proyek penyedia fasilitas terhadap kebutuhan bidang administrasi dan operasional milik pemerintah yang berlokasi di Jalan Jagir Wonokromo. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya Life Cycle Cost sistem lain selain sistem AC apabila dilaksanakan pada proyek tersebut dengan menghitung biaya keseluruhan dari kedua sistem tersebut dengan pendekatan ekonomi Present Worth (PV). Initial Cost dan Annual Cost merupakan 2 komponen utama dari LCC, initial Cost terdiri dari biaya investasi sedangkan Annual Cost terdiri dari biaya perbaikan dan perawatan serta biaya energi untuk operasional dari sistem. LCC terdiri dari 4 komponen utama, yaitu LCC investasi, LCC kebutuhan energi untuk operasional, LCC perawatan dan reparasi, Sehingga LCC total adalah jumlah dari keempat komponen tersebut dan dikurangi LCC nilai sisa jika komponen dari suatu sistem mempunyai nilai sisa pada akhir usianya..

$$LCC_{total} = LCC_{investasi} + LCC_{operasional} + LCC_{perawatan} + LCC_{reparasi} - LCC_{nilai\ sisa}$$

3.2. Data

3.2.1. Jenis Data

Pada analisa Life Cycle Cost, jenis data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Data Gedung Kanwil Dirjend Pajak.
 - a) Ukuran utama Gedung.
 - b) Sistem AC yang digunakan.
 - c) Harga peralatan sistem AC.
2. Data lain.
 - a) Harga peralatan sistem blower yang direncanakan untuk Gedung Kanwil Dirjend Pajak Surabaya.

- b) Data sekunder berupa: Tingkat Inflasi kota Surabaya, Suku Bunga Bank, Tarif Dasar Listrik PLN.

3.2.2. Teknis Pengumpulan Data

Pada analisa Life Cycle Cost, teknis pengumpulan data adalah dengan beberapa metode yang berlainan untuk masing-masing sumber data, yaitu:

1. Dengan cara mendatangi konsultan perencana PT Isoplan kepada bapak Gatot Sudibyo selaku direktur utama.
2. Dengan cara mengambil data sekunder dari BPS untuk mengetahui data mengenai tingkat inflasi yang terjadi di Surabaya.
3. Dengan cara mencari brosur untuk perencanaan sistem blower kepada PT DATA CITRA MITRAUSAHA.

3.3. Analisa Data

Sebelum dilakukan analisa Life Cycle Cost dilakukan terlebih dahulu perencanaan sistem blower sebagai pengganti sistem AC yang ada dengan cara:

1. Perhitungan beban kalor, dalam hal ini dihitung kalor yang dihasilkan baik internal maupun eksternal untuk mengetahui panas yang dihasilkan dari gedung.
2. Merencanakan saluran udara, didapat dari jumlah udara total yang diperlukan dari kebutuhan udara masing-masing lantai sehingga dapat ditentukan laju aliran udara yang dibutuhkan.
3. Dilakukan pemilihan blower, yang didapat setelah memperhitungkan kerugian tekanan pada saluran udara sehingga didapat tipe daya yang dibutuhkan untuk blower yang dipilih.

Selanjutnya dilakukan analisa Life Cycle Cost, yang terdiri dari:

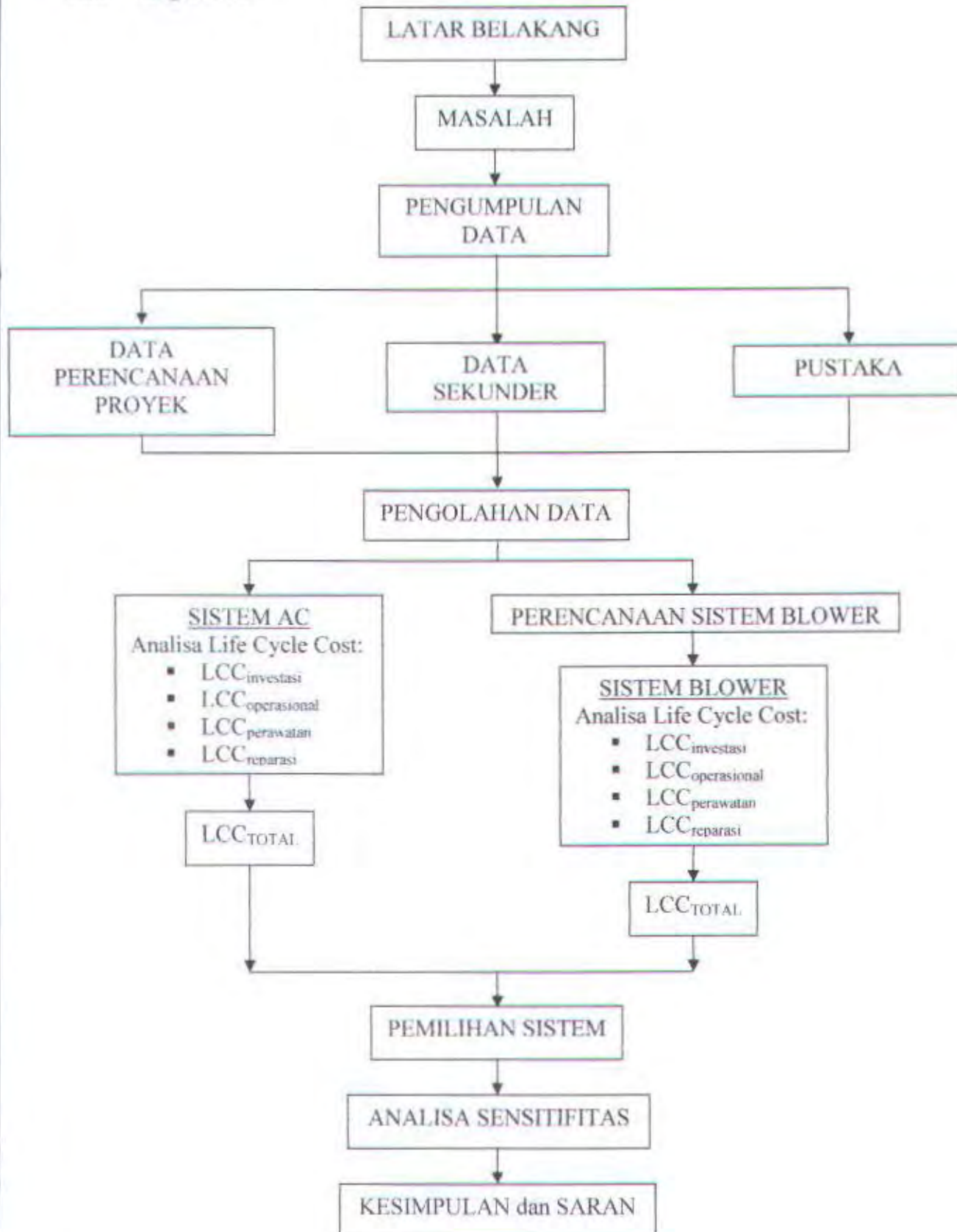
1. Life Cycle Cost Investasi, didapat dengan menghitung biaya investasi dari Sistem AC dan Blower yang direncanakan sesuai umur rencana gedung.
2. Life Cycle Cost Operasional, didapat dengan menghitung biaya operasional dari Sistem AC dan Blower yang direncanakan sesuai umur rencana gedung.
3. Life Cycle Cost Perawatan, didapat dengan menghitung biaya perawatan dari Sistem AC dan Blower yang direncanakan sesuai umur rencana gedung.

4. Life Cycle Cost Reparasi, didapat dengan menghitung biaya reparasi dari Sistem AC dan Blower yang direncanakan sesuai umur rencana gedung.
5. Life Cycle Cost Nilai Sisa, didapat dengan menghitung nilai sisa dari Sistem AC dan Blower yang direncanakan sesuai umur rencana gedung.

3.4. Pembahasan

Seluruh hasil analisa Life Cycle Cost yang diperoleh akan dibandingkan mana yang mempunyai LCC total lebih kecil, dan lebih lanjut dilakukan analisa sensitivitas. Dalam hal ini yang dilakukan pada analisa sensitivitas adalah dengan merubah nilai dari parameter-parameter yang mempengaruhi yaitu kenaikan tarif dasar listrik tiap tahunnya untuk selanjutnya dilihat pengaruhnya apakah terjadi perubahan terhadap pengambilan keputusan yang ada pada pemilihan sistem.

3.5. Bagan Alir



Gambar 3.1 Bagan Alir



BAB IV

DATA SISTEM AC DAN
PERENCANAAN BLOWER GEDUNG

BAB IV

DATA SISTEM AC DAN PERENCANAAN BLOWER GEDUNG

Sebelum dapat dilakukan analisa Life Cycle Cost antara sistem AC dan sistem Blower yang sesuai perlu diketahui terlebih dahulu data sistem AC yang ada pada gedung Kanwil Pajak. Data mengenai sistem AC dan data lain yang pada gedung Kanwil Pajak digunakan untuk perencanaan blower.

4.1. Data Sistem AC

Berikut data mengenai sistem AC dan data lain yang pada gedung Kanwil Pajak.

4.1.1 Ukuran Utama Gedung

- Nama Gedung : Kanwil Dirjend Pajak
- Tipe : Gedung Perkantoran
- Panjang Bangunan : 50 m
- Lebar Bangunan : 30 m
- Luas tiap Lantai : 1500 m²
- Jumlah Lantai : 7 lantai

4.1.2. Sistem Air Conditioner Pada Gedung

Sistem AC yang terpasang pada gedung Kanwil ini menggunakan AC sistem single duct yang masing-masing lantai disuplai oleh 2 sistem AC sentral dengan meletakkan kedua alat AC pada lantai di atasnya. Sistem AC ini menggunakan 40% dari udara ventilasi total untuk disirkulasi ulang. Kapasitas udara segar untuk masing-masing ventilasi minimal 25 m³/h per orang untuk semua kondisi operasional gedung.

Pada gedung Kanwil Dirjend Pajak ini menggunakan sistem ekspansi tak langsung dengan refrigerant sekunder yang berupa chilled water sebagai pendingin udara ventilasi yang akan dimasukkan kedalam ruangan. Untuk refrigerant primer yang berupa R22 melalui evaporator sedangkan kondensor didinginkan oleh fan. Pada sistem ini udara yang masuk ruangan didinginkan oleh 2 mesin refrigerant pada satu unit, hal ini dimungkinkan untuk pengurangan tinggi dari ducting yang dipasang.

4.1.3. Peralatan Sistem Air Conditioner

Data Peralatan AC yang digunakan pada Gedung Kanwil Dirjend Pajak yaitu sebagai berikut:

1. Modular Sistem Air Cooled Split Duct dengan model 2 X YICA125 dengan merek ITU keluaran PT ITU AIRCON CO. dengan spesifikasi :

1. Model	: - Outdoor unit	: 2 X YICA125	
	- Indoor unit	: YIDX 250	
2. Air flow	: 8.000 CFM	= 13.600 m ³ /h	
3. Cooling Capacity	: 252.000 Btu/h	= 63.600 Kcal/h	
4. Ukuran Pipa	: 5/8 – 1 1/8 inch	= 15,9 – 28,6 cm	
	Liquid – Section		
5. Kondensor	: - Kompresor	: - Tipe	: Scroll/hermetic
		- Power	: 380 V, 3 Ph, 50 Hz
		- No x HP	: 2 x 12
		- LRA	: 2 x 125
	- Coil	: - Face Area	: 2 x 22,38
		- Row	: 2
		- FPI	: 2
	- Fan	: - Tipe	: Propeler Fan
		- Ukuran	: 26 inch
		- Quantity	: 1 x 2
	- Motor	: - No x HP	: 2 x ¾
		- Power	: 220 V, 1 Ph, 50 Hz
	- Berat		: 2 x 180 kg
	- Kebutuhan Energi		: 20 kwh
6. Evaporator	: - Blower	: - Quantity	: 2 unit
		- Dimensi	: 15 x 12 inch
	- Motor	: - Power	: 380 V, 3 Ph, 50--- Hz
		- RPM	: 1450
		- Power	: 7.5 HP
	- Coil	: - Face Area	: 17,4 Ft ² = 1.6 m ²
		- Dia. Pipa	: 3/8 inch

- Kow	: 4
- FPI	: 12 (Slit Fan)
- Berat	: 555 kg
- Kebutuhan Energi	: 6 kwh

Masing-masing lantainya menggunakan 2 unit peralatan Modular Sistem Air Cooled Split Duct merek ITU dengan model 2 X YICA125, sehingga jumlah total peralatan modular sistem sebanyak 14 unit.

2. Pipa Liquid Section

Pipa Liquid Section, merupakan pipa penyalur refrigerant antara modul outdoor (Kondensor) dan indoor (Evaporator) yang mempunyai bahan tembaga dengan diameter 1 inch atau sama dengan 25.4 mm. Dilapisi dinding spons setebal 12.7 mm yang berfungsi untuk mempertahankan suhu refrigerant. Dengan panjang pipa untuk tiap unit dimasing-masing lantainya sepanjang 10 m, sehingga panjang total pipa liquid section sebesar 280 meter.

3. Ducting Supply

Ducting Supply merupakan saluran ventilasi pendingin udara yang mengalirkan serta mendistribusikan udara dingin ke dalam ruangan. Terbuat dari bahan "galvanized iron sheet" yang diberi penguatan (bracing) yang baik dan ditumpu atau digantungkan pada konstruksi bangunan secara kokoh.

4. Diffuser

Diffuser merupakan lubang pada langit-langit, dimana udara segar masuk kedalam ruangan. Pada gedung ini digunakan diffuser tipe radial dengan jenis plaket yang berbentuk bujur sangkar dengan panjang sisi 12 x 12 inchi atau sama dengan 300 x 300 mm, dengan jumlah total unit diffuser pada gedung sebanyak 603 buah.

4.1.4. Faktor Transmisi Kalor Gedung

Plesteran 3 mm	(K = 2.05 Kcal/m ² jam °C)
Batu bata 210 mm	(K = 1.62 Kcal/m ² jam °C)
Kaca ganda	(K = 2.2 Kcal/m ² jam °C)
Atap beton 150 mm	(K = 2.34 Kcal/m ² jam °C)

4.2. Perencanaan Blower

Perencanaan Blower dilakukan untuk mengetahui kapasitas blower yang akan dipergunakan untuk mengatasi beban kalor yang terjadi. Langkah-langkah perencanaan blower terdiri atas perhitungan beban kalor dan perencanaan saluran udara. Berikut cara melakukan perencanaan blower untuk berdasarkan pada data-data yang ada pada gedung Kanwil Pajak .

4.2.1. Perhitungan Beban Kalor

Banyaknya panas yang terjadi dalam suatu ruangan pada waktu tertentu dinamakan beban kalor. Beban kalor yang terjadi dalam perencanaan ini diakibatkan oleh 2 macam beban kalor:

1. Beban kalor internal
2. Beban kalor eksternal

1. Beban Kalor Internal

Beban kalor internal adalah beban kalor yang berasal dari dalam ruangan itu sendiri, yaitu:

- Beban kalor dari peralatan listrik
- Beban kalor dari pekerja didalam gedung

1. Beban kalor dari peralatan listrik

Akibat Lampu

Pada gedung Kanwil Dirjend Pajak ini digunakan lampu penerangan jenis FL 1 x 36 W untuk tiap titik lampunya, dengan jumlah lampu:

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| - Lantai 1 = 132 buah | - Lantai 5 = 98 buah |
| - Lantai 2 = 93 buah | - Lantai 6 = 99 buah |
| - Lantai 3 = 112 buah | - Lantai 7 = 83 buah |
| - Lantai 4 = 127 buah | |

Daya lampu total dapat dihitung dengan mengalikan jumlah lampu dengan daya lampu. Sehingga kalor yang dibebaskan dapat dihitung dengan persamaan:

$$qL = 1,000 \times N \quad ; \text{dimana } N = \text{daya lampu total (kw)}$$

Diambil lantai satu saja untuk mewakili perhitungan tiap lantai, sehingga:

$$qL_{l,1} = 1000 \times 132 \times 36 / 1000 = 4,752 \text{ kcal/hr}$$

Akibat komputer dan benda yang menghasilkan panas

Jumlah komputer yang ada di ruang komputer lantai 1 sebanyak 30 unit yang masing-masingnya membutuhkan daya 300 watt dan diasumsikan pada ruang tamu terdapat sebuah TV 51 inch yang membutuhkan daya 750 watt . Sehingga kalor yang dibebaskan dapat dihitung dengan persamaan:

$$qP = 860 \times N \quad ; \text{dimana } N = \text{daya listrik total (kw)}$$

$$qP_{l,1} = 860 \times ((30 \times 300) + 750) / 1000 = 8,385 \text{ kcal/hr}$$

Sehingga beban kalor yang dikeluarkan peralatan listrik:

$$qPL_{l,1} = qL + qP = 4,752 + 8,385 \\ 13,137 \text{ kcal/hr}$$

2. Beban kalor dari pekerja didalam gedung

Jumlah pekerja ditiap-tiap lantainya:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| - Lantai 1 = 112 orang | - Lantai 5 = 105 orang |
| - Lantai 2 = 66 orang | - Lantai 6 = 78 orang |
| - Lantai 3 = 104 orang | - Lantai 7 = 85 orang |
| - Lantai 4 = 110 orang | |

Diambil lantai satu saja untuk mewakili perhitungan tiap lantai, sehingga panas yang dibebaskan dapat dihitung dengan persamaan:

$$qP = n \times H$$

Dimana: n = jumlah pekerja

H = panas yang dikeluarkan manusia (100 kcal/hr tabel lampiran 1)

Maka: $qP = 112 \times 100 = 11,200 \text{ kcal/hr}$

2. **Beban kalor eksternal**

Beban kalor eksternal adalah beban kalor yang terjadi karena radiasi matahari yang mengenai tepi gedung sehingga mengakibatkan naiknya temperatur bagian luar gedung. Dengan proses konduksi akan terjadi perpindahan panas dari luar ke bagian dalam gedung sehingga mengakibatkan naiknya suhu didalam ruangan. Untuk memudahkan perhitungan beban kalor yang berasal dari radiasi matahari maka diambil beberapa asumsi:

- Gedung menghadap utara (untuk mendapatkan kedudukan garis lintang 0°)
- Perhitungan berdasarkan bulan terpanas yaitu: september
- Hanya dihitung permukaan gedung yang terkena sinar
- Dilakukan pada jam terpanas yaitu pada pukul 10.00, 12.00, 14.00 yang berselisih 30° (1 jam = 15° sudut pergerakan matahari)

Pukul 10.00

Sudut ketinggian matahari didapat dari persamaan:

$$\sin h = \sin \psi \cdot \sin \delta + \cos \psi \cdot \cos \delta \cdot \cos 15\tau$$

dimana: ψ = kedudukan garis lintang (0° untuk equator)

