

PERHITUNGAN DAN METODE KONSTRUKSI SISTEM PENDINGINAN TERHADAP AUDITORIUM

Krisanto Elim¹, Anthony Carissa Surja², Prasetio Sudjarwo³, dan Nugroho Susilo⁴

ABSTRAK : Tujuan penelitian sistem tata udara pada auditorium ini adalah apakah sistem tata udara eksisting sudah sesuai dengan beban pendinginan yang dibutuhkan oleh bangunan, kontribusi faktor beban eksternal dan internal terhadap total beban pendinginan, *Rule of Thumb* khusus untuk auditorium berdasarkan perhitungan CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*), alternatif penggantian sistem tata udara dan struktur penunjangnya. Penelitian ini dilakukan pada tiga auditorium di Surabaya yang mempunyai luas lantai lebih dari 1200 m². Perhitungan beban pendinginan menggunakan metode CLTD berdasarkan SNI Ventilasi Udara (SNI 03-6572-2001). Dengan menggunakan metode ini akan diperlihatkan profil beban pendinginan dan juga komposisi beban pendinginan eksternal dan internal yang dialami masing-masing auditorium. Perbandingan perhitungan beban pendinginan dengan metode CLTD akan dibandingkan, baik dengan kapasitas eksisting pada auditorium yang bersangkutan maupun metode *Rule of Thumb*. Penelitian ini juga dilengkapi dengan alternatif penggantian sistem tata udara, analisis perbandingan biaya listrik sistem tata udara eksisting dan sistem tata udara desain beserta perhitungan struktur penunjang.

KATA KUNCI : pendingin ruangan, sistem tata udara, *cooling load temperature difference*, struktur penunjang.

1. PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Sistem tata udara merupakan sistem pengkondisian udara yang berfungsi untuk mengatur tingkat kenyamanan baik dari keadaan suhu maupun kelembaban udaranya. Penghawaan buatan di era globalisasi, sudah menjadi kebutuhan utama. Hampir di setiap bangunan/gedung perkantoran, pusat perbelanjaan, hotel, rumah sakit bahkan rumah tinggal, menggunakan pendingin ruangan (*Air Conditioner*). Prinsip penghawaan buatan adalah untuk mengatur temperatur dan kelembaban ruang, sehingga penyaluran udara dalam ruangan memperoleh keadaan yang diinginkan sesuai dengan fungsi ruangan tersebut. Untuk itu konsumsi energi listrik perlu dilakukan perhitungan ulang guna mengetahui apakah konsumsi energi listriknya masih hemat dan efisien atau tidak. Kunci penghematan energi pada gedung-gedung tinggi adalah dengan penggunaan listrik untuk pendingin ruangan (*Air Conditioner*) dan penerangan yang dapat ditekan serendah mungkin. Selain mengatur tingkat kenyamanan dan keadaan suhu serta kelembaban, hal lain yang harus diperhatikan adalah beban pendingin ruangan itu sendiri.

1.2.Rumusan Masalah

1. Apakah kapasitas pendinginan auditorium yang ada sudah sesuai dengan beban pendinginan yang dibutuhkan pada auditorium? Berapakah kapasitas mesin pendingin ruangan yang sesuai?

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, luther_jrz@hotmail.com

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, assvarc@yahoo.com

³Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, sudjarwo@peter.petra.ac.id

⁴Dosen Program Studi Teknik Arsitektur Universitas Kristen Petra, nugroho@peter.petra.ac.id

