

PENINGKATAN KAPASITAS SISTEM AIR PENDINGIN *CHILLER* IEBE

Ahmad Paid, Kusyanto, Eko Yuli R., Amar Ma'rup

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir
Kawasan PUSPIPTEK - Serpong - Tangerang Selatan

ABSTRAK

Telah dilakukan evaluasi peningkatan kapasitas sistem air pendingin untuk kebutuhan air dingin pada fasilitas IEBE sebesar 8.632 L/menit = 517.920 L/jam, desain awal untuk mendinginkan air tersebut dipergunakan mesin pendingin air / *chiller water* sentrifugal jenis pendingin air dan menggunakan *refrigerant* R11, kapasitas pendinginan per-unit sebesar 377 TR dengan kapasitas air dingin yang dihasilkan sebesar 3.162 liter/menit yang dioperasikan 2-3 unit *chiller*, dari hasil perhitungan dengan menggunakan selisih temperatur air dingin masuk dengan keluar antara 5 – 6 °C didapatkan 852,96 – 1023,56 TR, seiring perjalanan waktu *chiller water* sentrifugal terjadi penuaan dan kerusakan yang tidak mungkin lagi untuk dilakukan perbaikan serta menyangkut pelarangan penggunaan R.11, secara bertahap dilakukan pergantian *chiller water unit* beralih menggunakan *refrigerant* R-22, pada saat ini telah terpasang 2 unit *chiller* masing-masing dengan kapasitas pendinginan 211 TR · 2 unit = 422 TR, dari hasil perhitungan masih diperlukan penambah *chiller* dan akan dilakukan pemenuhan secara bertahap, pada tahun ini direncanakan akan dilakukan pengadaan *chiller* baru dengan kapasitas pendinginan sekitar 802 kW/ 288 TR.

Kata kunci: sistem ventilasi, *air handling unit*, *refrigerant*, *chiller*.

ABSTRACT

An evaluation of the improvement of the cooling water system for cold water needs at the IEBE facility has been carried out at 8,632 L / min = 517,920 L / hr, the initial design to cool the cold water was used a water cooling machine / centrifugal water chiller type water cooler and used R11 refrigerant, per-unit cooling capacity of 377 TR with the resulting cold water capacity of 3,162 liters / minute operated by 2-3 chiller units, from the results of calculations using the difference in temperature of cold water entering and leaving between 5-6 oC obtained 852.96 - 1023.56 TR, Over time the centrifugal water chiller occurs aging and damage that is no longer possible to be repaired and involves banning the use of R.11, gradually the water chiller unit is changed to switch to using R-22 refrigerant, at this time 2 chiller units have been installed each with a cooling 2 units = 422 TR × capacity of 211 TR, from the results of the calculation is still needed to increase the chiller and will be carried out in stages, this year it is planned to be procured a new chiller with a cooling capacity of around 802 kW / 288 TR.

Keywords: ventilation system, air handling unit, refrigerant, chiller

PENDAHULUAN

Sistem tata udara atau *Ventilation and Air Conditioning* (VAC) pada Instalasi Elemen Bakar Eksperimental berfungsi sebagai sarana utama untuk menjamin keselamatan bagi pekerja radiasi yang bekerja pada fasilitas IEBE dan lingkungan serta menciptakan pola alir udara ruangan di dalam gedung sehingga udara mengalir dari ruang berpotensi tingkat radioaktivitas rendah menuju ruangan dengan potensi radioaktivitas yang lebih tinggi. Kemudian udara buang dialirkan ke lingkungan melalui cerobong setelah terlebih dahulu disaring melewati filter HEPA sehingga udara yang dilepaskan ke lingkungan berada dalam batas ambang keselamatan nuklir yang dipersyaratkan. Sistem VAC IEBE meliputi area PCP, area FFL, area Berilium dan *Office* dengan menggunakan AHU untuk *supply* udara masuk dan *blower exhaust* untuk menarik udara dari ruangan ke luar gedung.