δ = deklinasi matahari ($\delta = 0.30$ dari gbr. 3.8 lampiran 2)

τ = saat penyinaran matahari (10.00 = -2; 12.00 = 0; 14.00 = 2)

maka: $\sin h = \sin 0^{\circ} \cdot \sin 0,30^{\circ} + \cos 0 \cdot \cos 0,3 \cdot \cos 15(-2) = 0.866$

$$h = \arcsin 0.866$$

$$h = 60^{\circ}$$

radiasi matahari langsung pada sisi gedung sebelah kanan:

$$J_v = 1164 P^{\operatorname{cosec} h} \cos h \quad ; \text{dimana } P = \text{permeabilitas atmosferik (0.5-0.7 diambil 0.6)}$$

$$= 1164 \times 0.6^{\operatorname{cosec} 60^{\circ}} \times \cos 60$$

$$= 322.67 \text{ kcal/m}^2 \text{ jam}$$

Radiasi matahari terpencar / tidak langsung didapat dari grafik radiasi matahari terpencar (gbr. 2.5 pada bab II), pada $P = 0.6$; $h = 60^{\circ}$ didapat $J_s = 250 \text{ kcal/m}^2 \text{ jam}$. (untuk sisi gedung sebelah kiri)

Temperatur ekuivalen radiasi matahari:

$$T_e = \varepsilon \cdot R_{so} \cdot J$$

Dimana: R_{so} = Tahanan perpindahan kalor dari permukaan luar ($R_{so} = 0.05 \text{ m}^2 \text{ hr } ^{\circ}\text{C/kcal}$ dari tabel 3.10 lampiran 1)

ε = Faktor absorpsi radiasi matahari = 0.5 (tabel 3.14 lampiran 3)

$$J = J_v + J_s$$

Maka: untuk sisi gedung sebelah kanan

$$T_e = 0.5 \cdot 0.05 \cdot (322.67 + 250)$$

$$= 14.32 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

untuk sisi gedung sebelah kiri

$$T_e = 0.5 \cdot 0.05 \cdot (250) \\ = 6.25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Jumlah temperatur udara luar disebut suhu udara matahari (SAT) besarnya:

$$T_{\text{udara luar}} = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Maka: $T_{\text{SAT}} = T_e + T_{\text{udara luar}}$

$$\text{Gedung sisi kanan} : T_{\text{SAT}} = 14.32 + 32 = 46.32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Gedung sisi kiri} : T_{\text{SAT}} = 6.25 + 32 = 38.25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Persamaan koefisien perpindahan kalor menyeluruh (U)

$$U = \frac{1}{\frac{L}{K} + \frac{1}{h}}$$

Dimana : L = tebal dinding gedung (menurut data 210 mm)

K = koefisien bulkhead dari dinding gedung ($K = 1.62 \text{ kcal/m hr } ^\circ\text{C}$)

h = koefisien konveksi dalam ruangan perkantoran

direncanakan $T = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$ karena hanya menggunakan blower, sehingga udara yang masuk dari luar tanpa diolah masuk kedalam gedung.

$$T = 32 \text{ } ^\circ\text{C} = 305 \text{ } ^\circ\text{K}$$

dari (tabel A-5 lampiran) sifat-sifat udara pada tekanan atmosfer diperoleh (dengan interpolasi)

300 $^\circ\text{K}$	1.1774	15.69
305 $^\circ\text{K}$	ρ	ν
350 $^\circ\text{K}$	0.9980	20.36

maka:

$$(300-350)/(300-305) = (1.774-0.9980)/(1.1774-\rho)$$

$$-50/-5 = 0.1794/(1.1774-\rho)$$

$$\rho = 1.1595$$

Dengan cara yang sama pula didapat:

$$\nu = 15.183 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$C_p = 1.0060 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

$$\mu = 1.8691 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m.s}$$

$$K = 0.02661 \text{ w/m } ^\circ\text{C}$$

Sehingga bilangan Reynolds dapat dicari:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot x}{\nu} = \frac{3 \times 53.5}{16.6 \times 10^{-6}}$$

$$= 9.67 \times 10^6$$

$$\text{Nu} = 0.02661 \cdot \text{Pr}^{1/3} \cdot \text{Re}^{4/5} = 0.02661 \cdot 0.7069^{1/3} \cdot (9.67 \times 10^6)^{4/5}$$

$$= 9168.8$$

$$h = (0.02661 \cdot \text{Nu})/x = (0.02661 \times 9168.8)/53.5$$

$$= 4.57 \text{ w/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} = 4.127 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C}$$

$$\text{maka: } \nu = \frac{1}{\frac{L}{K} + \frac{1}{h}} = \frac{1}{\frac{0.008}{1.62} + \frac{1}{4.127}}$$

$$\nu = 3.43 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$$

Beban panas yang masuk ke ruang dalam gedung melalui sisi gedung dengan persamaan:

$$q = \nu \cdot A \cdot \Delta T$$

dimana: A = luas permukaan yang terkena radiasi total pada sisi gedung
 $= 29 \text{ m (tinggi)} \times 30 \text{ m (lebar)} = 870 \text{ m}^2$

Luas total pada gedung sisi sebelah kanan = 870 m^2

$$\text{maka: } q = 3.96 \times 870 \times (46.32 - 32) = 49,335.26 \text{ kcal/hr}$$

untuk sebelah kiri karena hanya terkena radiasi matahari terpencar/tak langsung maka luas (A) yang terkena radiasi matahari terpencar diasumsikan setengah dari luas permukaan total $A = 435 \text{ m}^2$

$$\text{maka: } q = 3.96 \times 435 \times (38.25 - 32) = 10,766.25 \text{ kcal/hr}$$

total beban panas yang masuk ke gedung pada jam 10.00 adalah:

$$q_r = q_{kanan} + q_{kiri} = 60,101.51 \text{ kcal/hr}$$

Pukul 12.00

Sudut ketinggian matahari didapat dari persamaan:

$$\sin h = \sin \psi \cdot \sin \delta + \cos \psi \cdot \cos \delta \cdot \cos 15\tau$$

$$\sin h = \sin 0^\circ \cdot \sin 0.30^\circ + \cos 0 \cdot \cos 0.3 \cdot \cos 15(0) = 0.999$$

$$h = \arcsin 0.999 = 89.7^\circ \cong 90^\circ$$

diasumsikan matahari tepat berada tepat diatas kepala, sehingga sisi gedung tidak terkena radiasi matahari secara langsung

radiasi matahari langsung pada sisi gedung sebelah kanan:

Temperatur ekivalen radiasi matahari:

$$T_e = \epsilon \cdot R_{so} \cdot J$$

untuk sisi gedung sebelah kanan

$$T_e = 0.5 \cdot 0.05 \cdot (250) = 6.25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

untuk sisi gedung sebelah kiri

$$T_e = 0.5 \cdot 0.05 \cdot (250) = 6.25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Jumlah temperatur udara luar disebut suhu udara matahari (SAT) besarnya:

$$T_{SAT} = T_e + T_{\text{udara luar}}$$

$$\text{Gedung sisi kanan} : T_{SAT} = 6.25 + 32 = 38.25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Gedung sisi kiri} : T_{SAT} = 6.25 + 32 = 38.25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Persamaan koefisien perpindahan kalor menyeluruh (U)

$$U = \frac{1}{\frac{L}{K} + \frac{1}{h}} = \frac{1}{\frac{0.008}{1.62} + \frac{1}{4.127}}$$

$$U = 3.43 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$$

Beban panas yang masuk ke ruang dalam gedung melalui sisi gedung dengan persamaan: $q = U \cdot A \cdot \Delta T$

Luas total pada gedung sisi sebelah kanan = 870 m^2

untuk sisi kanan gedung $q = 3.96 \times 435 \times (38.25 - 32) = 10,766.25 \text{ kcal/hr}$

untuk sisi kanan gedung $q = 3.96 \times 435 \times (38.25 - 32) = 10,766.25 \text{ kcal/hr}$

total beban panas yang masuk ke gedung pada jam 12.00 adalah:

$$q_r = q_{\text{kanan}} + q_{\text{kiri}} = 21,532.5 \text{ kcal/hr}$$

Pukul 14.00

Sudut ketinggian matahari didapat dari persamaan:

$$\sin h = \sin \psi \cdot \sin \delta + \cos \psi \cdot \cos \delta \cdot \cos 15\tau$$

$$\sin h = \sin 0^\circ \cdot \sin 0.30^\circ + \cos 0 \cdot \cos 0.3 \cdot \cos 15(-2) = 0.866$$

$$h = \arcsin 0.866$$

$$h = 60^\circ$$

radiasi matahari langsung pada sisi gedung sebelah kanan:

$$J_v = 1164 P^{\cos \epsilon} \cos h$$

$$= 1164 \cdot 0.6^{\cos 60} \cos 60 = 322.67 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{jam}$$

Temperatur ekuivalen radiasi matahari:

$$T_e = \epsilon \cdot R_{so} \cdot J$$

untuk sisi gedung sebelah kanan

$$T_e = 0.5 \cdot 0.05 \cdot (250) = 6.25 \text{ }^\circ\text{C}$$

untuk sisi gedung sebelah kiri

$$T_e = 0.5 \cdot 0.05 \cdot (322.67 + 250) = 14.32 \text{ }^\circ\text{C}$$

Jumlah temperatur udara luar disebut suhu udara matahari (SAT) besarnya:

$$T_{SAT} = T_e + T_{\text{udara luar}}$$

$$\text{Gedung sisi kanan} : T_{SAT} = 6.25 + 32 = 38.25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Gedung sisi kiri} : T_{SAT} = 14.32 + 32 = 46.32 \text{ }^\circ\text{C}$$

Persamaan koefisien perpindahan kalor menyeluruh (U)

$$U = \frac{1}{\frac{L}{K} + \frac{1}{h}} = \frac{1}{\frac{0.008}{1.62} + \frac{1}{4.127}}$$

$$U = 3.43 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr.}^\circ\text{C}$$

Beban panas yang masuk ke ruang dalam gedung melalui sisi gedung dengan persamaan: $q = U \cdot A \cdot \Delta T$

Luas total pada gedung = 870 m^2

$$\text{untuk sisi kanan gedung} \quad q = 3.96 \times 435 \times (38.25 - 32) = 10,766.25 \text{ kcal/hr (1/2 A)}$$

$$\text{untuk sisi kiri gedung} \quad q = 3.96 \times 870 \times (46.32 - 32) = 49,335.26 \text{ kcal/hr}$$

total beban panas yang masuk ke gedung pada jam 14.00 adalah:

$$q_r = q_{\text{kanan}} + q_{\text{kiri}} = 60,101.51 \text{ kcal/hr}$$

Dari ketiga perhitungan panas radiasi matahari yang masuk kedalam gedung, panas maksimum terjadi pada waktu jam 10.00 dan 14.00 dengan beban kalor sebesar 60,101.51 kcal/hr. maka beban kalor yang terjadi pada masing-masing lantai sebesar $60,101.51 / 7 = 8,585.93 \text{ kcal/hr}$

jadi beban panas yang terjadi pada lantai 1:

1. lampu penerangan : $q_{PL} = 13,137.00 \text{ kcal/hr}$
2. pekerja : $q_P = 11,200.00 \text{ kcal/hr}$
3. radiasi matahari : $q_E = 8,585.93 \text{ kcal/hr} +$

$$\text{beban panas total } qT = 32,922.93 \text{ kcal/hr}$$

Beban panas total yang diterima lantai 1 sebesar : 32,922.93 kcal/hr.

4.2.2. Perencanaan Saluran Udara

Untuk mengurangi besarnya saluran udara yang direncanakan, maka jumlah saluran udara yang digunakan ada 2 buah, yaitu pada sebelah timur dan barat. Disamping untuk mengurangi dimensi saluran, hal ini juga untuk menghindari rumitnya konstruksi dan pemasangannya.

1. Jumlah udara total yang diperlukan

Pada dasarnya udara yang dihembuskan keruang pekerja dimaksudkan untuk mengatasi beban kalor / panas yang terjadi. Kebutuhan udara yang diperlukan pekerja (untuk pernafasan, memenuhi kebutuhan O_2 dan mengeluarkan CO_2 agar ruangan tidak sumpek dan panas) dengan sirkulasi udara sebanyak 12 kali per jam (tabel lampiran).

Jumlah udara yang diperlukan untuk mencukupi kebutuhan pekerja dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_w = n \times V_{com}$$

Dimana: n = banyaknya pergantian udara tiap jam (12 x per jam)

V_{com} = Volume total ruangan (m^3)

Perhitungan volume ruangan pekerja total

Untuk dapat menghitung volume ruangan total diperlukan data gambar ruangan yang membutuhkan penyegaran udara. Ruangan yang dihitung adalah ruangan lantai 1 karena mempunyai volume ruangan terbesar, sehingga perencanaan saluran udara pada lantai lain dianggap sama.

dimensi ruangan lantai 1: $p = 50 \text{ m}$; $t = 4 \text{ m}$

$$l = 30 \text{ m}$$

$$V_{lantai 1} = p \times l \times t = 50 \times 30 \times 4 = 6,000 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_{\text{yang tidak perlu penyegaran udara}} &= V_{\text{tangga}} + V_{\text{lift}} + V_{\text{dinding}} \\ &= 1,850 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V_{com} = V_{lantai 1} - V_{\text{yang tidak perlu penyegaran udara}} = 6,000 - 2,250 = 3,750 \text{ m}^3$$

Jadi jumlah udara yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pekerja:

$$Q_w = n \times V_{com} = 12 \times 3,750$$

$$= 45,000 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

Jumlah udara yang diperlukan untuk mengatasi beban kalor yang terjadi diruangan pekerja dicari dengan persamaan:

$$Q_T = q / (C_a \times (t_r - t_{fa}) \times \gamma_{fa})$$

Dimana : q = beban panas total = 32,922.93 kcal/hr.

C_a = kapasitas panas rata-rata udara = 0.24 kcal /kg °C.

t_r = temperatur udara ruang penumpang yang harus diturunkan.

(asumsi pada waktu matahari \perp / diatas kepala pukul 12.00, suhu udara $t_r = 41.45^\circ\text{C}$)

t_{fa} = temperatur udara segar yang masuk = 32°C .

(karena udara masuk tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu sehingga suhunya sama dengan suhu udara luar $t_{fa} = 32^\circ\text{C}$)

γ_{fa} = density udara segar yang masuk. (dapat dicari dari table 38 lampiran)

diperoleh untuk $t = 32^\circ\text{C}$; $\gamma_{fa} = 1.157 \text{ kg} / \text{m}^3$

$$\text{maka } Q_T = 32,922.93 / (0.24 \times (41.45 - 32) \times 1.157) \\ 12,428.12 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

Jumlah udara total yang dibutuhkan:

- Udara untuk mengatasi beban panas $Q_T = 12,428.12 \text{ m}^3 / \text{hr}$
- Udara untuk mengatasi kebutuhan pekerja $Q_w = 45,000.00 \text{ m}^3 / \text{hr} +$
 $Q_{l,1} = 57,428.12 \text{ m}^3 / \text{hr}$

Jumlah udara yang diperlukan diambil:

$$Q_{l,1} = 60,000 \text{ m}^3 / \text{hr} \text{ atau } Q_{l,1} = 1,000 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

Karena jumlah saluran udara masuk yang direncanakan ada 2 buah, yaitu sebelah utara bagian tengah sisi kiri dan sisi kanan, maka laju kebutuhan udara yang lewat satu saluran yang lewat hanya setengah dari jumlah kebutuhan udara total.

$$Q_{l,1} = 1,000 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

$$Q_{\text{sal}} = \frac{1}{2} \times 1,000 \text{ m}^3 / \text{hr} = 500 \text{ m}^3 / \text{mnt}$$

Saluran udara masuk direncanakan melalui bagian belakang gedung dengan bentuk kepala ventilator tipe mushroom. Saluran udara keluar diarahkan menyebar ke seluruh ruangan agar pergantian udara dapat merata.

2. Kebutuhan udara tiap ruangan

Jumlah udara untuk masing-masing ruang dapat dihitung dengan rumus:

$$Q_{\text{ruang}} = n \times V \quad ; \quad n = \text{jumlah sirkulasi udara (12 kali/jam dari lampiran 4)}$$

$V = \text{volume ruangan}$

$$Q_{\text{Kasie1}} = 12 \times 30 = 360 \text{ m}^3/\text{jam} = 6 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q_{\text{Kasie2}} = 12 \times 24 = 288 \text{ m}^3/\text{jam} = 4.8 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q_{\text{Arsip1}} = 12 \times 16 = 192 \text{ m}^3/\text{jam} = 3.2 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q_{\text{Arsip2}} = 12 \times 72 = 864 \text{ m}^3/\text{jam} = 14.4 \text{ m}^3/\text{menit}$$

3. Penentuan laju aliran udara

Dari gambar denah gedung lantai 1 dapat diketahui panjang saluran yang akan direncanakan saluran udara pada lampiran 9, dengan titik-titik sebagai berikut:

Titik 0-1

Merupakan main duct, laju udara yang dibutuhkan:

$Q = 500 \text{ m}^3/\text{menit} = 17,657.33 \text{ ft}^3/\text{menit}$ (tabel 13 lampiran 2) velocities induct diperoleh:

$$V = 2500 - 3000 \text{ ft}/\text{menit} = 12,7 - 15,4 \text{ m/s}$$

diambil $v = 13 \text{ m/s}$ (dari grafik 2.9 lampiran 6) kerugian gesek dalam pipa udara

$$de = 45 \text{ cm} ; 0.28 \text{ mm H}_2\text{O}$$

kemudian (dari gambar 2.10 lampiran 7) grafik diameter saluran segiempat didapat:

$$b/a = 3 ; \text{diperoleh } b = 75 \text{ cm} , a = 25 \text{ cm}$$

jadi dimensi ukuran saluran udara = 750 x 250

panjang saluran udara yang direncanakan = 650 cm = 6.5 m

dengan dialirkan kecepatan udara disaluran sebesar

$$V = Q / A = (650/45)/(0.75 \times 0.25) = 77.03 \text{ m/s}$$

Titik 2-3

Merupakan secondary duct, laju udara yang dibutuhkan:

$$Q = 250 \text{ m}^3/\text{menit} = 8,828.67 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

diperoleh: $V = 2500 - 3000 \text{ ft}/\text{menit} = 12,7 - 15,4 \text{ m/s}$

diambil $v = 13 \text{ m/s}$ (dari grafik 2.9 lampiran 6) kerugian gesek dalam pipa udara

$$de = 40 \text{ cm} ; 0.25 \text{ mm H}_2\text{O}$$

kemudian (dari gambar 2.10 lampiran 7) grafik diameter saluran segiempat didapat:

$b/a = 3$; diperoleh $b = 75 \text{ cm}$, $a = 25 \text{ cm}$

jadi dimensi ukuran saluran udara = 650×210

panjang saluran udara yang direncanakan = $200 \text{ cm} = 2.00 \text{ m}$

dengan dialirkan kecepatan udara disaluran sebesar

$$V = Q / A = (200/40)/(0.65 \times 0.21) = 36.63 \text{ m/s}$$

Titik 5-6

Merupakan tersier duck, laju udara yang dibutuhkan:

$$Q = 125 \text{ m}^3/\text{menit} = 4,414.33 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

$$\text{diperoleh: } V = 2500 - 3000 \text{ ft}/\text{menit} = 12,7 - 15,4 \text{ m/s}$$

diambil $v = 13 \text{ m/s}$ (dari grafik 2.9 lampiran 6) kerugian gesek dalam pipa udara

$d_e = 35 \text{ cm}$; $0.24 \text{ mm H}_2\text{O}$

kemudian (dari gambar 2.10 lampiran 7) grafik diameter saluran segiempat didapat:

$b/a = 3$; diperoleh $b = 50 \text{ cm}$, $a = 20 \text{ cm}$

jadi dimensi ukuran saluran udara = 500×200

panjang saluran udara yang direncanakan = $100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$

dengan dialirkan kecepatan udara disaluran sebesar

$$V = Q / A = (100/35)/(0.50 \times 0.20) = 28.57 \text{ m/s}$$

4.2.3. Pemilihan Blower

Untuk dapat mengatasi kerugian-kerugian tekanan akibat adanya gesekan yang terjadi di sepanjang saluran udara maupun fitting, maka kerugian tersebut harus dihitung terlebih dahulu agar blower yang digunakan dapat mengatasi kerugian gesekan yang terjadi.