2. Berapa besar kontribusi masing-masing elemen dalam perhitungan baik itu eksternal maupun internal, terhadap total beban pendinginan ?
3. Sejauh manakah pengaruh perhitungan dengan metode “*Rule of Thumb*” kapasitas AC yang dihasilkan terhadap perhitungan tersebut? Bagaimana perbandingan metode “*Rule of Thumb*” dengan perhitungan dengan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*) ?
4. Apakah Sistem Tata Udara Eksisting Auditorium Gereja Bethel The Rock bisa diganti dengan mesin pendingin ruangan *Chiller*? Bagaimana analisa *Chiller* dari segi efisiensi listrik dan biaya jika Sistem Tata Udara Eksisting diganti dengan Sistem Tata Udara yang direncanakan?
5. Bagaimana cara mendukung mesin pendingin Sistem Tata Udara Desain sehingga plat lantai bangunan mampu untuk menumpu beban mesin pendingin ruangan *Chiller*?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisa apakah jenis dan kapasitas mesin pendingin ruangan yang telah digunakan auditorium, yang akan menjadi studi kasus dalam penelitian ini, sudah sesuai dengan perhitungan beban pendinginan yang terjadi.
2. Mengetahui seberapa besar kontribusi masing-masing faktor eksternal dan internal terhadap total beban pendinginan.
3. Mengetahui berapa *Rule of Thumb* khusus untuk auditorium menurut perhitungan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*) berdasarkan SNI Ventilasi Udara (Departemen Pekerjaan Umum, 2001).
4. Mengetahui apakah Sistem Tata Udara Eksisting Auditorium Gereja Bethel The Rock bisa diganti dengan mesin pendingin ruangan *Chiller* dan menganalisa seberapa besar energi yang dihemat oleh *Chiller*.
5. Merencanakan kapasitas struktur penunjang yang optimal untuk menumpu beban *Chiller*.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Membantu optimasi kapasitas mesin pendingin ruangan sesuai dengan kebutuhan auditorium
2. Dapat mengefisienkan penggunaan energi listrik dengan mengganti mesin pendingin ruangan eksisting dengan *Chiller*
3. Menghemat pengeluaran biaya untuk operasional bangunan

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

1. Penelitian ini hanya akan dibatasi pada analisis beban pendinginan.
2. Metode perhitungan yang digunakan adalah metode perhitungan *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD) berdasarkan SNI Ventilasi Udara (Departemen Pekerjaan Umum, 2001).
3. Studi kasus yang digunakan dibatasi auditorium dengan kriteria-kriteria sebagai berikut :
 - Auditorium berlokasi di Surabaya.
 - Auditorium memiliki luas lantai lebih dari 1200 m².
 - Auditorium memiliki okupasi lebih dari 1000 orang.
 - Auditorium yang akan diteliti berada pada dalam bangunan dan terletak pada :
 - a. Gereja Bethel The Rock, Jln. Raya Menganti Babatan Wiyung, Sby.
 - b. SMA Kristen Petra 1, Jln. Lingkar Dalam Barat Perumahan Graha Family, Sby.
 - c. Petra P1 dan P2, Jln. Siwalankerto 121-131, Sby.
4. Penelitian pada terhadap perhitungan beban pendinginan dilakukan terhadap ketiga auditorium yang ditinjau sedangkan analisa dan pembahasan tentang metode konstruksi hanya dilakukan pada Auditorium Gereja Bethel The Rock.
5. Besarnya kapasitas pendinginan ruang auditorium eksisting adalah sebesar kapasitas pendinginan yang digunakan pada bangunan studi kasus saat penelitian dilakukan, tanpa mempertimbangkan metode perhitungan apa yang dipakai dan juga mempertimbangkan tertentu saat perencanaan.
6. Pada saat bangunan beroperasi, beban panas internal dianggap maksimal, yaitu kapasitas orang maksimal, lampu dan peralatan menyala selama jam operasi

7. Lingkungan di sekitar bangunan pada studi kasus dianggap tidak mempengaruhi beban pendinginan pada bangunan.
8. Data pelengkap, selain data pokok seperti data eksisting bangunan dan kondisi Surabaya, yang diperlukan dalam perhitungan diambil berdasarkan SNI Ventilasi Udara (Departemen Pekerjaan Umum, 2001).

2. LANDASAN TEORI

2.1. Konsep Dasar Estimasi Beban Pendinginan

Teori dan prinsip dasar desain sistem tata udara berupa estimasi beban pendinginan sistem tata udara meliputi sumber panas dari luar bangunan, orientasi bangunan, tembok, atap, infiltrasi, dan sumber panas dari dalam bangunan. Selain itu emisi panas yang terjadi di dalam ruangan juga mempengaruhi perencanaan kapasitas sistem tata udara. Emisi panas dalam ruangan (*Room Heat Gain*) terjadi karena konduksi melalui dinding-dinding eksterior, atap, kaca, partisi, plafond dan lantai. Selain itu radiasi matahari melalui kaca, ventilasi, pemakaian lampu, aktivitas manusia, dan peralatan yang digunakan juga mempengaruhi emisi panas dalam ruangan. Beban panas yang terjadi pada bangunan dibagi menurut dua faktor. Faktor Eksternal meliputi beban konduksi atap, dinding, kaca, partisi, plafond, lantai dan Faktor Internal yang meliputi beban lampu, orang, peralatan, dan ventilasi.