1. Perhitungan kerugian tekanan

Kerugian yang terjadi untuk udara yang mengalir didalam saluran ada 2 macam:

- Kerugian tekanan karena gesekan
- Kerugian tekanan karena adanya fitting

Kerugian tekanan karena gesekan:

Kerugian tekanan karena gesekan dapat dilihat dari tabel dibawah ini:

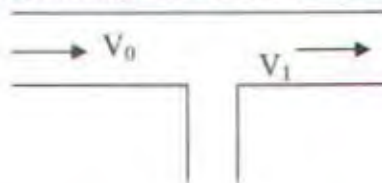
Tabel 5.1 Kerugian tekanan karena gesekan

Titik	P sal (m)	R (mmH ₂ O)	ΔPr
0-1	6.5	0.28	0.12
1-2	3	0.28	0.14
2-3	2	0.25	0.625
3-4	6	0.25	0.7
4-5	6	0.25	0.75
5-6	1	0.24	2.28
6-7	6	0.24	3.2
7-8	8	0.24	3.7

Kerugian tekanan karena fitting:

Karena didalam saluran terdapat beberapa fitting maka akan timbul kerugian tekanan akibat fitting, yaitu sebagai berikut:

Pada titik 0-1, terjadi percabangan (tabel 6.8 lampiran 8)



g untuk mencari Co, didapatkan:

Kecepatan udara $V_0 = 77.03 \text{ m}^3/\text{mnt}$

Kecepatan udara $V_1 = 65.72 \text{ m}^3/\text{mnt}$

$V_1/V_0 = 0.84$ diperoleh nilai $C_o = 1.5$

Maka dapat dihitung besarnya $\Delta P_f = 1.5 \times \left[\frac{1535.4}{1231} \right]^2 = 0.15 \text{ mmH}_2\text{O}$

Dari hasil perhitungan besarnya kerugian tekanan yang terjadi di sepanjang saluran:

Akibat gesekan $\Delta P_r = 15.955 \text{ mmH}_2\text{O}$

Akibat fitting $\Delta P_f = \underline{64.495 \text{ mmH}_2\text{O}} +$

$P_T = 80.45 \text{ mmH}_2\text{O}$

2. Perhitungan daya blower

Perhitungan daya blower yang akan digunakan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Ne = \frac{Q \times P_s}{6120 \times \eta}$$

Q = laju total aliran udara (m^3/mnt)
 P_s = Tekanan total blower (mmH_2O)
 η = Efisiensi (65 %)

Dalam pemilihan blower harus menggunakan brosur spesifikasi agar blower yang dipilih nantinya sesuai dengan yang kita rencanakan dengan memperhatikan hasil kerugian tekanan yang terjadi dipilih blower dengan diameter 800 mm untuk mengetahui daya blower harus dihitung besarnya tekanan dinamis dari blower yang bersangkutan dengan rumus:

$$P_v = \rho \frac{v^2}{2g}$$

ρ = density of air = 1.15 kg/m^3
 v = kecepatan udara dari blower = $Q/A = \frac{500/60}{\pi/4 \cdot 0.8^2}$

$$P_v = 13.5 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$P_s = P_T - P_v = 80.45 - 13.5 = 66.95 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Sehingga daya blower dapat dihitung:

$$Ne = \frac{500 \times 66.91}{6120 \times 0.65} = 11.1855 \text{ kwh}$$



BAB V

PERHITUNGAN LIFE CYCLE COST

- Power : 220 V, 1 Ph, 50 Hz
 - Berat : 178 kg
 - Kebutuhan Energi : 8.0625 kwh
5. Evaporator :
- Blower : - Quantity : 1 unit
 - Dimensi : 15 x 15 inch
 - Motor : - Power : 380 V, 3 Ph, 50--- Hz
 - RPM : 1450
 - Power : 2 HP
 - Coil : - Face Area : 0.75 m²
 - Dia. Pipa : 3/8 inch
 - Row : 3
 - FPI : 12 (Slit Fan)
 - Berat : 142 kg
 - Kebutuhan Energi : 1.5 kwh

5.1.2. Data Teknis Blower

Blower yang digunakan adalah tipe Centrifugal Blower dengan merk Nishishiba, dengan spesifikasi (PT DATA CITRA MITRAUSAHA):

1. Model : Centrifugal Blower
2. Material : Mild steel
3. Type : Belt drive
4. Kapasitas : 500 m³/mnt
5. Rpm : 1800 Rpm
6. Diameter : 800 mm
7. Static Pressure: 70mmH₂O
8. Tech. Spec. : Nishishiba, Japan
9. Power motor : 15 Hp, 380 V, 3 phase , 4 pole, 50 Hz
10. Kelengkapan : - Electro motor motor standing
 - Balancing Impeller
 - Chassis Construction
 - Inlet/Outlet flange
 - V belt and Cover V belt

- Pulley and Bearing
- 11. Daya : 11.1855 kwh

5.2. Data Harga Peralatan

5.2.1. Data Harga Peralatan AC

Peralatan AC yang direncanakan mempunyai biaya investasi untuk masing-masing peralatannya:

1. Peralatan Modular Sistem Air Cooled Split Duct masing-masing lantainya menggunakan 2 unit model 1 X YICA 100 dengan merek ITU keluaran PT ITU AIRCON CO. dengan biaya per-unitnya (PT ITU AIRCON CO.):

- Outdoor unit : 1 X YICA 100 @ Rp. 38.400.000,-

- Indoor unit : YIDX 100 @ Rp. 21.600.000,-

sehingga dengan total peralatan 14 unit, maka total biaya investasi yang dikeluarkan untuk Outdoor unit (Kondensor) Rp. 537,600,000,- dan Indoor unit (Evaporator) Rp. 302.400.000,- .

2. Pipa Liquid Section

Biaya investasi pipa Liquid Section per-meter panjangnya sebesar Rp. 400.000,- (PT ITU AIRCON CO.). Dengan panjang total pipa 140 m, maka total biaya investasi yang dikeluarkan untuk pipa Liquid Section Rp. 56,000,000,- .

3. Ducting Supply

Ducting Supply merupakan saluran ventilasi pendingin udara yang terbuat dari bahan "galvanized iron sheet" dengan masing-masing ukuran seperti pada lampiran, mempunyai biaya investasi:

- Lantai 1 = Rp. 273,748,500,-

- Lantai 5 = Rp. 241,701,500,-

- Lantai 2 = Rp. 256,163,250,-

- Lantai 6 = Rp. 250,478,470,-

- Lantai 3 = Rp. 262,154,450,-

- Lantai 7 = Rp. 227,547,150,-

- Lantai 4 = Rp. 262,544,100,-

sehingga total biaya investasi yang dikeluarkan untuk pembuatan 7 lantai Ducting Supply Rp. 1,774,337,420,- . (PT Isoplan)



4. Diffuser

Diffuser yang digunakan adalah tipe radial dengan jenis plaketa yang berbentuk bujur sangkar dengan panjang sisi 300 x 300 mm dengan biaya investasi per-unitnya Rp. 440.000,- (PT Isoplan). Sehingga dengan total 603 buah, maka biaya investasi yang dikeluarkan untuk diffuser Rp. 265,320,000.- .

Data peralatan sistem AC dan umur peralatan ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 5.1 Biaya dan umur peralatan AC

Peralatan	Umur (Tahun)	Biaya (Rp)	Jumlah (Unit)	Satuan	Total (Rp)
Kondensor	10	38,400,000.00	14	unit	537,600,000.00
Evaporator	10	21,600,000.00	14	unit	302,400,000.00
Pipa Liquid Section	5	400,000.00	140	m	56,000,000.00
Ducting	15	1,774,337,420.00	1	set	1,774,337,420.00
Diffuser	10	440,000.00	603	buah	265,320,000.00

5.2.2. Data Harga Peralatan Blower

Peralatan Blower yang direncanakan mempunyai biaya investasi untuk masing-masing peralatannya:

1. Blower

Peralatan sistem Blower masing-masing lantainya menggunakan 3 unit blower dengan putaran 1800 Rpm dengan biaya investasi per-unitnya (PT. DATA CITRA MITRAUSAHA):

- Blower : @ Rp. 11,750,000.-

sehingga dengan total peralatan 21 unit, maka biaya investasi yang dikeluarkan untuk peralatan blower total sebesar Rp. 246,750,000.-.

2. Ducting Supply

Ducting Supply merupakan saluran ventilasi pendingin udara yang terbuat dari bahan 'galvanized iron sheet' dengan masing-masing ukuran seperti pada lampiran, mempunyai biaya investasi:

- Lantai 1 = Rp. 173,324,620.-

- Lantai 5 = Rp. 141,277,620.-

- Lantai 2 = Rp. 155,739,370.-

- Lantai 6 = Rp. 150,054,590.-

- Lantai 3 = Rp. 161,730,570.- - Lantai 7 = Rp. 127,123,270.-

- Lantai 4 = Rp. 162,120,220.-

sehingga total biaya investasi yang dikeluarkan untuk pembuatan 7 lantai Ducting Supply sebesar Rp. 1.071,370,260.- . (PT Isoplan)

3. Diffuser

Diffuser yang digunakan adalah tipe radial dengan jenis plakot yang berbentuk bujur sangkar dengan panjang sisi 300 x 300 mm dengan investasi per-unitnya Rp. 440.000,- (PT Isoplan). Sehingga dengan total 441 buah, maka biaya investasi yang dikeluarkan untuk diffuser Rp. 194,040,000.- .

4. Grille

Grille adalah lubang hisap yang digunakan untuk menghisap udara dari ruangan keluar. Grille yang digunakan adalah jenis jamur berbentuk persegi dengan panjang sisi 300 x 250 mm dengan biaya satuan pekerjaan per-unitnya Rp. 407.000,- (PT. DATA CITRA MITRAUSAHA). Sehingga dengan total peralatan 62 buah, maka biaya investasi yang dikeluarkan untuk grille Rp. 65,934,320,000.- .

Data peralatan sistem AC dan umur peralatan ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 5.2 Biaya dan umur peralatan Blower

Peralatan	Umur (Tahun)	Biaya (Rp)	Jumlah Unit	Satuan	Total (Rp)
Blower	10	11.750.000.00	21	unit	246.750.000.00
Ducting	15	1.071.370.260.00	1	set	1.071.370.260.00
Diffuser	10	440.000.00	441	buah	194.040.000.00
Grille	10	370.000.00	162	buah	59.940.000.00

5.2.3. Data Lain

Selain data biaya peralatan dipergunakan juga data-data lain untuk menunjang perhitungan analisa yang dilakukan yaitu:

1. Tingkat Suku Bunga

MARR yang dipakai pada saat perhitungan sebesar 8 %. (Suku Bunga Bank Indonesia yang berlaku berdasarkan situs internet sebesar 7.43 %)

2. Tingkat Inflasi Surabaya

Data ini digunakan untuk asumsi tingkat inflasi yang digunakan untuk perhitungan LCC. Tingkat inflasi yang digunakan pada perhitungar adalah rata-rata dari tingkat inflasi antara tahun 1999-2004 seperti pada data tingkat inflasi pada tabel 5.3 didapat sebesar 6.81 %, dengan asumsi tidak terjadi perubahan tingkat inflasi selama perhitungan.

Tabel 5.3 Tingkat Inflasi Surabaya

Periode (tahun)	Tingkat Inflasi (dalam %)
1999	1.39
2000	10.46
2001	14.13
2002	9.15
2003	4.79
2004	0.92

Sumber : Surabaya dalam angka

3. Data Tarif dasar listrik PLN

Data ini digunakan untuk menghitung besarnya biaya operasional peralatan yang membutuhkan listrik sebagai energinya. Perhitungan besarnya tarif listrik yang dikenakan dibagi dalam 3 blok. Pemakaian listrik sampai 20 kwh akan dikenakan tarif blok 1 Rp. 275 / kwh. Sedangkan untuk pemakaian sampai 60 kwh (60 kwh - 20 kwh) dikenakan tarif blok 2 Rp. 445 / kwh. Sisanya (beban listrik kwh - 60 kwh) dikenakan tarif blok 3 Rp. 495 / kwh.

Tabel 5.4 Tarif dasar listrik PLN

Tipe	Beban max sampai kwh	Biaya (Rp/kwh)
Blok 1	20	275
Blok 2	60	445
Blok 3	> 60	495

Sumber : Bukti Pembayaran listrik PLN

5.3. Perhitungan Life Cycle Cost (LCC)

Untuk menganalisa keseluruhan biaya dari sistem AC dan blower digunakan pendekatan ekonomi Present Worth (PW) dengan mengasumsikan parameter-parameter yang tidak diketahui. Initial Cost dan Annual Cost merupakan 2 komponen utama dari LCC. Initial construction cost terdiri dari biaya investasi, sedangkan annual cost terdiri dari biaya perbaikan dan perawatan serta energi untuk operasional sistem.

Life Cycle Cost (LCC) terdiri dari 4 komponen utama yaitu life cycle cost investasi ($LCC_{\text{investasi}}$), life cycle cost kebutuhan energi untuk operasional ($LCC_{\text{operasional}}$), life cycle cost perawatan ($LCC_{\text{perawatan}}$) dan life cycle cost reparasi (LCC_{reparasi}). Sehingga LCC_{Total} untuk suatu sistem adalah jumlah dari keempat komponen tersebut diatas dan dikurangi $LCC_{\text{nilai sisa}}$ jika komponen dari suatu sistem mempunyai nilai sisa pada akhir usianya.

$$LCC_{\text{Total}} = LCC_{\text{investasi}} + LCC_{\text{operasional}} + LCC_{\text{perawatan}} + LCC_{\text{reparasi}} - LCC_{\text{nilai sisa}}$$

5.3.1. Perhitungan Life Cycle Cost AC (LCC_{AC})

5.3.1.1. LCC Investasi

Biaya Investasi adalah suatu pengorbanan dengan pengeluaran modal untuk kepentingan yang akan datang. Umur gedung diperkirakan 25 tahun, sehingga diperlukan beberapa kali investasi untuk peralatan (replacement) agar sesuai dengan masa investasi gedung. Ketika dilakukan replacement tentu saja biaya investasinya akan berubah, bergantung pada tingkat inflasi yang akan terjadi di masa mendatang. Besarnya biaya replacement akibat inflasi yang diasumsikan terjadi sebesar 6.81 % per-tahun pada akhir umur peralatan sama dengan :

1. Kondensor (Outdoor unit)

$$P = \text{Rp. } 537,600,000.-$$

$F_{\text{Kondensor}}$ pada tahun ke-10

$$i_r = 6.81 \%$$

$$n = 10 \text{ tahun}$$



$$F_{\text{Kondensor}} = P \times (1 + i)^n$$

$$= 537,600,000.- \times (1 + 0.0681)^{10}$$

$$= \text{Rp. } 1,038,911,158.12$$

2. Evaporator (Indoor unit)

$$P = \text{Rp. } 302,400,000.-$$

$F_{\text{Evaporator}}$ pada tahun ke-10

$$i_r = 6.81 \%$$

$$n = 10 \text{ tahun}$$



$$F_{\text{Evaporator}} = P \times (1 + i)^n$$

$$= 302,400,000.- \times (1 + 0.0681)^{10}$$

$$= \text{Rp. } 584,387,526.44$$

3. Pipa Liquid Section

$$P = \text{Rp. } 56,000,000.-$$

$F_{\text{Pipa liquid section}}$ pada tahun ke-5

$$i_r = 6.81 \%$$

$$n = 5 \text{ tahun}$$



$$F_{\text{Pipa liquid section}} = P \times (1 + i)^n$$

$$= 56,000,000.- \times (1 + 0.0681)^5$$

$$= \text{Rp. } 77,848,025.60$$

4. Diffuser

$$P = \text{Rp. } 265,320,000.-$$

F_{Diffuser} pada tahun ke-10

$$i_r = 6.81 \%$$

$$n = 10 \text{ tahun}$$



$$\begin{aligned}
 F_{\text{Diffuser}} &= P \times (1 + i)^n \\
 &= 265,320,000.- \times (1 + 0.0681)^{10} \\
 &= \text{Rp. } 512,730,484.51
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung besarnya biaya replacemet peralatan sistem AC yang disesuaikan umur investasi gedung, baru setelahnya dihitung besarnya present value dengan memasukkan nilai F ($P = P/F, i, n$) dengan $i = \text{MARR}$.

5.3.1.2. LCC Operasional

1. Jam Operasi per Tahun

Sistem AC pada gedung dioperasikan selama 5 hari dari hari Senin – Jum'at dalam satu minggu, sehingga dalam satu bulan sistem AC dioperasikan selama 22 hari dan dalam setahun akan beroperasi selama 264 hari. Sistem dioperasikan mulai dari pukul 07.00 – 18.00 ketika gedung beroperasi.

Jam operasi peralatan per hari = 11 jam

Jam operasi peralatan per tahun = $11 \times 264 = 2904$ jam operasi per tahun

2. Konsumsi Energi

Konsumsi energi diperlukan untuk mengetahui besarnya kebutuhan energi dari masing-masing peralatan. Dalam sistem AC energi yang digunakan adalah energi listrik. Berikut adalah tabel energi peralatan sistem AC:

Tabel 5.5 Energi peralatan AC (kwh)

Peralatan	Energi (kwh)	Jumlah (unit)	Total Energi (kwh)
Kondensor	8.0625	14	112.875
Evaporator	1.5	14	21

Setelah diketahui besarnya kebutuhan energi dari masing-masing peralatan, maka dapat dihitung besarnya LCC operasionalnya dengan menghitung kebutuhan energi dikalikan besarnya waktu pemakaian dikalikan besarnya tarif listrik per kilowatt-

nya. Berdasarkan data historis kenaikan tarif PLN dari tahun 1999 ke tahun 2001 sebesar 2 %. Perhitungan besarnya biaya operasional dilakukan pada masing-masing peralatan dengan menjumlahkan total seluruh kebutuhan energi selama umur investasi gedung, antara kebutuhan energi tiap tahun dengan asumsi kenaikan tarif listrik sesuai dengan yang direncanakan 2 % tiap 2 tahun.

1. Kondensor

$$\begin{aligned} \text{Tiap 1 jam peralatan memerlukan energi} &= 112.875 \text{ kwh} \\ \text{Tiap 1 hari memerlukan} &= 112 \times 11 \\ &= 1.241.625 \text{ kwh} \end{aligned}$$

Berdasarkan tarif dasar listrik PLN (lihat Tabel 5.4), dapat dihitung biaya energinya :

$$\begin{aligned} - \text{ Blok 1: } & 20 \text{ kwh} \quad \times \text{ Rp. } 275/\text{kwh} = \text{Rp. } 5.500.- \\ - \text{ Blok 2: } & 40 \text{ kwh} \quad \times \text{ Rp. } 445/\text{kwh} = \text{Rp. } 17.800.- \\ - \text{ Blok 3: } & 1.181.625 \text{ kwh} \quad \times \text{ Rp. } 495/\text{kwh} = \underline{\text{Rp. } 584.904.375} + \\ \text{Jumlah tarif dasar listrik PLN} &= \text{Rp. } 608.204.375 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya operasional tahun pertama} &= \text{Rp. } 608.204.375 \times 264 \\ &= \text{Rp. } 160.565.955.- \end{aligned}$$

2. Evaporator

$$\begin{aligned} \text{Tiap 1 jam peralatan memerlukan energi} &= 21 \text{ kwh} \\ \text{Tiap 1 hari memerlukan} &= 21 \times 11 \\ &= 231 \text{ kwh} \end{aligned}$$

Berdasarkan tarif dasar listrik PLN (lihat Tabel 5.4), dapat dihitung biaya energinya :

$$\begin{aligned} - \text{ Blok 1: } & 20 \text{ kwh} \quad \times \text{ Rp. } 275/\text{kwh} = \text{Rp. } 5.500.- \\ - \text{ Blok 2: } & 40 \text{ kwh} \quad \times \text{ Rp. } 445/\text{kwh} = \text{Rp. } 17.800.- \\ - \text{ Blok 3: } & 171 \text{ kwh} \quad \times \text{ Rp. } 495/\text{kwh} = \underline{\text{Rp. } 84.645.-} + \\ \text{Jumlah tarif dasar listrik PLN} &= \text{Rp. } 107.945.- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya operasional tahun pertama} &= \text{Rp. } 107.945.- \times 264 \\ &= \text{Rp. } 28.497.480.- \end{aligned}$$

∴ Dengan asumsi besarnya kenaikan tarif listrik 2 % tiap 2 tahun didapat besarnya tarif listrik pada tahun ke-2 tetap sebesar Rp. 160,565,955.00 sedangkan besarnya biaya operasional pada tahun ke-3 naik 2 % menjadi Rp.

163,777,274.10 seperti terlihat pada tabel 5.8. Selanjutnya dihitung besarnya present value dengan memasukkan nilai $F (P = P/F, i, n)$ dengan $i = MARR$.

5.3.1.3. LCC Perawatan dan Reparasi

Suatu sistem memerlukan perawatan dan perbaikan untuk mempertahankan performa (kinerja) dari semua peralatan yang ada pada suatu sistem dalam kondisi maksimal saat beroperasi.

Asumsi : Biaya maintenance sistem diperkirakan 1 % dari biaya investasi untuk tahun pertama (Hennecke, 1997).

Kenaikan biaya maintenance sesuai dengan tingkat inflasi 6.81 %.

Berdasarkan informasi yang didapat dari gedung yang menggunakan sistem AC yang sama, dengan besarnya biaya perawatan dan reparasi peralatan AC dapat terlihat pada tabel 5.6 .

Tabel 5.6 Biaya perawatan dan reparasi peralatan AC

Peralatan	Biaya (Rp)	Perawatan		Reparasi		
		%	biaya	tahun	%	biaya
Kondensor	537,600,000.00	1	5,376,000.00	5	20	107,520,000.00
Evaporator	302,400,000.00	1	3,024,000.00	5	20	60,480,000.00
Pipa Liquid Section	56,000,000.00	1	560,000.00	2.5	13	7,280,000.00
Ducting	1,774,337,420.00	0.5	8,871,687.10	7.5	3	53,230,122.60
Diffuser	265,320,000.00	0.7	1,857,240.00	5	10	26,532,000.00

Setelah didapat besarnya biaya perawatan dan reparasi pada umur ketika alat tersebut memerlukan perawatan dan reparasi seperti pada tabel diatas, Selanjutnya dihitung besarnya present value dengan memasukkan nilai $F (P = P/F, i, n)$ dengan $i = MARR$.

5.3.1.4. LCC Nilai Sisa

Suatu sistem pada akhir umur efektifnya mempunyai nilai sisa baik itu karena masih dapat digunakan ataupun karena masih dapat diolah kembali. Pada studi kali ini diasumsikan terjadi depresiasi pertahun sehingga nilai sisa peralatan pada umur efektifnya sama dengan nol.

Nilai sisa pada akhir umur investasi gedung terjadi karena peralatan dianggap masih mempunyai nilai akibat umur efektifnya belum habis. Besarnya nilai sisa pada akhir umur investasi dihitung dari depresiasi biaya terakhir kali dilakukannya replacement seperti terlihat pada tabel 5.7 .

Tabel 5.7 Nilai sisa peralatan AC pada akhir investasi

Peralatan	Umur (tahun)	Replacement		Nilai sisa	
		tahun ke-	(Rp)	tahun ke-	(Rp)
Kondensor	10	20	2.007.694.186.15	25	1.003.847.093.08
Evaporator	10	20	1.129.327.979.71	25	564.663.989.86
Pipa Liquid Section	5	20	209.134.811.06	25	-
Ducting	-	-	-	25	-
Diffuser	10	20	990.850.858.39	25	495.425.429.20

Setelah didapat besarnya nilai sisa pada akhir umur investasi gedung seperti pada tabel diatas, Selanjutnya dihitung besarnya present value dengan memasukkan nilai $F (P = P/F, i, n)$ dengan $i = \text{MARR}$.

5.3.1.5. Tabel LCC

Dari keempat jenis biaya diatas selanjutnya dilakukan penabelan hasil perhitungan LCC peralatan AC. Tabel yang ada terdiri atas tabel perhitungan biaya total (Tabel 5.8 - 5.9), tabel perhitungan present value (Tabel 5.10 – 5.14) dan perhitungan present value total sistem AC (Tabel 5.15).

Tabel perhitungan biaya total berisikan besarnya biaya baik itu biaya investasi, replacement tahun ke-n, operasional, perawatan dan reparasi yang terjadi ketika masing-masing peralatan AC terkena masing-masing biaya tersebut. Sebagai contoh pada tabel 5.8 tertulis pada tahun ke-10 besarnya biaya replacement kondensor sebesar Rp. 1,038,911,158.12 meningkat dari investasi awal Rp. 537,600,000.00 seperti yang telah dihitung pada subbab 5.3.1.1. karena adanya inflasi 6.81 %. Begitu juga halnya dengan biaya lain yang terjadi pada perhitungan LCC_{AC} yang disesuaikan dengan jenis dan kapan biaya tersebut terjadi.

Tabel perhitungan present value sistem AC merupakan perhitungan present value dari masing-masing biaya yang disesuaikan dengan besarnya MARR dan tahun dimana biaya tersebut terjadi. Sebagai contoh pada tabel 5.10 present value (PV) biaya replacement kondensor pada tahun ke-10 dengan MARR 8 % sebesar Rp.

481,216,883.14 dihitung dengan memasukkan nilai F (biaya replacement kondensor pada tahun ke-10 sebesar Rp. 1,038,911,158.12) kedalam rumus $P = P/F, i, n$ dengan $i = \text{MARR}$. Dengan cara yang sama pula dihitung semua biaya replacement yang terjadi berdasarkan tahun dilakukannya replacement sehingga dapat dihitung total PV replacement kondensor selama 25 tahun masa investasi gedung sebesar Rp. 911,964,071.80. Besarnya present value dari masing-masing jenis biaya dapat dihitung disesuaikan dengan tahun ketika biaya tersebut terjadi.

Tabel perhitungan present value total sistem AC merupakan penjumlahan PV total dari masing-masing jenis biaya dari masing-masing peralatan hingga didapat total Present Value sistem AC seperti yang terlihat pada tabel 5.15 sebesar Rp. 7,624,558,968.03

Tabel 5.8 Perhitungan biaya total Kondensator dan Evaporator

Peralatan	Kondensator (umur 10 Tahun)						Evaporator (umur 10 Tahun)					
	Biaya (Rupiah)						Biaya (Rupiah)					
	Tahun ke	Investasi	Replacement	Operasi	Perawatan	Reparasi	Nilai Sisa	Investasi	Replacement	Perawatan	Reparasi	Nilai Sisa
0	537.600.000,00	-	0,00	0,00	-	-	-	302.400.000,00	-	0,00	-	-
1	-	-	160.565.955,00	5.376.000,00	-	-	-	-	-	3.024.000,00	-	-
2	-	-	160.565.955,00	5.742.105,60	-	-	-	-	-	3.229.904,40	-	-
3	-	-	163.777.274,10	6.133.142,99	-	-	-	-	-	3.449.892,93	-	-
4	-	-	163.777.274,10	6.550.610,03	-	-	-	-	-	3.684.830,64	-	-
5	-	-	167.052.819,58	6.996.920,19	107.520.000,00	-	-	-	-	3.935.767,61	60.480.000,00	-
6	-	-	167.052.819,58	7.473.410,46	-	-	-	-	-	4.203.793,38	-	-
7	-	-	170.393.875,97	7.982.349,71	-	-	-	-	-	4.490.071,71	-	-
8	-	-	170.393.875,97	8.525.947,72	-	-	-	-	-	4.795.845,60	-	-
9	-	-	173.801.753,49	9.106.564,78	-	-	-	-	-	5.122.442,68	-	-
10	-	1.036.911.158,12	173.801.753,49	0,00	-	-	-	584.387.526,44	0,00	-	-	-
11	-	-	177.277.788,56	10.389.111,58	-	-	-	-	-	5.843.875,26	-	-
12	-	-	177.277.788,56	11.096.610,08	-	-	-	-	-	6.241.843,17	-	-
13	-	-	180.823.344,33	11.852.289,23	-	-	-	-	-	6.666.912,69	-	-
14	-	-	180.823.344,33	12.659.430,12	-	-	-	-	-	7.120.829,44	-	-
15	-	-	184.430.811,22	13.521.537,31	207.782.231,62	-	-	-	-	7.605.864,74	116.677.505,29	-
16	-	-	184.430.811,22	14.442.354,01	-	-	-	-	-	8.123.824,13	-	-
17	-	-	188.126.607,45	15.425.878,31	-	-	-	-	-	8.677.056,55	-	-
18	-	-	188.126.607,45	16.476.380,63	-	-	-	-	-	9.267.964,10	-	-
19	-	-	191.891.179,59	17.598.422,15	-	-	-	-	-	9.899.112,48	-	-
20	-	2.007.694.186,15	191.891.179,59	0,00	-	-	-	1.129.327.979,71	0,00	-	-	-
21	-	-	195.729.003,19	20.076.941,86	-	-	-	-	-	11.293.279,80	-	-
22	-	-	195.729.003,19	21.444.181,60	-	-	-	-	-	12.062.352,15	-	-
23	-	-	199.643.583,25	22.904.530,37	-	-	-	-	-	12.883.798,33	-	-
24	-	-	199.643.583,25	24.464.326,89	-	-	-	-	-	13.761.185,00	-	-
25	-	-	203.636.454,91	26.130.349,68	-	(1.003.847.093,08)	-	-	-	14.698.321,70	-	(564.663.989,85)

Tabel 5.9 Perhitungan biaya total Pipa liquid section, Ducting AC dan Diffuser

Tahun ke	Pipa Liquid Section (umur 5 Tahun)						Ducting AC (umur 15 Tahun)						Diffuser (umur 10 Tahun)					
	Biaya (Rupiah)						Biaya (Rupiah)						Biaya (Rupiah)					
	Investasi	Replacement	Operasi	Perawatan	Reparasi	Nilai Sisa	Investasi	Replacement	Operasi	Perawatan	Reparasi	Nilai Sisa	Investasi	Replacement	Operasi	Perawatan	Reparasi	Nilai Sisa
0	56,000,000	-	-	0.00	-	-	1,774,357,420	-	-	0.00	-	-	265,320,000	-	-	0.00	-	-
1	-	-	-	560,000.00	-	-	-	-	-	8,871,687.10	-	-	-	-	-	1,857,240.00	-	-
2	-	-	-	598,136.00	7,280,000.00	-	-	-	9,475,848.99	-	-	-	-	-	-	1,983,718.04	-	-
3	-	-	-	638,869.09	-	-	-	-	10,121,154.31	-	-	-	-	-	-	2,116,609.24	-	-
4	-	-	-	682,376.04	-	-	-	-	10,810,404.92	-	-	-	-	-	-	2,260,100.15	-	-
5	-	77,848,025.60	-	0.00	-	-	-	-	11,546,593.49	-	-	-	-	-	-	2,417,217.27	26,532,000.00	-
6	-	-	-	778,480.26	-	-	-	-	12,332,916.51	-	-	-	-	-	-	2,581,829.77	-	-
7	-	-	-	831,494.78	10,120,243.33	-	-	-	13,172,788.12	-	-	-	-	-	-	2,757,652.38	-	-
8	-	-	-	888,119.55	-	-	-	-	14,069,854.99	-	-	-	-	-	-	2,945,448.50	-	-
9	-	-	-	948,600.50	-	-	-	-	15,028,012.12	-	-	-	-	-	-	3,146,033.55	-	-
10	-	108,219,912.30	-	0.00	-	-	-	-	16,051,419.74	53,230,122.60	-	-	-	512,730,484.51	-	0.00	-	-
11	-	-	-	1,082,199.12	-	-	-	-	17,144,521.43	-	-	-	-	-	-	5,127,304.85	-	-
12	-	-	-	1,155,896.88	14,068,588.60	-	-	-	18,312,063.34	-	-	-	-	-	-	5,476,474.31	-	-
13	-	-	-	1,234,613.46	-	-	-	-	19,559,114.85	-	-	-	-	-	-	5,849,422.21	-	-
14	-	-	-	1,318,690.64	-	-	-	-	20,891,090.57	-	-	-	-	-	-	6,247,767.86	-	-
15	-	150,441,187.55	-	0.00	-	-	-	-	22,313,773.64	-	-	-	-	-	-	6,673,240.85	51,273,048.45	-
16	-	-	-	1,504,411.89	-	-	-	-	23,833,341.84	-	-	-	-	-	-	7,127,688.55	-	-
17	-	-	-	1,606,862.32	19,557,354.38	-	-	-	25,456,392.42	-	-	-	-	-	-	7,613,084.14	-	-
18	-	-	-	1,716,289.65	-	-	-	-	27,189,972.74	-	-	-	-	-	-	8,131,535.17	-	-
19	-	-	-	1,833,168.97	-	-	-	-	29,041,609.88	-	-	-	-	-	-	8,685,292.72	-	-
20	-	209,134,811.06	-	0.00	-	-	-	-	31,019,343.52	198,790,564.87	-	-	-	990,850,858.39	-	0.00	-	-
21	-	-	-	2,091,348.11	-	-	-	-	33,131,760.81	-	-	-	-	-	-	9,908,508.58	-	-
22	-	-	-	2,233,768.92	27,187,525.44	-	-	-	35,388,033.72	-	-	-	-	-	-	10,583,278.02	-	-
23	-	-	-	2,385,888.58	-	-	-	-	37,797,958.82	-	-	-	-	-	-	11,303,999.25	-	-
24	-	-	-	2,548,367.59	-	-	-	-	40,371,999.81	-	-	-	-	-	-	12,073,801.60	-	-
25	-	-	-	2,721,911.43	-	-	-	-	43,121,333.00	-	-	-	-	-	-	12,896,027.49	-	(495,425,429.19)

Tabel 5.10 Present value Kondensor

Peralatan		Kondensor (umur 10 Tahun)					
Tahun ke	Discount	Biaya (Rupiah)					
	Rate	PV Investasi	PV Replacement	PV Operasi	PV Perawatan	PV Reparasi	PV Nilai Sisa
0	8%	537,600,000.00	-	0.00	0.00	-	-
1	8%	-	-	148,672,180.56	4,977,777.78	-	-
2	8%	-	-	137,659,426.44	4,922,930.04	-	-
3	8%	-	-	130,011,680.53	4,868,686.65	-	-
4	8%	-	-	120,381,185.67	4,815,040.93	-	-
5	8%	-	-	113,693,342.02	4,761,986.31	73,176,305.35	-
6	8%	-	-	105,271,612.99	4,709,516.28	-	-
7	8%	-	-	99,423,190.04	4,657,624.39	-	-
8	8%	-	-	92,058,509.30	4,606,304.27	-	-
9	8%	-	-	86,944,147.67	4,555,549.62	-	-
10	8%	-	481,216,883.14	80,503,840.44	0.00	-	-
11	8%	-	-	76,031,404.86	4,455,711.88	-	-
12	8%	-	-	70,399,448.94	4,406,616.54	-	-
13	8%	-	-	66,488,368.44	4,358,062.15	-	-
14	8%	-	-	61,563,304.11	4,310,042.76	-	-
15	8%	-	-	58,143,120.55	4,262,552.48	65,501,624.96	-
16	8%	-	-	53,836,222.73	4,215,585.46	-	-
17	8%	-	-	50,845,321.47	4,169,135.96	-	-
18	8%	-	-	47,079,001.36	4,123,198.25	-	-
19	8%	-	-	44,463,501.29	4,077,766.72	-	-
20	8%	-	430,747,188.65	41,169,908.60	0.00	-	-
21	8%	-	-	38,882,691.45	3,988,399.89	-	-
22	8%	-	-	36,002,492.09	3,944,453.64	-	-
23	8%	-	-	34,002,353.64	3,900,991.60	-	-
24	8%	-	-	31,483,660.78	3,858,008.45	-	-
25	8%	-	-	29,734,568.51	3,815,498.92	-	(146,579,649.38)
Jumlah		537,600,000.00	911,964,071.80	1,854,744,484.48	100,761,440.96	138,677,930.30	(146,579,649.38)