2.2. Perhitungan CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*)

Perhitungan akan dilakukan dengan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*), dengan rumus sebagai berikut :

1. Untuk Beban Faktor Eksternal

- Atap $\Rightarrow q_{sensible} = U \cdot A \cdot CLTD \cdot F_c$
- Dinding $\Rightarrow q_{sensible} = U \cdot A \cdot CLTD \cdot F_c$
- Kaca(kond.) $\Rightarrow q_{sensible} = U \cdot A \cdot CLTD \cdot F_c$ Kaca(rad)
 $\Rightarrow q_{sensible} = A \cdot S_c \cdot SGHF \cdot CLF$
- Partisi $\Rightarrow q_{sensible} = U \cdot A \cdot \Delta T$
- Plafond $\Rightarrow q_{sensible} = U \cdot A \cdot \Delta T$
- Lantai $\Rightarrow q_{sensible} = U \cdot A \cdot \Delta T$

2. Untuk Beban Faktor Internal

- Lampu $\Rightarrow q_{sensible} = 3,41 \cdot n \cdot F_u \cdot F_s \cdot CLF$
- Orang $\Rightarrow q_{sensible} = Q_s \cdot n \cdot CLF$
 $\Rightarrow q_{laten} = n \cdot Q_l$
- Peralatan $\Rightarrow q_{sensible} = \text{Sensible} \cdot CLF$
- Ventilasi $\Rightarrow q_{sensible} = 1,23 \cdot \Delta T \cdot n \cdot CLF$
 $\Rightarrow q_{laten} = 3010 \cdot \Delta W \cdot n \cdot CLF$

3. Rumus-rumus lain

- $CLTD_{corr} \Rightarrow (CLTD + LM) \cdot k + (78 - T_i) + (T_o - 85)$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Data Umum Penelitian

Auditorium yang direncanakan untuk ditinjau sebagai bahan penelitian untuk analisis beban pendinginan ini, sesuai dengan kriteria studi kasus yang telah ditentukan sebelumnya, adalah:

1. Gereja Bethel The Rock, Jln. Raya Menganti Babatan Wiyung, Sby.
2. SMAK Petra 1, Jln. Lingkar Dalam Perum. Graha Family, Sby.
3. Petra P1 dan P2, Jln. Siwalankerto 121-131, Sby.

3.2. Tahapan Penelitian Perhitungan Beban Pendinginan

Tahapan penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data auditorium
2. Perhitungan CLTD Beban Panas Konduksi melalui Kaca
3. Perhitungan CLTD Beban Panas Konduksi, Partisi, Lantai dan Atap
4. Perhitungan CLTD Beban Panas Radiasi Kaca
5. Perhitungan CLTD Beban Panas Lampu
6. Perhitungan CLTD Beban Panas Manusia
7. Perhitungan CLTD Beban Panas Peralatan
8. Perhitungan CLTD Beban Panas Ventilasi
9. Perhitungan CLTD Beban Panas Total
10. Perincian kontribusi faktor eksternal dan faktor internal
11. Membandingkan hasil perhitungan CLTD dengan kapasitas bangunan eksisting
12. Membandingkan hasil perhitungan CLTD dengan hasil perhitungan yang menggunakan metode *Rule of Thumb*

3.3. Tahapan Penelitian Perencanaan Desain Sistem Tata Udara

Merencanakan sistem tata udara desain bertipe mesin pendingin *Chiller* (Sistem Air Dingin) yang akan dibandingkan dengan sistem tata udara eksisting berupa *Modular System Air Conditioner* pada auditorium Gereja Bethel The Rock lalu menganalisa sistem tata udara desain dengan sistem tata udara eksisting dalam segi efisiensi listrik, kemudahan dalam instalasi dan pelaksanaan di lapangan , biaya perawatan dan kemudahan operasional di lapangan. Tahap berikutnya akan dibandingkan analisa kebutuhan konsumsi listrik lalu diperhitungkan lewat pemakaian mesin pendingin ruangan sesuai dengan jadwal aktivitas gereja antara sistem tata udara eksisting dan sistem tata udara desain dan mencari berapa tahun kembalinya modal jika sistem tata udara eksisting diganti dengan sistem tata udara desain dengan selisih biaya perawatan mesin dan selisih biaya konsumsi listrik masing-masing pendingin ruangan. Mengatur skema pergantian sistem tata udara eksisting menjadi sistem tata udara desain jika akan direalisasikan pergantian tersebut. Tahap terakhir adalah merencanakan struktur penunjang (*Support Frame*) untuk mesin pendingin *Chiller* dikarenakan beban *Chiller* yang berat sehingga tidak mampu diterima oleh pelat lantai auditorium gereja.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perhitungan Beban Pendinginan dengan Metode CLTD

Penelitian dilakukan pada 3 auditorium. Setelah proses pengumpulan data dan persiapan perhitungan beban pendinginan pada ketiga auditorium. Berikut ini akan disajikan hasil perhitungan dengan menggunakan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*) pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Perhitungan CLTD terhadap Auditorium

Nama bangunan	Beban Pendinginan	
	(TR)	(Btu/H)
Gereja Bethel	90,38	1084560
SMAK Petra 1	81,20	974381,71
Petra P1 dan P2	152,20	1826400

4.2. Hasil Penelitian Perbandingan Beban Pendinginan Akibat Faktor Eksternal dan Internal berdasarkan Metode CLTD

Pada tahap sebelumnya telah disajikan hasil dari perhitungan beban pendinginan menurut Metode CLTD dari ketiga auditorium yang menjadi studi kasus. Pada tahap selanjutnya akan dibahas lebih lanjut

tentang kontribusi faktor eksternal dan internal terhadap beban pendinginan ketiga auditorium, yang hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Perbandingan Beban Pendinginan Akibat Faktor Eksternal dan Internal berdasarkan Hasil Perhitungan CLTD

Nama bangunan	Beban Pendinginan Rata-Rata (TR)				
	Eksternal (TR)	Internal (TR)	% Eksternal	% Internal	Total (TR)
Gereja Bethel	19,80	70,58	21,91	78,10	90,38
SMAK Petra 1	16,43	64,77	20,24	79,77	81,20
Petra P1 dan P2	23,98	128,22	15,76	84,25	152,20

4.3. Hasil Penelitian Perbandingan Kapasitas Mesin AC Eksisting dan Hasil Perhitungan dengan Metode CLTD

Dari proses-proses sebelumnya sudah diketahui hasil perhitungan beban pendinginan yang menggunakan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*). Sekarang hasil tersebut akan dibandingkan dengan kapasitas mesin pendingin bangunan eksisting pada masing-masing auditorium, perlu diketahui bahwa auditorium yang kami bandingkan adalah Gereja Bethel The Rock, dan auditorium SMAK Petra 1 sedangkan auditorium Petra P1 dan P2 belum terpasang mesin pendingin ruangan sehingga tidak bisa ikut serta dibandingkan. Hasil perbandingan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Perbandingan Kapasitas AC Eksisting dengan CLTD

Nama Bangunan	Kapasitas AC Eksisting (TR)	Hasil Perhitungan (TR)	Selisih (%)
Gereja Bethel	129,17	90,38	30,03%
SMAK Petra 1	110,01	81,20	26,19%
Petra P1 dan P2	-	152,20	-

4.4. Hasil Penelitian Perbandingan Perhitungan Beban Pendinginan dengan menggunakan Metode CLTD dan Metode "Rule Of Thumb"

Dalam Penelitian ini digunakan tiga metode "Rule Of Thumb", yaitu:

1. Perhitungan menurut buku Utilitas Bangunan (Poerbo, 1998).
2. Perhitungan menurut ASHRAE *Handbook : Fundamentals* (ASHRAE, 1993)
3. Perhitungan menurut *Cooling Load Check Figures* (Ask The Hvacman, 5 Juni 2015)

4.5. Perencanaan Sistem Tata Udara

Dalam tahap ini, peneliti akan merencanakan sistem tata udara alternatif yang akan dibandingkan dengan sistem tata udara bangunan eksisting. Auditorium yang kami tinjau untuk diberi alternatif adalah auditorium Gereja Bethel The Rock. Berikut disajikan pada **Tabel 4** adalah data mesin pendingin ruangan Sistem Tata Udara Eksisting Auditorium Gereja Bethel The Rock dan pada **Tabel 5** adalah data mesin pendingin ruangan Sistem Tata Udara Desain.