Tabel 5.11 Present value Evaporator

Peralatan		Evaporator (umur 10 Tahun)					
Tahun ke	Discount	Biaya (Rupiah)					
	Rato	PV Investasi	PV Replacement	PV Operasi	PV Perawatan	PV Reparasi	PV Nilai Sisa
0	8%	302,400,000.00	-	0.00	0.00	-	-
1	8%	-	-	26,386,555.56	2,800,000.00	-	-
2	8%	-	-	24,431,995.88	2,769,148.15	-	-
3	8%	-	-	23,074,662.78	2,738,636.24	-	-
4	8%	-	-	21,365,428.50	2,708,460.52	-	-
5	8%	-	-	20,178,460.25	2,678,617.30	41,161,671.76	-
6	8%	-	-	18,683,759.49	2,649,102.91	-	-
7	8%	-	-	17,645,772.85	2,619,913.72	-	-
8	8%	-	-	16,338,678.57	2,591,046.15	-	-
9	8%	-	-	15,430,974.20	2,562,496.66	-	-
10	8%	-	270,684,496.77	14,287,939.08	0.00	-	-
11	8%	-	-	13,494,164.68	2,506,337.93	-	-
12	8%	-	-	12,494,596.93	2,478,721.80	-	-
13	8%	-	-	11,800,452.65	2,451,409.96	-	-
14	8%	-	-	10,926,345.05	2,424,399.05	-	-
15	8%	-	-	10,319,325.88	2,397,685.77	36,844,664.04	-
16	8%	-	-	9,554,931.37	2,371,266.82	-	-
17	8%	-	-	9,024,101.85	2,345,138.98	-	-
18	8%	-	-	8,355,649.86	2,319,299.02	-	-
19	8%	-	-	7,891,447.09	2,293,743.78	-	-
20	8%	-	242,295,293.62	7,306,895.46	0.00	-	-
21	8%	-	-	6,900,956.82	2,243,474.94	-	-
22	8%	-	-	6,389,774.83	2,218,755.17	-	-
23	8%	-	-	6,034,787.34	2,194,307.78	-	-
24	8%	-	-	5,587,766.06	2,170,129.75	-	-
25	8%	-	-	5,277,334.61	2,146,218.14	-	(82,451,052.78)
Jumlah		302,400,000.00	512,979,790.39	329,182,757.65	56,678,310.54	78,006,335.80	(82,451,052.78)

Tabel 5.12 Present value Pipa liquid section

Peralatan		Pipa Liquid Section (umur 5 Tahun)					
Tahun ke	Discount	Biaya (Rupiah)					
	Rate	PV Investasi	PV Replacement	PV Operasi	PV Perawatan	PV Reparasi	PV Nilai Sisa
0	8%	56,000,000.00	-	-	0.00	-	-
1	8%	-	-	-	518,518.52	-	-
2	8%	-	-	-	512,805.21	-	-
3	8%	-	-	-	507,154.86	6,005,815.56	-
4	8%	-	-	-	501,566.76	-	-
5	8%	-	52,982,058.14	-	0.00	-	-
6	8%	-	-	-	490,574.61	-	-
7	8%	-	-	-	485,169.21	-	-
8	8%	-	-	-	479,823.36	5,682,151.23	-
9	8%	-	-	-	474,536.42	-	-
10	8%	-	50,126,758.66	-	0.00	-	-
11	8%	-	-	-	464,136.65	-	-
12	8%	-	-	-	459,022.56	-	-
13	8%	-	-	-	453,964.81	5,375,929.77	-
14	8%	-	-	-	448,962.79	-	-
15	8%	-	47,425,336.46	-	0.00	-	-
16	8%	-	-	-	439,123.49	-	-
17	8%	-	-	-	434,285.00	-	-
18	8%	-	-	-	429,499.82	5,086,211.13	-
19	8%	-	-	-	424,767.37	-	-
20	8%	-	44,869,498.82	-	0.00	-	-
21	8%	-	-	-	415,458.32	-	-
22	8%	-	-	-	410,880.59	-	-
23	8%	-	-	-	406,353.29	4,812,105.97	-
24	8%	-	-	-	401,875.88	-	-
25	8%	-	-	-	397,447.80	-	-
Jumlah		56,000,000.00	195,403,652.08	0.00	9,555,927.31	26,962,213.66	0.00

Tabel 5.13 Present value Ducting

Peralatan		Ducting AC (umur 15 Tahun)					
Tahun ke	Discount	Biaya (Rupiah)					
	Rate	PV Investasi	PV Replacement	PV Operasi	PV Perawatan	PV Reparasi	PV Nilai Sisa
0	8%	1,774,337,420.00	-	-	0.00	-	-
1	8%	-	-	-	8,214,525.09	-	-
2	8%	-	-	-	8,124,013.20	-	-
3	8%	-	-	-	8,034,498.61	-	-
4	8%	-	-	-	7,945,970.33	-	-
5	8%	-	-	-	7,858,417.51	-	-
6	8%	-	-	-	7,771,829.39	-	-
7	8%	-	-	-	7,686,195.35	-	-
8	8%	-	-	-	7,601,504.86	-	-
9	8%	-	-	-	7,517,747.54	-	-
10	8%	-	-	-	7,434,913.10	24,655,846.16	-
11	8%	-	-	-	7,352,991.37	-	-
12	8%	-	-	-	7,271,972.30	-	-
13	8%	-	-	-	7,191,845.94	-	-
14	8%	-	-	-	7,112,602.45	-	-
15	8%	-	-	-	7,034,232.11	-	-
16	8%	-	-	-	6,956,725.29	-	-
17	8%	-	-	-	6,880,072.49	-	-
18	8%	-	-	-	6,804,264.28	-	-
19	8%	-	-	-	6,729,291.37	-	-
20	8%	-	-	-	6,655,144.55	42,650,159.34	-
21	8%	-	-	-	6,581,814.71	-	-
22	8%	-	-	-	6,509,292.87	-	-
23	8%	-	-	-	6,437,570.10	-	-
24	8%	-	-	-	6,366,637.62	-	-
25	8%	-	-	-	6,296,486.70	-	-
Jumlah		1,774,337,420.00	0.00	0.00	180,370,559.13	67,306,005.50	0.00

Tabel 5.14 Present value Diffuser

Peralatan		Diffuser (umur 10 Tahun)					
Tahun ke	Discount	Biaya (Rupiah)					
	Rate	PV Investasi	PV Replacement	PV Operasi	PV Perawatan	PV Reparasi	PV Nilai Sisa
0	8%	265,320,000.00	-	-	0.00	-	-
1	8%	-	-	-	1,719,666.67	-	-
2	8%	-	-	-	1,700,718.49	-	-
3	8%	-	-	-	1,681,979.09	-	-
4	8%	-	-	-	1,663,446.17	-	-
5	8%	-	-	-	1,645,117.46	18,057,233.38	-
6	8%	-	-	-	1,626,990.70	-	-
7	8%	-	-	-	1,609,063.67	-	-
8	8%	-	-	-	1,591,334.18	-	-
9	8%	-	-	-	1,573,800.03	-	-
10	8%	-	237,493,421.57	-	0.00	-	-
11	8%	-	-	-	2,199,013.16	-	-
12	8%	-	-	-	2,174,783.30	-	-
13	8%	-	-	-	2,150,820.41	-	-
14	8%	-	-	-	2,127,121.55	-	-
15	8%	-	-	-	2,103,683.82	16,163,403.21	-
16	8%	-	-	-	2,080,504.34	-	-
17	8%	-	-	-	2,057,580.27	-	-
18	8%	-	-	-	2,034,908.78	-	-
19	8%	-	-	-	2,012,487.10	-	-
20	8%	-	212,585,275.47	-	0.00	-	-
21	8%	-	-	-	1,968,382.18	-	-
22	8%	-	-	-	1,946,693.52	-	-
23	8%	-	-	-	1,925,243.85	-	-
24	8%	-	-	-	1,904,030.51	-	-
25	8%	-	-	-	1,883,050.92	-	(72,340,983.21)
Jumlah		265,320,000.00	450,078,697.04	0.00	43,380,420.17	34,220,636.60	(72,340,983.21)

Tabel 5.15 Perhitungan Present Value Total Sistem AC

Peralatan	PV (Rupiah)						PV Total
	Investasi	Replacement	Operasi	Perawatan	Reparasi	Nilai Sisa	
Kondensor	537,600,000.00	911,964,071.80	1,854,744,484.48	100,761,440.96	138,677,930.30	(146,579,649.38)	3,397,168,278.16
Evaporator	302,400,000.00	512,979,790.39	329,182,757.65	56,678,310.54	78,006,335.80	(82,451,052.78)	1,196,796,141.59
Pipa Liquid Section	56,000,000.00	195,403,652.08	0.00	9,555,927.31	26,962,213.66	0.00	287,921,793.05
Ducting	1,774,337,420.00	0.00	0.00	180,370,559.13	67,306,005.50	0.00	2,022,013,984.63
Diffuser	265,320,000.00	450,078,697.04	0.00	43,380,420.17	34,220,636.60	(72,340,983.21)	720,658,770.60
							7,624,558,968.03

5.3.2. Perhitungan Life Cycle Cost Blower (LCC_{Blower})

5.3.2.1. LCC Investasi

Dengan asumsi tingkat inflasi tiap tahun sebesar 6.81 % dapat dihitung biaya replacement dari masing-masing peralatan.

Blower

$$P = \text{Rp. } 246,750,000.-$$

F_{Blower} pada tahun ke-10

$$i_r = 6.81 \%$$

$$n = 10 \text{ tahun}$$



$$\begin{aligned} F_{\text{Blower}} &= P \times (1 + i)^n \\ &= 246,750,000.- \times (1 + 0.0681)^{10} \\ &= \text{Rp. } 476,843,988.59 \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung besarnya biaya replacement dari masing-masing peralatan sistem Blower yang disesuaikan sampai berakhirnya umur dari gedung, baru setelahnya dihitung besarnya present value dengan memasukkan nilai F ($P = P/F, i, n$) dengan $i = \text{MARR}$.

5.3.2.2. LCC Operasional

Konsumsi energi diperlukan untuk mengetahui besarnya kebutuhan energi dari masing-masing peralatan. Dalam sistem Blower energi yang digunakan adalah energi listrik. Berikut adalah tabel energi peralatan sistem AC:

Tabel 5.16 Energi peralatan Blower (kwh)

Peralatan	Energi (kwh)	Jumlah (unit)	Total Energi (kwh)
Blower	11.1855	21	234.8955

Setelah diketahui besarnya kebutuhan energi dari masing-masing peralatan, maka dapat dihitung besarnya LCC operasionalnya dengan waktu operasi sistem sama dengan waktu operasi sistem AC. Biaya operasional dihitung dengan mengalikan kebutuhan energi dengan waktu pemakaian dikalikan besarnya tarif listrik per kilowatt-

nya. Dengan asumsi kenaikan tarif listrik sesuai dengan yang direncanakan 2 % tiap 2 tahun.

Blower

$$\begin{aligned} \text{Tiap 1 jam peralatan memerlukan energi} &= 234.8955 \text{ kwh} \\ \text{Tiap 1 hari memerlukan} &= 234.8955 \times 11 \\ &= 2,583.8505 \text{ kwh} \end{aligned}$$

Berdasarkan tarif dasar listrik PLN, dapat dihitung biaya energinya :

$$\begin{aligned} - \text{ Blok 1: } & 20 \text{ kwh} \quad \times \text{ Rp. } 275/\text{kwh} = \text{ Rp. } 5,500.- \\ - \text{ Blok 2: } & 40 \text{ kwh} \quad \times \text{ Rp. } 445/\text{kwh} = \text{ Rp. } 17,800.- \\ - \text{ Blok 3: } & 2,523.8505 \text{ kwh} \quad \times \text{ Rp. } 495/\text{kwh} = \underline{\text{ Rp. } 1,249.306.-} + \\ \text{Jumlah tarif dasar listrik PLN} & = \text{ Rp. } 1,272,606.- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya operasional tahun pertama} &= \text{ Rp. } 1,272,606.- \times 264 \\ &= \text{ Rp. } 335,967,983.34 \end{aligned}$$

∴ Dengan asumsi besarnya kenaikan tarif listrik 2 % tiap 2 tahun didapat besarnya tarif listrik pada tahun ke-2 tetap sebesar Rp. 335,967,983.34 sedangkan besarnya biaya operasional pada tahun ke-3 naik 2 % menjadi Rp. 342,687,343.01 seperti terlihat pada tabel 5.19. Selanjutnya dihitung besarnya present value dengan memasukkan nilai F ($P = P/F, i, n$) dengan $i = \text{MARR}$.

5.3.2.3. LCC Perawatan dan Reparasi

Suatu sistem memerlukan perawatan dan perbaikan untuk mempertahankan performa (kinerja) dari semua peralatan yang ada pada suatu sistem dalam kondisi maksimal saat beroperasi.

Asumsi : Biaya maintenance sistem diperkirakan 1 % dari biaya investasi untuk tahun pertama (Hennecke, 1997).

Kenaikan biaya maintenance sesuai dengan tingkat inflasi 6.81 %.

Berdasarkan informasi yang didapat dari gedung yang menggunakan sistem Blower yang sama, dengan besarnya biaya perawatan dan reparasi peralatan Blower dapat terlihat pada tabel 5.17 .

Tabel 5.17 Biaya perawatan dan reparasi Blower

Peralatan	Biaya (Rp)	Perawatan		Reparasi		
		%	biaya	tahun	%	biaya
Blower	246,750,000.00	1	2,467,500.00	2.5	20	49,350,000.00
Ducting	1,071,370,260.00	0.5	5,356,851.30	7.5	3	32,141,107.80
Diffuser	194,040,000.00	0.7	1,358,280.00	5	10	19,404,000.00
Grille	59,940,000.00	0.7	419,580.00	5	10	5,994,000.00

Setelah didapat besarnya biaya perawatan dan reparasi pada umur ketika alat tersebut memerlukan perawatan dan reparasi seperti pada tabel diatas, Selanjutnya dihitung besarnya present value dengan memasukkan nilai F ($P = P/F, i, n$) dengan $i = \text{MARR}$.

5.3.2.4. LCC Nilai Sisa

Suatu sistem pada akhir umur efektifnya mempunyai nilai sisa baik itu karena masih dapat digunakan ataupun karena masih dapat diolah kembali. Pada studi kali ini diasumsikan terjadi depresiasi pertahun sehingga nilai sisa peralatan pada umur efektifnya sama dengan nol.

Nilai sisa pada akhir umur investasi gedung terjadi karena peralatan dianggap masih mempunyai nilai akibat umur efektifnya belum habis. Besarnya nilai sisa pada akhir umur investasi dihitung dari depresiasi biaya terakhir kali dilakukannya replacement seperti terlihat pada tabel 5.18 .

Tabel 5.18 Nilai sisa peralatan Blower pada akhir usia

Peralatan	Umur (tahun)	Replacement		Nilai sisa	
		tahun ke-	(Rp)	tahun ke-	(Rp)
Blower	10	20	921,500,261.22	25	460,750,130.61
Ducting	-	-	1,071,370,260.00	25	-
Diffuser	10	20	724,652,120.31	25	362,326,060.16
Grille	10	20	223,848,938.84	25	111,924,469.42

Setelah didapat besarnya nilai sisa pada akhir umur investasi gedung seperti pada tabel diatas, Selanjutnya dihitung besarnya present value dengan memasukkan nilai F ($P = P/F, i, n$) dengan $i = \text{MARR}$.

5.3.2.5. Tabel LCC

Dari keempat jenis biaya diatas selanjutnya dilakukan penabelan hasil perhitungan LCC peralatan Blower. Tabel yang ada terdiri atas tabel perhitungan biaya

total (Tabel 5.19 - 5.20), tabel perhitungan present value (Tabel 5.21 - 5.24) dan perhitungan present value total sistem Blower (Tabel 5.25).

Tabel perhitungan biaya total berisikan besarnya biaya baik itu biaya investasi, replacement tahun ke-n, operasional, perawatan dan reparasi yang terjadi ketika masing-masing peralatan AC terkena masing-masing biaya tersebut. Sebagai contoh pada tabel 5.19 tertulis pada tahun ke-10 besarnya biaya replacement kondensor sebesar Rp. 476,843,988.59 meningkat dari investasi awal Rp. 246,750,000.00 seperti yang telah dihitung pada subbab 5.3.2.1. karena adanya inflasi 6.81 %. Begitu juga halnya dengan biaya lain yang terjadi pada perhitungan LCC_{AC} yang disesuaikan dengan jenis dan kapan biaya tersebut terjadi.

Tabel perhitungan present value sistem AC merupakan perhitungan present value dari masing-masing biaya yang disesuaikan dengan besarnya MARR dan tahun dimana biaya tersebut terjadi. Sebagai contoh pada tabel 5.21 present value (PV) biaya replacement kondensor pada tahun ke-10 dengan MARR 8 % sebesar Rp. 220,871,030.35 dihitung dengan memasukkan nilai F (biaya replacement kondensor pada tahun ke-10 sebesar Rp. 476,843,988.59) kedalam rumus $P = F / (1 + i)^n$ dengan $i = MARR$. Dengan cara yang sama pula dihitung semua biaya replacement yang terjadi berdasarkan tahun dilakukannya replacement sehingga dapat dihitung total PV replacement kondensor selama 25 tahun masa investasi gedung sebesar Rp. 418,577,259.52. Besarnya present value dari masing-masing jenis biaya dapat dihitung disesuaikan dengan tahun ketika biaya tersebut terjadi.