Tabel 4. Data Sistem Tata Udara Eksisting Auditorium Gereja Bethel The Rock

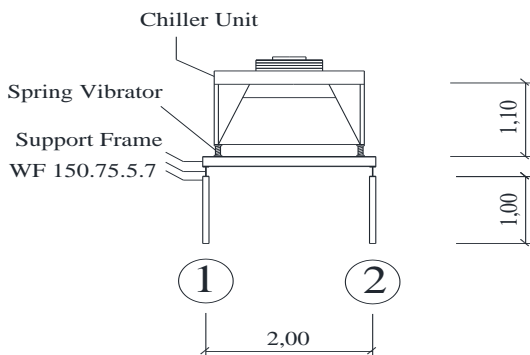
Hal	Eksisting	
Jenis Mesin	<i>Modular System Air Conditioner</i>	
Jumlah Unit	6 Unit YICA 125i	8 Unit YICA 100i
Kapasitas Unit (Btu/h)	125000 Btu/h	100000 Btu/h
	Total Kapasitas = 1550000 Btu/h (129.167 TR)	
Indoor Unit Net Weight (kg)	150 kg	137 kg
Outdoor Unit Net Weight (kg)	116 kg	101 kg
Power Consumption (kW)	11,557 kW	9,712 kW
	Total Power Consumption = 147.038 kW	
Capacity Control (%)	-	-

Tabel 5. Data Sistem Tata Udara Desain Auditorium Gereja Bethel The Rock

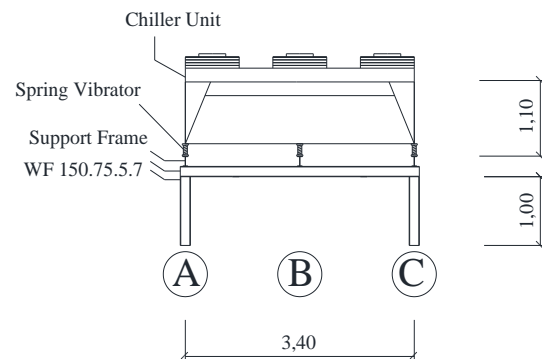
Hal	Desain
Jenis Mesin	<i>Aircooled Screw Semi Hermetic Water Chiller</i>
Jumlah Unit	2 Unit XC Series 1.80.S
Kapasitas Unit (Btu/h)	588000 Btu/h
	Total Kapasitas = 1176000 Btu/h (98 TR)
Indoor Unit Net Weight (kg)	-
Outdoor Unit Net Weight (kg)	1160 kg
Power Consumption (kW)	61,8 kW
	Total Power Consumption = 123,6 kW
Capacity Control (%)	50 ... 100%

4.6. Perencanaan *Support Frame* untuk Mesin *Chiller*

Dikarenakan Sistem Tata Udara alternatif yang telah didesain membutuhkan struktur penunjang (*Support Frame*) agar bisa direalisasikan pada auditorium gereja, maka dibutuhkan struktur penunjang berupa konstruksi baja sederhana dari baja IWF 150 x 75 x 5 x 7 . Penelitian ini membahas tentang perhitungan struktur penunjang berdasarkan SNI Baja (Departemen Pekerjaan Umum, 2000). Berikut disajikan pada **Gambar 1** dan **Gambar 2** Tampak depan dan samping *Support Frame*.



Gambar 1. Tampak Depan *Support Frame*



Gambar 2. Tampak Samping *Support Frame*

5. KESIMPULAN PENELITIAN

Beberapa kesimpulan yang bisa diambil dari hasil penelitian beban pendinginan dalam auditorium adalah :

1. Untuk Auditorium Gereja Bethel The Rock, panas yang masuk dari luar bangunan diterima oleh material-material bangunan seperti kaca, dinding dan atap sudah direduksi secara baik dikarenakan koefisien transmisi panas (*U coefficient*) yang rendah sehingga panas yang diterima bangunan sudah optimal. Penambahan material pada dinding, atap dan menambah ketebalan kaca tidak efektif dalam segi biaya karena material-material pada bangunan tersebut sudah bekerja dengan baik dalam mereduksi panas.
2. Beban pendinginan akibat faktor internal ternyata mempunyai kontribusi yang besar dibandingkan beban pendinginan akibat faktor eksternal. Seperti pada Auditorium Gereja Bethel The Rock memiliki kontribusi sebesar 78,10% beban pendinginan akibat faktor internal dan 21,91% untuk faktor eksternal, hal yang sama juga dengan terjadi pada auditorium SMAK Petra 1 dan Petra Gedung P1 dan P2.