Tabel perhitungan present value total sistem AC merupakan penjumlahan PV total dari masing-masing jenis biaya dari masing-masing peralatan hingga didapat total Present Value sistem AC seperti yang terlihat pada tabel 5.25 sebesar Rp. 6,499,591,341.94

Tabel 5.19 Perhitungan biaya total Blower dan Ducting Blower

Blower (umur 10 Tahun)						Ducting Blower (umur 15 Tahun)					
Biaya (Rupiah)						Biaya (Rupiah)					
Investasi	Replacement	Operasi	Perawatan	Reparasi	Nilai Sisa	Investasi	Replacement	Operasi	Perawatan	Reparasi	Nilai Sisa
246,750,000.00	-	0.00	0.00	-	-	1,071,370,260.00	-	-	0.00	-	-
-	-	335,967,983.34	2,467,500.00	-	-	-	-	-	5,356,851.30	-	-
-	-	335,967,983.34	2,635,536.75	-	-	-	-	-	5,721,652.87	-	-
-	-	342,687,343.01	2,815,016.80	-	-	-	-	-	6,111,297.43	-	-
-	-	342,687,343.01	3,006,719.45	-	-	-	-	-	6,527,476.79	-	-
-	-	349,541,089.87	3,211,477.04	49,350,000.00	-	-	-	-	6,971,997.96	-	-
-	-	349,541,089.87	3,430,178.63	-	-	-	-	-	7,446,791.02	-	-
-	-	356,531,911.66	3,663,773.79	-	-	-	-	-	7,953,917.49	-	-
-	-	356,531,911.66	3,913,276.79	-	-	-	-	-	8,495,579.27	-	-
-	-	363,662,549.90	4,179,770.94	-	-	-	-	-	9,074,128.22	-	-
-	476,843,988.59	363,662,549.90	0.00	-	-	-	-	-	9,692,076.35	32,141,107.80	-
-	-	370,935,800.90	4,768,439.89	-	-	-	-	-	10,352,106.75	-	-
-	-	370,935,800.90	5,093,170.64	-	-	-	-	-	11,057,085.22	-	-
-	-	378,354,516.91	5,440,015.56	-	-	-	-	-	11,810,072.72	-	-
-	-	378,354,516.91	5,810,480.62	-	-	-	-	-	12,614,338.67	-	-
-	-	385,921,607.25	6,206,174.35	95,368,797.72	-	-	-	-	13,473,375.14	-	-
-	-	385,921,607.25	6,628,814.83	-	-	-	-	-	14,390,911.98	-	-
-	-	393,640,039.40	7,080,237.12	-	-	-	-	-	15,370,933.09	-	-
-	-	393,640,039.40	7,562,401.26	-	-	-	-	-	16,417,693.63	-	-
-	-	401,512,840.18	8,077,400.79	-	-	-	-	-	17,535,738.57	-	-
-	921,500,261.22	401,512,840.18	0.00	-	-	-	-	-	18,729,922.37	120,032,580.48	-
-	-	409,543,096.99	9,215,002.61	-	-	-	-	-	20,005,430.08	-	-
-	-	409,543,096.99	9,842,544.29	-	-	-	-	-	21,367,799.87	-	-
-	-	417,733,958.93	10,512,821.56	-	-	-	-	-	22,822,947.04	-	-
-	-	417,733,958.93	11,228,744.70	-	-	-	-	-	24,377,189.73	-	-
-	-	426,088,638.11	11,993,422.22	-	(460,750,130.61)	-	-	-	26,037,276.35	-	-

Tabel 5.20 Perhitungan biaya total Diffuser dan Grille

Bulan ke	Diffuser (umur 10 Tahun)						Grille (umur 10 Tahun)					
	Biaya (Rupiah)						Biaya (Rupiah)					
	Investasi	Replacement	Operasi	Perawatan	Reparasi	Nilai Sisa	Investasi	Replacement	Operasi	Perawatan	Reparasi	Nilai Sisa
0	194,040,000.00	-	-	0.00	-	-	59,940,000.00	-	-	0.00	-	-
1	-	-	-	1,358,280.00	-	-	-	-	-	419,580.00	-	-
2	-	-	-	1,450,778.87	-	-	-	-	-	448,153.40	-	-
3	-	-	-	1,549,576.91	-	-	-	-	-	478,672.64	-	-
4	-	-	-	1,655,103.10	-	-	-	-	-	511,270.25	-	-
5	-	-	-	1,767,815.62	19,404,000.00	-	-	-	-	546,087.76	5,994,000.00	-
6	-	-	-	1,888,203.86	-	-	-	-	-	583,276.33	-	-
7	-	-	-	2,016,790.54	-	-	-	-	-	622,997.45	-	-
8	-	-	-	2,154,133.98	-	-	-	-	-	665,423.58	-	-
9	-	-	-	2,300,830.50	-	-	-	-	-	710,738.92	-	-
10	-	374,981,996.14	-	0.00	-	-	-	115,833,956.13	-	0.00	-	-
11	-	-	-	3,749,819.96	-	-	-	-	-	1,158,339.56	-	-
12	-	-	-	4,005,182.70	-	-	-	-	-	1,237,222.49	-	-
13	-	-	-	4,277,935.64	-	-	-	-	-	1,321,477.34	-	-
14	-	-	-	4,569,263.06	-	-	-	-	-	1,411,469.94	-	-
15	-	-	-	4,880,429.87	37,498,199.61	-	-	-	-	1,507,591.05	11,583,395.61	-
16	-	-	-	5,212,787.15	-	-	-	-	-	1,610,258.00	-	-
17	-	-	-	5,567,777.95	-	-	-	-	-	1,719,916.57	-	-
18	-	-	-	5,946,943.63	-	-	-	-	-	1,837,042.88	-	-
19	-	-	-	6,351,930.49	-	-	-	-	-	1,962,145.50	-	-
20	-	724,652,120.31	-	0.00	-	-	-	223,848,938.84	-	0.00	-	-
21	-	-	-	7,246,521.20	-	-	-	-	-	2,238,489.39	-	-
22	-	-	-	7,740,009.30	-	-	-	-	-	2,390,930.52	-	-
23	-	-	-	8,267,103.93	-	-	-	-	-	2,553,752.88	-	-
24	-	-	-	8,830,093.71	-	-	-	-	-	2,727,663.46	-	-
25	-	-	-	9,431,423.09	-	(362,326,060.16)	-	-	-	2,913,417.34	-	(111,924,469.42)

Tabel 5.21 Present value Blower

Peralatan		Blower (umur 10 Tahun)					
Tahun ke	Discount	Biaya (Rupiah)					
	Rate	PV Investasi	PV Replacement	PV Operasi	PV Perawatan	PV Reparasi	PV Nilai Sisa
0	8%	246,750,000.00	-	0.00	0.00	-	-
1	8%	-	-	311,081,466.06	2,284,722.22	-	-
2	8%	-	-	288,038,394.50	2,259,547.97	-	-
3	8%	-	-	272,036,261.47	2,234,651.10	-	-
4	8%	-	-	251,885,427.29	2,210,028.55	-	-
5	8%	-	-	237,891,792.44	2,185,677.31	33,586,780.77	-
6	8%	-	-	220,270,178.18	2,161,594.39	-	-
7	8%	-	-	208,032,946.06	2,137,776.82	-	-
8	8%	-	-	192,623,098.20	2,114,221.68	-	-
9	8%	-	-	181,921,814.97	2,090,926.09	-	-
10	8%	-	220,871,030.35	168,446,124.97	0.00	-	-
11	8%	-	-	159,088,006.92	2,045,102.13	-	-
12	8%	-	-	147,303,710.11	2,022,568.14	-	-
13	8%	-	-	139,120,170.66	2,000,282.43	-	-
14	8%	-	-	128,814,972.83	1,978,242.28	-	-
15	8%	-	-	121,658,585.45	1,956,444.98	30,064,222.39	-
16	8%	-	-	112,646,838.38	1,934,887.86	-	-
17	8%	-	-	106,388,680.69	1,913,568.26	-	-
18	8%	-	-	98,508,037.68	1,892,483.57	-	-
19	8%	-	-	93,035,368.92	1,871,631.21	-	-
20	8%	-	197,706,229.17	86,143,860.11	0.00	-	-
21	8%	-	-	81,358,090.11	1,830,613.23	-	-
22	8%	-	-	75,331,564.91	1,810,442.59	-	-
23	8%	-	-	71,146,477.97	1,790,494.19	-	-
24	8%	-	-	65,876,368.49	1,770,765.60	-	-
25	8%	-	-	62,216,570.24	1,751,254.39	-	(67,277,768.76)
Jumlah		246,750,000.00	418,577,259.52	3,880,864,807.62	46,247,927.00	63,651,003.17	(67,277,768.76)

Tabel 5.22 Present value Ducting Blower

Peralatan		Ducting Blower (umur 15 Tahun)					
Tahun ke	Discount	Biaya (Rupiah)					
	Rate	PV Investasi	PV Replacement	PV Operasi	PV Perawatan	PV Reparasi	PV Nilai Sisa
0	8%	1,071,370,260.00	-	-	0.00	-	-
1	8%	-	-	-	4,960,047.50	-	-
2	8%	-	-	-	4,905,395.12	-	-
3	8%	-	-	-	4,851,344.94	-	-
4	8%	-	-	-	4,797,890.30	-	-
5	8%	-	-	-	4,745,024.66	-	-
6	8%	-	-	-	4,692,741.52	-	-
7	8%	-	-	-	4,641,034.46	-	-
8	8%	-	-	-	4,589,897.13	-	-
9	8%	-	-	-	4,539,323.27	-	-
10	8%	-	-	-	4,489,306.65	14,887,551.83	-
11	8%	-	-	-	4,439,841.14	-	-
12	8%	-	-	-	4,390,920.67	-	-
13	8%	-	-	-	4,342,539.23	-	-
14	8%	-	-	-	4,294,690.88	-	-
15	8%	-	-	-	4,247,369.75	-	-
16	8%	-	-	-	4,200,570.03	-	-
17	8%	-	-	-	4,154,285.97	-	-
18	8%	-	-	-	4,108,511.89	-	-
19	8%	-	-	-	4,063,242.18	-	-
20	8%	-	-	-	4,018,471.27	25,752,774.97	-
21	8%	-	-	-	3,974,193.67	-	-
22	8%	-	-	-	3,930,403.94	-	-
23	8%	-	-	-	3,887,096.71	-	-
24	8%	-	-	-	3,844,266.67	-	-
25	8%	-	-	-	3,801,908.54	-	-
Jumlah		1,071,370,260.00	0.00	0.00	108,910,318.10	40,640,326.81	0.00

Tabel 5.23 Present value Diffuser

Peralatan		Diffuser (umur 10 Tahun)					
Tahun ke	Discount	Biaya (Rupiah)					
	Rate	PV Investasi	PV Replacement	PV Operasi	PV Perawatan	PV Reparasi	PV Nilai Sisa
0	8%	194,040,000.00	-	-	0.00	-	-
1	8%	-	-	-	1,257,666.67	-	-
2	8%	-	-	-	1,243,809.04	-	-
3	8%	-	-	-	1,230,104.11	-	-
4	8%	-	-	-	1,216,550.19	-	-
5	8%	-	-	-	1,203,145.60	13,206,036.36	-
6	8%	-	-	-	1,189,888.72	-	-
7	8%	-	-	-	1,176,777.91	-	-
8	8%	-	-	-	1,163,811.56	-	-
9	8%	-	-	-	1,150,988.08	-	-
10	8%	-	173,689,218.76	-	0.00	-	-
11	8%	-	-	-	1,608,233.51	-	-
12	8%	-	-	-	1,590,513.16	-	-
13	8%	-	-	-	1,572,988.06	-	-
14	8%	-	-	-	1,555,656.06	-	-
15	8%	-	-	-	1,538,515.03	11,820,996.38	-
16	8%	-	-	-	1,521,562.88	-	-
17	8%	-	-	-	1,504,797.51	-	-
18	8%	-	-	-	1,488,216.87	-	-
19	8%	-	-	-	1,471,818.93	-	-
20	8%	-	155,472,813.40	-	0.00	-	-
21	8%	-	-	-	1,439,563.09	-	-
22	8%	-	-	-	1,423,701.23	-	-
23	8%	-	-	-	1,408,014.16	-	-
24	8%	-	-	-	1,392,499.93	-	-
25	8%	-	-	-	1,377,156.64	-	(52,906,092.20)
Jumlah		194,040,000.00	329,162,032.16	0.00	31,725,978.93	25,027,032.73	(52,906,092.20)

Tabel 5.24 Present value Grille

Peralatan		Grille (umur 10 Tahun)					
Tahun ke	Discount	Biaya (Rupiah)					
	Rate	PV Investasi	PV Replacement	PV Operasi	PV Perawatan	PV Reparasi	PV Nilai Sisa
0	8%	59,940,000.00	-	-	0.00	-	-
1	8%	-	-	-	388,500.00	-	-
2	8%	-	-	-	384,219.31	-	-
3	8%	-	-	-	379,985.78	-	-
4	8%	-	-	-	375,798.90	-	-
5	8%	-	-	-	371,658.15	4,079,415.68	-
6	8%	-	-	-	367,563.03	-	-
7	8%	-	-	-	363,513.03	-	-
8	8%	-	-	-	359,507.65	-	-
9	8%	-	-	-	355,546.41	-	-
10	8%	-	53,653,534.18	-	0.00	-	-
11	8%	-	-	-	496,791.98	-	-
12	8%	-	-	-	491,318.07	-	-
13	8%	-	-	-	485,904.47	-	-
14	8%	-	-	-	480,550.53	-	-
15	8%	-	-	-	475,255.57	3,651,569.38	-
16	8%	-	-	-	470,018.96	-	-
17	8%	-	-	-	464,840.05	-	-
18	8%	-	-	-	459,718.20	-	-
19	8%	-	-	-	454,652.78	-	-
20	8%	-	48,026,388.56	-	0.00	-	-
21	8%	-	-	-	444,688.78	-	-
22	8%	-	-	-	439,788.97	-	-
23	8%	-	-	-	434,943.15	-	-
24	8%	-	-	-	430,150.72	-	-
25	8%	-	-	-	425,411.10	-	(16,342,976.53)
Jumlah		59,940,000.00	101,679,922.74	0.00	9,800,325.59	7,730,985.07	(16,342,976.53)

Tabel 5.25 Perhitungan Present Value Total Sistem Blower

Peralatan	PV (Rupiah)						PV Total
	Investasi	Replacement	Operasi	Perawatan	Reparasi	Nilai Sisa	
1 Blower	246,750,000.00	418,577,259.52	3,880,864,807.62	46,247,927.00	63,651,003.17	(67,277,768.76)	4,588,813,228.55
2 Ducting Blower	1,071,370,260.00	0.00	0.00	108,910,318.10	40,640,326.81	0.00	1,220,920,904.91
3 Diffuser	194,040,000.00	329,162,032.16	0.00	31,725,978.93	25,027,032.73	(52,906,092.20)	527,048,951.63
4 Grille	59,940,000.00	101,679,922.74	0.00	9,800,325.59	7,730,985.07	(16,342,976.53)	162,808,256.86
							6,499,591,341.94

5.4. Pemilihan Sistem

Dari hasil perhitungan sebelumnya dapat dilakukan pengambilan keputusan untuk memilih blower sebagai sistem penyegaran udara yang lebih baik diterapkan pada gedung berdasarkan analisa life cycle cost yang dilakukan pada sub bab sebelumnya selama umur investasi gedung.

5.5. Analisa Sensitivitas

Untuk mengetahui seberapa sensitif suatu keputusan terhadap perubahan faktor-faktor atau parameter-parameter yang mempengaruhinya maka setiap keputusan pada ekonomi teknik hendaknya disertai dengan analisa sensitivitas. Analisa ini akan memberikan gambaran sejauh mana suatu keputusan akan cukup kuat berhadapan dengan perubahan faktor-faktor atau parameter-parameter yang mempengaruhinya.

Analisa sensitivitas dilakukan dengan mengubah nilai dari suatu parameter pada suatu saat untuk selanjutnya dilihat bagaimana pengaruhnya terhadap akseptabilitas suatu alternatif investasi. Parameter-parameter yang biasanya berubah dan perubahannya bisa mempengaruhi keputusan-keputusan dalam studi ekonomi teknik adalah investasi, aliran kas, nilai sisa, tingkat pajak, dan sebagainya.

Pada studi life cycle cost ini parameter yang di ubah adalah kenaikan tarif dasar listrik yang diasumsikan terjadi setiap 2 tahun. Seperti terlihat pada gambar 5.1. ketika terjadi perubahan kenaikan tarif dasar listrik tiap 2 tahun dari 2 % menjadi 4 % sistem AC masih lebih mahal, tetapi besarnya selisih biaya antara keduanya semakin mengecil. Baru ketika kenaikan tarif dasar listrik mencapai 13 % biaya sistem blower lebih besar dari biaya sistem AC dengan selisih biaya terus meningkat untuk kenaikan tarif dasar listrik yang lebih tinggi.

Gambar 5.1. Sensitivitas Berdasarkan Kenaikan Tarif Dasar Listrik tiap tahun



LCC AC kenaikan tarif	2 %	7,624,558,968.03
LCC AC kenaikan tarif	4 %	7,810,487,640.16
LCC AC kenaikan tarif	6 %	8,019,343,672.71
LCC AC kenaikan tarif	8 %	8,254,203,047.77
LCC AC kenaikan tarif	10 %	8,518,546,051.00
LCC AC kenaikan tarif	12 %	8,816,306,573.07
LCC AC kenaikan tarif	14 %	9,151,926,783.51
LCC AC kenaikan tarif	16 %	9,530,417,683.29
LCC AC kenaikan tarif	18 %	9,957,426,081.77

LCC Blower kenaikan tarif	2 %	6,499,591,341.94
LCC Blower kenaikan tarif	4 %	6,829,988,814.21
LCC Blower kenaikan tarif	6 %	7,201,128,479.91
LCC Blower kenaikan tarif	8 %	7,618,476,396.00
LCC Blower kenaikan tarif	10 %	8,088,217,071.70
LCC Blower kenaikan tarif	12 %	8,617,341,077.71
LCC Blower kenaikan tarif	14 %	9,213,742,202.41
LCC Blower kenaikan tarif	16 %	9,886,325,054.35
LCC Blower kenaikan tarif	18 %	10,645,124,081.28



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan Life Cycle Cost antara sistem AC dan Blower yang didapat selama pengerjaan Tugas Akhir, dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Dari hasil perhitungan pada Bab IV – Data Sistem AC dan Perencanaan Blower Gedung, didapat beban kalor yang terjadi sebesar 32,922.93 kcal/hr sedangkan tipe AC yang digunakan 2 x YICA 125 mempunyai Cooling Capacity 63,600 kcal/hr, sehingga tipe AC yang digunakan diganti dengan tipe yang sesuai dengan beban kalor yang terjadi.
2. Dari hasil perhitungan Life Cycle Cost selama umur investasi gedung dengan asumsi kenaikan tarif dasar listrik 2 % per-2 tahun didapat biaya siklus hidup sistem AC sebesar Rp. 7,624,558,968.03 , sedangkan untuk sistem Blower sebesar Rp. 6,499,591,341.94 (85.25 %).
3. Dari hasil perhitungan dapat diambil keputusan untuk memilih blower sebagai sistem penyegaran udara yang lebih baik diterapkan pada gedung berdasarkan analisa life cycle cost yang dilakukan selama umur investasi gedung.
4. Dari hasil analisa sensitivitas didapat dengan perubahan tarif dasar listrik sampai dengan 12 % sistem Blower masih mempunyai biaya siklus hidup yang lebih kecil.

6.2. Saran

Penulisan menyadari penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna akibat keterbatasan waktu, kemampuan dan pengetahuan penulis sehingga penulis menyarankan:

1. Perhitungan biaya replacement menggunakan tingkat inflasi yang tidak tetap.
2. Membandingkan antara sistem AC sentral dengan sistem AC lain.