3. Kaca dan atap dianggap sebagai elemen yang mempunyai pengaruh besar pada beban eksternal dalam beban pendinginan gereja Bethel. Kaca memiliki 39,21% (Beban radiasi kaca dan konduksi kaca) dan atap 42,97%. Sedangkan pada SMAK Petra 1 kontribusi kaca hanya 5,77% (Beban radiasi kaca dan konduksi kaca) karena luas kaca yang digunakan pada SMAK Petra 1 sangat kecil sehingga beban konduksi dinding memiliki kontribusi sebesar 46%.
4. Beban manusia dan beban ventilasi memiliki pengaruh paling besar pada beban internal pada gereja Bethel. Beban manusia sebesar 64,47% dan beban ventilasi 29,7% pada gereja Bethel. Sama halnya dengan gereja Bethel, SMAK Petra 1 dan gedung P1 dan P2 juga memiliki beban internal yang didominasi oleh beban manusia dan beban ventilasi.
5. Dengan perhitungan CLTD, gereja Bethel dan SMAK Petra 1 perhitungan kapasitas mesin pendingin eksisting mengalami *over-capacity* sebesar 30,03% untuk gereja Bethel dan 26,19% untuk SMAK Petra 1.
6. Metode *Rule of Thumb* dari ketiga sumber bisa digunakan untuk tahap *pre-design* dalam perhitungan beban pendinginan, tetapi kurang tepat apabila digunakan untuk tahap desain dan dibutuhkan metode yang lebih akurat untuk menghasilkan kapasitas mesin pendingin yang optimal.
7. Hasil perhitungan menurut metode CLTD pada penelitian ini telah menciptakan *Rule of Thumb* khusus untuk auditorium dengan syarat sesuai dengan SNI Ventilasi Udara (SNI 03-6572-2001) yaitu beban pendinginan yang terjadi dapat dicari dengan kisaran 0,047 sampai 0,056 (TR/m²).
8. Melalui analisis biaya dan perbandingan konsumsi listrik, Sistem Tata Udara Eksisting pada Auditorium Gereja Bethel The Rock bisa digantikan dengan mesin pendingin *Chiller* dengan syarat mesin pendingin bekerja pada beban pendinginan maksimum atau diatas 50% kapasitas maksimum untuk mencapai efisiensi *Power per Ton* 0,5 – 0,7 kW/TR.
9. Pergantian Sistem Tata Udara Eksisting berupa *Modular System Air Conditioner* menjadi Sistem Tata Udara Desain berupa *Aircooled Screw Semi Hermetic Water Chiller* memerlukan waktu untuk kembalinya biaya pembelian mesin pendingin *Chiller* sekitar 7 tahun belum termasuk jika mesin pendingin eksisting yang lama dapat dijual. Apabila *Chiller* digunakan pada bangunan perkantoran atau bangunan yang memiliki aktifitas penghuni yang padat berkisar antara 8 sampai 10 jam per hari, maka penghematan biaya listrik dan kembalinya biaya pembelian mesin pendingin *Chiller* akan kurang dari 7 tahun.
10. Penggunaan WF 150 x 75 x 5 x 7 untuk *Support Frame* mesin pendingin *Chiller* sudah memenuhi syarat dan kapasitas nominal lentur dan kapasitas kuat geser, serta memenuhi syarat interaksi.

6. DAFTAR REFERENSI

- ASHRAE. (1993) *ASHRAE Handbook : Fundamentals*, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineer Inc., Atlanta, United States.
- Ask The Hvacman. (2010) *Cooling Load Check Figures*, <<http://www.iklimnet.com> > (Juni 5, 2015).
- Departemen Pekerjaan Umum. (2000). *SNI 03-1729-2000 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional, Bandung, Indonesia.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2001). *SNI 03-6572-2001 Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi Udara pada Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Bandung, Indonesia.
- Poerbo, Hartono. (1998). *Utilitas Bangunan*, Penerbit Djambatan, Jakarta, Indonesia.