Dan harapan lebih lanjut, akan ada mahasiswa atau mahasiswi yang dapat menyempurnakan penulisan Tugas Akhir ini dengan lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar W. dan Saito H. , 1986, *Penyegaran Udara*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Bull, J. W. , 1993, *Life Cycle Costing for Construction*, Blackie Academic & Professional, Great Britain.
- Chadderton, D. V. , 1993, *Air Conditioning a Practical Introduction*, Chapman and Hall, Great Britain.
- DeGarmo, E. P. , 1999, *Ekonomi Teknik*, Jakarta, PT. Prenhallindo.
- Fabricky, W. J. and Benjamin S. B. , 1995, *Life Cycle Cost and Economics Analysis*, Pentice Hall, New Jersey.
- Hennecke, W. and Freidrich, 1997, *LCC of Pumps in Chemical Industry*.
- Kelly, J. and Male, S. , 1993, *Value Management in Design and Construstion*, E&FN, London.
- Kirk, S. J. and Dell'Isola, A. J. , 1995, *Life Cycle Costing for Design Professionals*, McGraw-Hill Inc, New York
- Pujawan, I N. , 2004, *Ekonomi Teknik*, Surabaya, Guna Widya, Surabaya.
- Soeharto, I. , 1995, *Manajemen Proyek dari Konsepsi Sampai Operasional*, Erlangga, Jakarta.
- Stoecker and Jones, 1996, *Refrigerasi dan pengkondisian udara*, Erlangga.



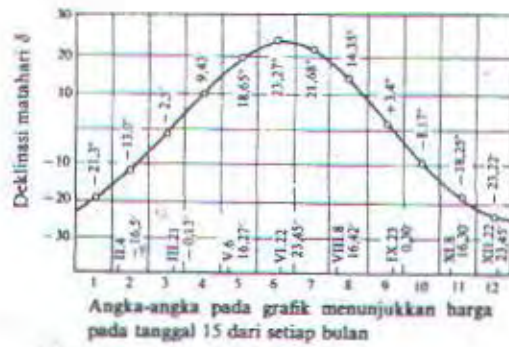
LAMPIRAN

Tabel 3.10 Hambatan kalor permukaan R_s

Bagian luar	R_{s0}	0,05	$m^2 \text{jam}^0 \text{C/kcal}$
Bagian dalam	R_{si} biasa	0,125	"

Table 40

Each adult produces per hour	Carbon dioxide, litres h	Heat, Kcal/h	Vapour, g/h
At hard physical work.....	45	150	130
At quiet work.....	23	100	75
At rest.....	23	75	70
At sleep.....	23	75	40
Each child up to 12 years of age Produces.....	12	50	23



Gbr. 3.8 Deklinasi matahari.

Table 1. Nilai-nilai in Dulu

Age Group (Year)	Value (Dulu)
2000-1.000	1.000 (1.000)
1.000-2.000	1.700
2.000-3.000	1.850
3.000-4.000	2.000
4.000-5.000	2.250
5.000-6.000	2.500 (1.750)

Tabel 3.14 Faktor absorpsi radiasi matahari α dari dinding.*

Warna	Contoh	α
Gelap	Hitam, aspal	0,9
Sedang	Hijau muda, biru muda, kelabu, permukaan beton	0,7
Terang	Putih, krem	0,5

*Data from the Society of Heating, Air Conditioning & Sanitary Engineers of Japan.

Tabel 3.5 Sifat-sifat Udara pada Tekanan Atmosferik*

Nilai ρ , k , c_p , dan Pr tidak terlalu bergantung pada tekanan dan dapat digunakan untuk rentang tekanan yang cukup luas.

t , K	ρ kg/m ³	ρ_0 kg/m ³	μ kg/m s	ν m ² /s	k W/m K	c_p J/kg K	Pr
100	0,6010	1,0216	0,6924	1,1521	0,046246	0,92501	0,779
120	0,5675	1,0099	1,0283	1,4743	0,045703	0,91745	0,759
140	0,5384	1,0061	1,3299	2,4691	0,045209	0,91165	0,739
160	0,5128	1,0055	1,5990	3,111	0,044757	0,90675	0,722
180	0,4905	1,0057	1,8462	3,762	0,044344	0,90260	0,708
200	0,4706	1,0060	2,071	4,4076	0,043967	0,89915	0,697
220	0,4526	1,0063	2,276	5,050	0,043627	0,89630	0,689
240	0,4361	1,0067	2,464	5,681	0,043323	0,89400	0,683
260	0,4208	1,0071	2,637	6,301	0,043045	0,89220	0,678
280	0,4065	1,0075	2,796	6,911	0,042791	0,89080	0,674
300	0,3930	1,0079	2,942	7,511	0,042561	0,88980	0,671
320	0,3802	1,0083	3,077	8,101	0,042354	0,88910	0,668
340	0,3680	1,0087	3,202	8,681	0,042169	0,88860	0,666
360	0,3563	1,0091	3,318	9,251	0,041994	0,88820	0,664
380	0,3450	1,0095	3,425	9,811	0,041830	0,88790	0,662
400	0,3341	1,0099	3,524	10,361	0,041676	0,88770	0,660
420	0,3236	1,0103	3,616	10,901	0,041532	0,88760	0,659
440	0,3134	1,0107	3,702	11,431	0,041397	0,88760	0,658
460	0,3035	1,0111	3,782	11,951	0,041271	0,88760	0,657
480	0,2938	1,0115	3,857	12,461	0,041154	0,88760	0,656
500	0,2843	1,0119	3,927	12,961	0,041046	0,88760	0,655
520	0,2750	1,0123	3,993	13,451	0,040946	0,88760	0,654
540	0,2658	1,0127	4,055	13,931	0,040854	0,88760	0,653
560	0,2568	1,0131	4,113	14,401	0,040769	0,88760	0,652
580	0,2479	1,0135	4,167	14,861	0,040691	0,88760	0,651
600	0,2392	1,0139	4,218	15,311	0,040619	0,88760	0,650
620	0,2306	1,0143	4,266	15,751	0,040553	0,88760	0,649
640	0,2222	1,0147	4,311	16,181	0,040493	0,88760	0,648
660	0,2139	1,0151	4,353	16,601	0,040439	0,88760	0,647
680	0,2057	1,0155	4,393	17,011	0,040389	0,88760	0,646
700	0,1976	1,0159	4,431	17,411	0,040343	0,88760	0,645
720	0,1896	1,0163	4,467	17,801	0,040301	0,88760	0,644
740	0,1817	1,0167	4,501	18,181	0,040262	0,88760	0,643
760	0,1739	1,0171	4,533	18,551	0,040226	0,88760	0,642
780	0,1662	1,0175	4,563	18,911	0,040193	0,88760	0,641
800	0,1586	1,0179	4,591	19,261	0,040163	0,88760	0,640
820	0,1511	1,0183	4,617	19,601	0,040135	0,88760	0,639
840	0,1437	1,0187	4,641	19,931	0,040109	0,88760	0,638
860	0,1364	1,0191	4,663	20,251	0,040085	0,88760	0,637
880	0,1292	1,0195	4,683	20,561	0,040063	0,88760	0,636
900	0,1221	1,0199	4,701	20,861	0,040043	0,88760	0,635
920	0,1151	1,0203	4,717	21,151	0,040024	0,88760	0,634
940	0,1082	1,0207	4,731	21,431	0,040006	0,88760	0,633
960	0,1014	1,0211	4,743	21,701	0,039989	0,88760	0,632
980	0,0947	1,0215	4,753	21,961	0,039973	0,88760	0,631
1000	0,0881	1,0219	4,761	22,211	0,039958	0,88760	0,630

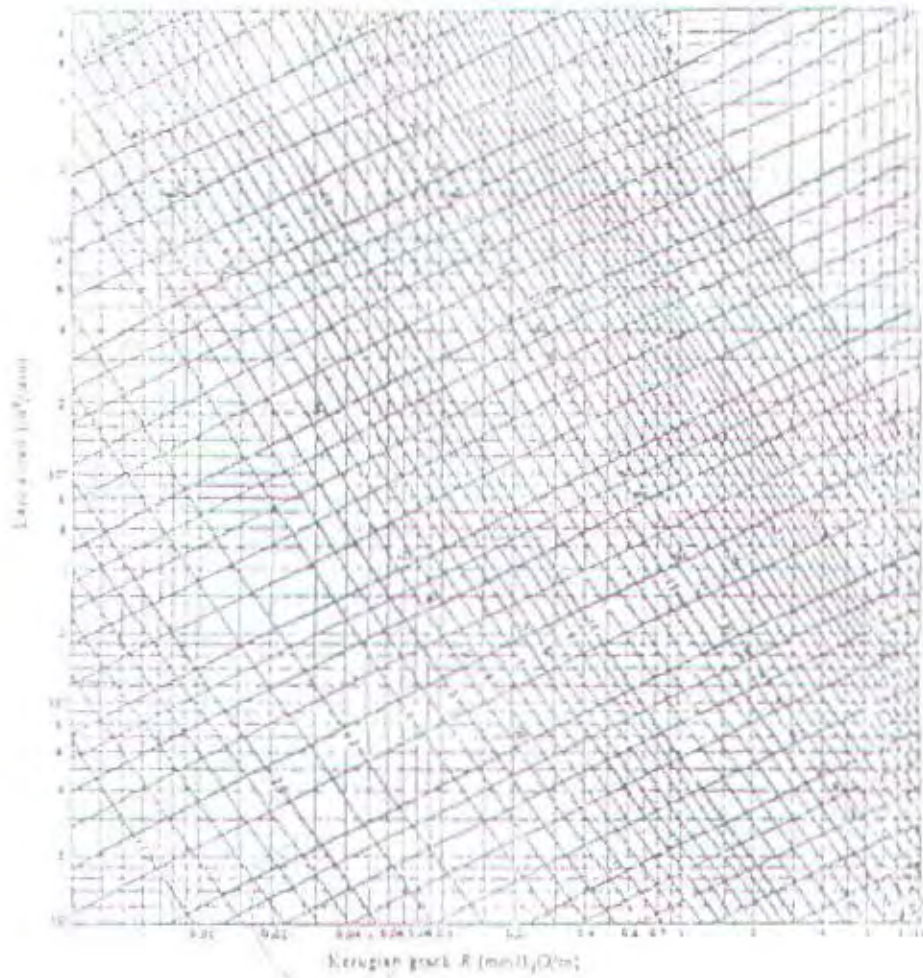
*Data from the Society of Heating, Air Conditioning & Sanitary Engineers of Japan.

Space to be ventilated	No. air changes per hour	No. of Min. per air change
Auditorium	12	5
Bakeries	20	3
Banquet Halls	20	3
Boiler Rooms	60	1
Bowling Alleys	12	5
Cafeterias	12	5
Class Rooms	10	6
Engine Rooms	30	2
General Factories	10	6
Foundries	12	5
Garages	10	6
Kitchens	30	2
Laboratories	12	5
Laundries	20	3
Machine Shop	10	6

Tabel kebutuhan sirkulasi udara

Table 28

Tempera- ture, °C	Density, kg/m ³	Absolute humidity, g/m ³	Vapour pressure, mmHg	Tempera- ture, °C	Density, kg/m ³	Absolute humidity, g/m ³	Vapour pressure, mmHg
-25	1,424	0,64	0,549	+13	1,235	17,32	11,162
-24	1,426	0,71	0,603	+14	1,236	17,63	11,998
-23	1,428	0,78	0,740	+16	1,222	17,57	12,536
-21	1,431	0,95	0,825	+17	1,217	18,43	14,421
-20	1,285	1,05	0,910	+18	1,213	19,31	15,307
-19	1,386	1,15	1,000	+19	1,209	19,25	16,346
-18	1,384	1,25	1,090	+20	1,205	17,22	17,391
-17	1,379	1,35	1,190	+21	1,201	18,25	18,495
-16	1,374	1,46	1,290	+22	1,197	19,33	19,659
-15	1,368	1,58	1,400	+23	1,193	20,48	20,888
-14	1,363	1,70	1,520	+24	1,189	21,68	22,184
-13	1,358	1,83	1,635	+25	1,185	22,93	23,550
-12	1,353	1,98	1,760	+26	1,181	24,24	24,988
-11	1,347	2,14	1,900	+27	1,177	25,64	26,505
-10	1,342	2,31	2,050	+28	1,173	27,09	28,101
-9	1,337	2,48	2,267	+29	1,169	28,62	29,782
-8	1,332	2,69	2,455	+30	1,165	30,21	31,548
-7	1,327	2,90	2,656	+31	1,161	31,89	33,406
-6	1,322	3,13	2,870	+32	1,157	33,64	35,350
-5	1,317	3,37	3,113	+33	1,154	35,48	37,411
-4	1,312	3,64	3,388	+34	1,149	37,40	39,565
-3	1,308	3,92	3,694	+35	1,146	39,41	41,827
-2	1,303	4,22	3,991	+36	1,142	41,51	44,201
-1	1,298	4,55	4,367	+37	1,139	43,71	46,691
0	1,293	4,89	4,690	+38	1,135	46,00	49,302
+1	1,278	5,23	4,940	+39	1,131	48,40	52,039
+2	1,274	5,60	5,300	+40	1,127	50,91	54,906
+3	1,270	5,98	5,687	+41	1,124	53,52	57,910
+4	1,273	6,35	6,097	+42	1,121	56,25	61,053
+5	1,270	6,82	6,538	+43	1,117	59,09	64,346
+6	1,265	7,28	6,990	+44	1,114	62,05	67,790
+7	1,261	7,76	7,492	+45	1,110	65,14	71,391
+8	1,256	8,25	8,017	+46	1,107	68,36	75,158
+9	1,252	8,82	8,574	+47	1,103	71,72	79,093
+10	1,247	9,29	9,162	+48	1,100	75,22	83,204
+11	1,243	10,01	9,797	+49	1,096	78,88	87,499
+12	1,239	10,64	10,457	+50	1,093	82,62	91,982



gambar 3.8 Kerugian gesek dalam pipa udara
berpenampang lingkar

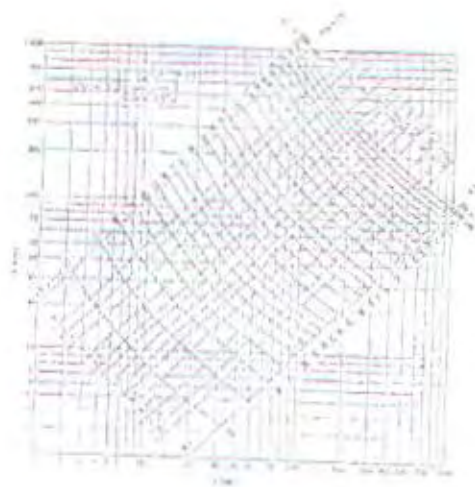


Diagram of the system architecture showing the interconnections between various components.

3-8 Diverging Wye, Rectangular



		Branch					
$K_{L,1}$	W_2/W_1	0.40	0.50	0.75	1.0	1.25	1.50
	W_3/W_1	1.0	1.1	1.4	1.7	2.1	2.5

3-10 Elbow, Converging or Diverging Flow, Rectangular



		C_2					
H_1/H_2		H_1/H_2					
W_2/W_1	0.6	0.2	0.7	1.1	1.6	2.0	
0.25	1.8	1.4	1.1	1.1	1.1	1.0	
1.0	1.7	1.4	1.0	0.95	0.90	0.84	
4.0	1.5	1.1	0.81	0.75	0.72	0.66	
w	1.5	1.0	0.69	0.63	0.60	0.55	

PHYSICAL DATA

MODEL	No. x UNIT	1 x 3AC ¹ VM1-060	1 x 3AC ¹ VM1-075	1 x 3AC ¹ VM1-100	1 x 3AC ¹ VM1-125	2 x 3AC ¹ VM1-075	2 x 3AC ¹ VM1-100	2 x 3AC ¹ VM1-125	3 x 3AC ¹ VM1-100	2 x 3AC ¹ VM1-125 + 1 x 3AC ¹ VM1-100	4 x 3AC ¹ VM1-100	4 x 3AC ¹ VM1-125	4 x 3AC ¹ VM1-150			
	INDOOR	YDX 060	YDX 075	YDX 100	YDX 125	YDX 150	YDX 200	YDX 250	YDX 300	YDX 350	YDX 400	YDX 500	YDX 600			
AIR FLOW	CFM	2,000	2,500	3,150	4,000	4,600	6,400	8,000	9,600	10,500	12,000	15,000	20,000			
	m ³ /h	3,398	4,750	5,355	6,800	7,820	10,880	13,600	16,320	17,850	20,400	25,500	34,000			
COOLING CAPACITY	Btu/h	60,000	80,000	103,000	123,000	150,000	202,000	252,000	314,000	350,000	400,000	500,000	600,000			
	kcal/h	15,120	20,790	26,000	31,260	37,800	51,010	63,600	79,200	88,300	101,000	126,200	151,500			
UKURAN PIPA LIQUID - SUCTION	Inch	5/8 - 1 1/8														
	mm	15.9 - 28.6														
CONDENSER	COMPRESSOR	TYPE	SCROLL													
		POWER	V/Phz													
		No. x HP	1 x 5	1 x 8	1 x 12	1 x 12	2 x 8	2 x 10	2 x 12	3 x 10	2 x 12 + 1 x 10	4 x 10	4 x 12	4 x 15		
		LRA	Ampere	65.5	95	125	125	2 x 95	2 x 125	2 x 125	3 x 125	3 x 125	4 x 125	4 x 125	4 x 198	
	COIL	FACE AREA	Ft ²	8.68		10		2 x 8.88		2 x 10		3 x 10		4 x 10	4 x 12	4 x 15.56
		ROW				3	4	2	3	4	3	4-3	3	4	3	
		FPI	FPI	12	14	12		14		12						14
	FAN	TYPE	PROPELLER FAN													
		SIZE	mm	26												
		QUANTITY	Unit	1				2		3		4		2 x 4		
MOTOR	No. x HP	1 x 3/4				2 x 3/4		3 x 3/4		4 x 3/4		6 x 3/4				
	POWER	V/Phz														
WEIGHT	Kg	164	187	194	210	2 x 182	2 x 194	2 x 210	3 x 194	3 x 210	4 x 194	4 x 210	4 x 232			
EVAPORATOR	BLOWER	QUANTITY	UNIT	1		2		1		2						
		DIMENSION	Inch	12 x 12		15 x 15		12 x 12		18 x 18		15 x 12		18 x 18	20 x 18	
			mm	305 x 305		381 x 381		305 x 305		457 x 457		381 x 305		457 x 457		508 x 457
	MOTOR	POWER	V/Phz													
		RPM	1450													
		POWER	HP	1	2	3		5	7.5		10		15			
	COIL	FACE AREA	Ft ²	5.2	8	10.4		12	17.4		26.6	33.4		41.2		
			m ²	0.5	0.75	0.96		1.2	1.6		2.47	3.1		3.82		
		DIAM PIPA	Inch	3/8												
		ROW	ROW			4		5	4		3		4			
FPI	FPI	12														
WEIGHT	Kg	38	142	150	170	180	290	355	360	505	585	595	710			

Subject to change without notice due to engineering innovation in future.



Specialized in Technical Equipment :

Centrifugal Blower, Axial Fan, Dust Collector, Cyclone,
Hydraulic, Press, Burner, Air System, Heating System, Spare Part &
Repair

AXIAL FAN

We provide Axial Fan run by electro motor which having belt or directly. Made upon customer request on dimension, capacity, pressure. Use explosion proof electro motor or not. The maximum diameter which has been already made is 2000 mm having capacity 5300 m3/minute equipped with 250 horse power electro motor.

We balance the impeller computerized and guaranteed dynamic and static balance. Generally used for ventilation, heat remover, air supply, fume exhauster, kitchen/restaurant fume exhauster, etc.



CENTRIFUGAL BLOWER

Heavy duty centrifugal fan with single or double inlets. We design follow customer requirement and application, available with both forward and backward curve impeller. We balance the impeller dynamically and statically and guarantee best performance impeller. Designed for general purpose in all industry with capacity until 3500 m3/minute and pressure until 900 mm water column. Run by electro motor with belt drive or directly. Usually used for suction of dusty air, suction of gas/fumes, room ventilation, dust transport, air handling unit, etc.



PORTABLE FAN

Having diameter 8 inches until 16 inches and usually used for exhauster welding smoke in tank or supplying air for activity in lower ground. All might be portable, easy to move and position where needed and can be added with flexible hose to reach long distance.

NEXT



| [BLOWER](#) | [HYDRAULIC](#) | [PARTNERS](#) | [HOME](#) | [E-MAIL](#) |

Office : Hayam Wuruk Indah 3rd Floor Block B No. 22
Jl. Hayam Wuruk, Jakarta

Phone : (62-21) 626-7627, 624-3957, 624-3967, 626-3993 (Hunting)

Fax : (62-21) 624-2617

E-mail to

d-citra@indo.net.id

INDONESIA



Specialized in Technical Equipment :

Centrifugal Blower, Axial Fan, Dust Collector, Cyclone, Hydraulic, Press, Burner, Air System, Heating System, Spare Part & Repair



CYCLONE

By using well system tested which capable to separate particle from the air perfectly and combined with an excellent absorb, will be the air in your production room will be cleaner. It is common to use it for wood factory, polishing factory and factory which produce dust in their production process.



ROOF FAN

It guarantees that air in production room will be in good air circulation, so it can reduce the air temperature in your room with diameter up to 1250 mm. It is commonly used in production room, especially if it has heater machines.



TURBO FAN

TURBO FAN & FAN WHEEL

We also can design impeller in accordance with the capacity and the pressure as requested by using stuff such as mild steel, stainless steel, mangan steel, aluminium and even though galvanize.

NEXT



FAN WHEEL

| [BLOWER](#) | [HYDRAULIC](#) | [PARTNERS](#) | [HOME](#) | [E-MAIL](#) |

Office : Hayam Wuruk Indah 3rd Floor Block B No. 22
 Jl. Hayam Wuruk, Jakarta
 Phone : (62-21) 626-7627, 624-3957, 624-3967, 626-3993 (Hunting)
 Fax : (62-21) 624-2617
 E-mail to d-citra@indo.net.id
 INDONESIA



Specialized in Technical Equipment :

Centrifugal Blower, Axial Fan, Dust Collector, Cyclone, Hydraulic, Press, Burner, Air System, Heating System, Spare Part & Repair



IMPULSE JET BAG FILTER

Consist of bag filter having diameter of 4" - 8" in a big number and able to collect small dust and the bag filter will be automatically cleaned by the blowing wind from the compressor with teh pressure of 5 - 7kg/cm². All dust collected in a compartment and can be re-used when needed. The unit commonly used by rubber industry which produce carbon and gold manufacture industry.



PORTABLE DUST COLLECTOR

Easy to operate and equipped with wheels to facilitate re-moving this unit. Suitable to collect soft and small size dust in a medium scale. Equipped with flexible duct made by PVC material. The filter material which shall be to easy to clean. Commonly used for wooden dust and rubber dust or the other small size dust.



AIR DUCT

Suits to size and from the material; can be adjusted the requirment. Completed with air dumper, grill, diffuser, etc.

We can design or calculate the size for your ducting which suitable to your need of air circulation accelerate to your existing blower. Commonly used for manufactured building, basement area, car park and building having AHU.

[BACK](#)



| [BLOWER](#) | [HYDRAULIC](#) | [PARTNERS](#) | [HOME](#) | [E-MAIL](#) |

Office : Hayam Wuruk Indah 3rd Floor Block B No. 22

Jl. Hayam Wuruk, Jakarta

Phone : (62-21) 626-7627, 624-3957, 624-3967, 626-3993 (Hunting)

Fax : (62-21) 624-2617

E-mail to

d-citra@indo.net.id

INDONESIA

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Sub Jml Harga	Jumlah Harga
			(Rp)	(Rp)	(Rp)
a. Lantai 1					
- Ducting AC					
94 x 14	12.00	m1	2,649,850.00	31,798,200.00	
80 x 14	4.00	m1	2,306,350.00	9,225,400.00	
72 x 14	9.00	m1	2,110,100.00	18,990,900.00	
68 x 14	13.00	m1	2,011,000.00	26,143,000.00	
60 x 14	6.00	m1	1,815,550.00	10,893,300.00	
54 x 14	15.00	m1	1,397,200.00	20,958,000.00	
50 x 12	3.00	m1	1,267,500.00	3,802,500.00	
48 x 12	5.00	m1	1,226,600.00	6,133,000.00	
46 x 12	5.00	m1	1,185,700.00	5,928,500.00	
36 x 12	3.00	m1	981,250.00	2,943,750.00	
30 x 12	17.00	m1	736,000.00	12,512,000.00	
28 x 12	2.00	m1	701,000.00	1,402,000.00	
24 x 12	17.00	m1	630,800.00	10,720,200.00	
20 x 12	10.00	m1	560,650.00	5,606,500.00	
16 x 12	18.00	m1	490,500.00	8,829,000.00	
16 x 10	35.00	m1	455,350.00	15,937,250.00	
14 x 10	2.00	m1	420,400.00	840,800.00	
12 x 10	79.00	m1	323,550.00	25,560,450.00	
10 x 10	14.00	m1	294,100.00	4,117,400.00	
8 x 8	199.00	m1	235,250.00	46,814,750.00	
- Ducting Toilet					
12 x 12	1.00	m1	337,900.00	337,900.00	
10 x 10	1.00	m1	281,700.00	281,700.00	
10 x 6	6.00	m1	225,500.00	1,353,000.00	
6 x 8	3.00	m1	197,200.00	591,600.00	
6 x 6	12.00	m1	168,950.00	2,027,400.00	273,748,500.00
b. Lantai 2					
- Ducting AC					
96 x 14	4.00	m1	2,649,850.00	10,599,400.00	
90 x 14	12.00	m1	2,551,750.00	30,621,000.00	
86 x 14	7.00	m1	2,453,650.00	17,175,550.00	
68 x 14	13.00	m1	2,011,000.00	26,143,000.00	
54 x 14	12.00	m1	1,397,200.00	16,766,400.00	
50 x 12	6.00	m1	1,267,500.00	7,605,000.00	
42 x 12	3.00	m1	1,104,100.00	3,312,300.00	
36 x 12	5.00	m1	981,450.00	4,907,250.00	
28 x 12	21.00	m1	701,000.00	14,721,000.00	
24 x 12	30.00	m1	630,600.00	18,918,000.00	
20 x 12	11.00	m1	560,650.00	6,167,150.00	
16 x 12	2.00	m1	490,500.00	981,000.00	
16 x 10	26.00	m1	455,350.00	11,839,100.00	
12 x 10	90.00	m1	323,550.00	29,119,500.00	
8 x 8	224.00	m1	235,250.00	52,696,000.00	
- Ducting Toilet					
12 x 12	1.00	m1	337,900.00	337,900.00	
10 x 10	1.00	m1	281,700.00	281,700.00	
10 x 6	6.00	m1	225,500.00	1,353,000.00	
6 x 8	3.00	m1	197,200.00	591,600.00	
6 x 6	12.00	m1	168,950.00	2,027,400.00	256,163,250.00

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Sub Jml Harga	Jumlah Harga
			(Rp)	(Rp)	(Rp)
c. Lantai 3					
- Ducting AC					
96 x 14	13.00	m1	2,698,900.00	35,085,700.00	
90 x 14	5.00	m1	2,551,750.00	12,758,750.00	
86 x 14	6.00	m1	2,453,650.00	14,721,900.00	
84 x 14	6.00	m1	2,404,550.00	14,427,300.00	
80 x 14	4.00	m1	2,306,350.00	9,225,400.00	
74 x 14	5.00	m1	2,159,150.00	12,954,900.00	
72 x 14	8.00	m1	2,110,100.00	16,880,800.00	
60 x 14	8.00	m1	1,513,050.00	12,104,400.00	
40 x 12	3.00	m1	1,063,200.00	3,189,600.00	
30 x 12	14.00	m1	736,000.00	10,304,000.00	
24 x 12	13.00	m1	630,600.00	8,197,800.00	
20 x 12	7.00	m1	560,650.00	3,924,550.00	
16 x 12	47.00	m1	490,500.00	23,053,500.00	
16 x 10	15.00	m1	455,350.00	6,830,250.00	
12 x 10	76.00	m1	323,550.00	24,266,250.00	
8 x 8	211.00	m1	235,250.00	49,637,750.00	
- Ducting Toilet					
12 x 12	1.00	m1	337,900.00	337,900.00	
10 x 10	1.00	m1	281,700.00	281,700.00	
10 x 6	6.00	m1	225,500.00	1,353,000.00	
6 x 8	3.00	m1	197,200.00	591,600.00	
6 x 6	12.00	m1	168,950.00	2,027,400.00	262,154,450.00
d. Lantai 4					
- Ducting AC					
96 x 14	13.00	m1	2,698,900.00	35,085,700.00	
90 x 14	3.00	m1	2,551,750.00	7,655,250.00	
86 x 14	8.00	m1	2,453,650.00	19,629,200.00	
84 x 14	4.00	m1	2,404,550.00	9,618,200.00	
80 x 14	6.00	m1	2,306,350.00	13,838,100.00	
72 x 14	4.00	m1	2,110,100.00	8,440,400.00	
64 x 14	5.00	m1	1,913,850.00	9,569,250.00	
56 x 14	3.00	m1	1,431,300.00	4,293,900.00	
42 x 12	5.00	m1	1,104,100.00	5,520,500.00	
36 x 12	14.00	m1	981,450.00	13,740,300.00	
34 x 12	6.00	m1	940,500.00	5,643,000.00	
30 x 12	13.00	m1	736,000.00	9,568,000.00	
24 x 12	12.00	m1	630,600.00	7,567,200.00	
20 x 12	6.00	m1	560,650.00	3,363,900.00	
16 x 12	41.00	m1	490,500.00	20,110,500.00	
16 x 10	16.00	m1	455,350.00	7,285,600.00	
12 x 10	105.00	m1	323,550.00	33,972,750.00	
8 x 8	183.00	m1	235,250.00	43,050,750.00	
- Ducting Toilet					
12 x 12	1.00	m1	337,900.00	337,900.00	
10 x 10	1.00	m1	281,700.00	281,700.00	
10 x 6	6.00	m1	225,500.00	1,353,000.00	
6 x 8	3.00	m1	197,200.00	591,600.00	
6 x 6	12.00	m1	168,950.00	2,027,400.00	262,544,100.00

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Sub Jml Harga	Jumlah Harga
			(Rp)	(Rp)	(Rp)
e. Lantai 5					
- Ducting AC					
96 x 14	14.00	m1	2.698.900.00	37.784.600.00	
86 x 14	5.00	m1	2.453.650.00	12.268.250.00	
80 x 14	6.00	m1	2.306.350.00	13.838.100.00	
74 x 14	6.00	m1	2.159.150.00	12.954.900.00	
64 x 14	9.00	m1	1.913.850.00	17.224.650.00	
40 x 12	4.00	m1	1.063.200.00	4.252.800.00	
36 x 12	15.00	m1	981.450.00	14.721.750.00	
32 x 12	3.00	m1	771.150.00	2.313.450.00	
28 x 12	23.00	m1	701.000.00	16.123.000.00	
24 x 12	21.00	m1	630.600.00	13.242.600.00	
20 x 12	2.00	m1	560.650.00	1.121.300.00	
16 x 12	37.00	m1	490.500.00	18.148.500.00	
16 x 10	21.00	m1	455.350.00	9.562.350.00	
12 x 10	83.00	m1	323.550.00	26.854.650.00	
8 x 8	156.00	m1	235.250.00	36.699.000.00	
- Ducting Toilet					
12 x 12	1.00	m1	337.900.00	337.900.00	
10 x 10	1.00	m1	281.700.00	281.700.00	
10 x 6	6.00	m1	225.500.00	1.353.000.00	
6 x 8	3.00	m1	197.200.00	591.600.00	
6 x 6	12.00	m1	168.950.00	2.027.400.00	241.701.500.00
f. Lantai 6					
- Ducting AC					
96 x 14	12.00	m1	2.698.900.00	32.386.800.00	
84 x 14	4.00	m1	2.404.550.00	9.618.200.00	
80 x 14	10.00	m1	2.306.350.00	23.063.500.00	
78 x 14	4.00	m1	3.408.500.00	13.634.000.00	
70 x 14	4.00	m1	2.061.030.00	8.244.120.00	
68 x 14	2.00	m1	2.011.000.00	4.022.000.00	
64 x 14	2.00	m1	1.913.850.00	3.827.700.00	
40 x 14	5.00	m1	1.104.100.00	5.520.500.00	
36 x 14	12.00	m1	1.022.350.00	12.268.200.00	
36 x 12	11.00	m1	981.450.00	10.795.950.00	
34 x 12	5.00	m1	940.500.00	4.702.500.00	
28 x 12	25.00	m1	701.000.00	17.525.000.00	
24 x 12	14.00	m1	630.600.00	8.828.400.00	
20 x 12	15.00	m1	560.650.00	8.409.750.00	
16 x 12	27.00	m1	490.500.00	13.243.500.00	
16 x 10	13.00	m1	455.350.00	5.919.550.00	
12 x 10	84.00	m1	323.550.00	27.178.200.00	
8 x 8	156.00	m1	235.250.00	36.699.000.00	
- Ducting Toilet					
12 x 12	1.00	m1	337.900.00	337.900.00	
10 x 10	1.00	m1	281.700.00	281.700.00	
10 x 6	6.00	m1	225.500.00	1.353.000.00	
6 x 8	3.00	m1	197.200.00	591.600.00	
6 x 6	12.00	m1	168.950.00	2.027.400.00	250.478.470.00

Ducted Split Series



MHSB - A SERIES

INDOOR		In Indoor	MHSB030A/AR	MHSB040A/AR	MHSB050A/AR	MHSB060A/AR
		Outdoor	MMC030A/BR	MMC040B/BR	MMC050B/BR	MMC060B/BR
Nominal Cooling Capacity	kcal/h		7,560	10,080	12,600	15,120
	w		8,790	11,720	14,650	17,560
Nominal Heating Capacity	kcal/h		30,000	40,000	50,000	60,000
	w		7,560	10,080	12,600	15,120
Rated Total Power Consumption (Heating)	w		8,790	11,720	15,529	17,570
	kcal/h		30,000	40,000	50,000	60,000
Rated Total Power Consumption (Cooling)	w		2,932	3,721	4,671	5,675
Rated Running Current (Heating)	A		3,364	4,264	5,490	6,310
Rated Running Current (Cooling)	A		14.79	9.19	9.19	13.74
	A		16.15	10.75	14.01	13.70

INDOOR		V/Ph/Hz	220-240/1/50			
Nominal Air Flow	cfm/mm		1,030/29.2	1,150/32.6	1,540/43.6	1,990/56.5
Static Pressure	mm Aq		15	15	15	15
Dimension	Height	mm/in	384/15.1	384/15.1	384/15.1	384/15.1
	Width	mm/in	970/38.2	1,090/42.9	1,340/52.8	1,540/60.6
	Depth	mm/in	591/23.3	591/23.3	591/23.3	591/23.3

OUTDOOR		V/Ph/Hz	220-240/1/50		380-415/3/50	
Power Source	V/Ph/Hz		220-240/1/50		380-415/3/50	
Compressor Type			Scroll			
Pipe Size	Discharge	mm/in	9.52/ 3/8		12.70/ 1/2	
	Suction	mm/in	15.88/ 5/8		19.05/ 3/4	
Dimension	Height	mm/in	991/39.01		1094.5/43.09	
	Width	mm/in	772/30.39		960/37.79	
	Depth	mm/in	400/15.74		457/17.2	



MDA - B SERIES

INDOOR		In Indoor	MDB040B	MDB050B	MDB060B	MDB075B/BR	MDB100B/BR	MDB125B/BR
		Outdoor	MMC040B	MMC050B	MMC060B	MMC075B/BR	MMC100B/BR	MMC125B/BR
Nominal Cooling Capacity	kcal/h		10,080	12,600	15,120	18,900	25,200	31,500
	w		11,720	14,550	17,580	21,975	29,100	36,325
Nominal Heating Capacity	kcal/h		40,000	50,000	60,000	75,000	100,000	125,000
	w		-	-	-	18,650	24,333	30,742
Rated Total Power Consumption (Heating)	w(50Hz)		-	-	-	21,588	28,300	35,170
	kcal/h		-	-	-	74,000	96,560	120,000
Rated Total Power Consumption (Cooling)	w(50Hz)		-	-	-	7,330	9,622	12,116
Rated Running Current (Heating)	A(50Hz)		4.074	5.206	6.630	8.093	11,122	15,450
Rated Running Current (Cooling)	A(50Hz)		-	-	-	14.6	17.4	25.1
	A(50Hz)		9.86	12.69	15.6	15.6	18.9	23.1

INDOOR		V/Ph/Hz	220-240/1/50					
Power Source	V/Ph/Hz		220-240/1/50					
Nominal Air Flow	cfm/mm		1,250/35.41	1,600/45.32	2,000/56.60	2,500/70.82	3,200/90.6	4,200/118.98
Static Pressure	mm Aq		10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	15.74
Dimension	Height	mm/in	572 (22.51)				865/34.01	
	Width	mm/in	897 (35.11)		1,502/59.13			
	Depth	mm/in	761 (29.96)					1,140/44.89

OUTDOOR		V/Ph/Hz	380-415/3/50			
Power Source	V/Ph/Hz		380-415/3/50			
Compressor Type			Scroll (Cooling); Reciprocating (Heat Pump)			
Pipe Size	Discharge	mm/in	9.52/ 3/8		12.7/ 1/2	
	Suction	mm/in	19.05/ 3/4		25.4/ 1	
Dimension	Height	mm/in	1094.5/43.09		1588/62.5	
	Width	mm/in	960/37.79		1440/56.7	
	Depth	mm/in	457/17.2		610/23.23	