Untuk memenuhi kebutuhan pendinginan pada desain awal dipergunakan mesin pendingin air / *chiller water* sentrifugal jenis pendingin air dan menggunakan refrigeran R11, kapasitas pendinginan per-unit sebesar 377 TR dengan kapasitas air dingin yang dihasilkan sebesar 3.162 liter/menit. Jumlah mesin terpasang sebanyak 4 unit yaitu: CH.06, CH.07, CH.08 dan CH.09) dengan sistem operasi normal adalah 3 operasi dan 1 unit sebagai cadangan, dikarenakan penggunaan refrigeran R11 sudah tidak diijinkan untuk dipergunakan setelah dikeluarkannya peraturan menteri perdagangan Republik Indonesia No.24/M-DAG/PER/6/2006 tanggal 22 Juni 2006 tentang larangan impor bahan perusak ozon yang diberlakukan mulai tanggal 22 Juli 2006, dan seiring perjalanan waktu pemakaian terjadi penuaan dan kerusakan pada *chiller* yang tidak mungkin lagi untuk dilakukan perbaikan serta menyangkut pelarangan penggunaan R.11, sehingga secara bertahap dilakukan pergantian *chiller water unit* beralih menggunakan *refrigerant* R-22. Pada saat ini telah terpasang 2 unit *chiller* merk York masing-masing dengan kapasitas pendinginan 749 kWH 211 TR^[1, 2]

Dalam proses pendinginan air dialirkan ke *air handling unit* (AHU) menggunakan sistem pendingin yang terdiri dari *chiller* unit, pompa primer dan pompa sekunder. *Chiller* yang terpasang pada saat ini jenis torak (*reciprocating*) dengan *refrigerant* R.22 berpendingin udara (*air cooled*) dengan 2 unit *chiller* kapasitas pendinginan 211 TR · 2 unit = 422 TR

Spesifikasi *chiller* yang terpasang :

CHILLER :

Manufacturer : York (USA)
 Model : YAEP 99VD9C Air Cooled
 Reciprocating
 Compressor type : Semi Hermetic Reciprocating
 Refrigerant : R-22
 Refrigerant charge : 110 kg (total charge)
 Cooling capacity : 211 TR (minimum)
 Efficiency : 1.15kW/TR
 Power input (including Fan) : 244 kW
 (maximum)
 Electrical data : 380V/3 Ph/50 Hz
 Working pressure Evaporator : 150 PSI



Gambar -1. Chiller yang terpasang

Untuk menentukan kemampuan suatu mesin pendingin air seperti halnya mesin refrigerasi lainnya adalah kapasitas pendinginan (*cooling capacity*) serta kapasitas air dingin yang dihasilkan. Pada umumnya kapasitas pendinginan diberikan dalam satuan TR (Ton Refrigerasi), kW, kCal/jam ataupun BTU/jam. Jika kapasitas pendinginan mesin diketahui maka dengan mengacu pada beda temperatur antara air masuk dengan keluar evaporator (ΔT) sebesar 5 -6 °C, maka kapasitas aliran air dingin dapat dihitung menggunakan persamaan (1) ^[4, 5]:

$$Q = W \cdot Cp \cdot \rho \cdot (t_1 - t_0) \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

Q = Jumlah kalor yang diserap/dilepaskan (kcal/h)

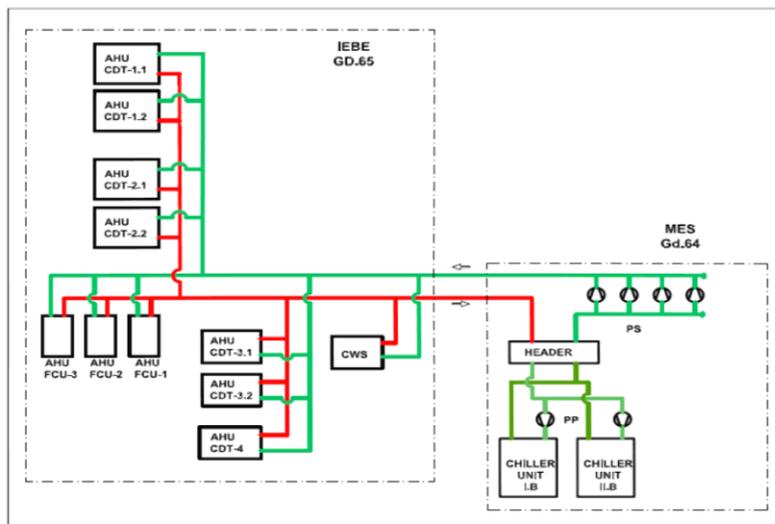
W = jumlah air yang bersirkulasi (l/h)

Cp = kalor spesifik air = 1 kCal/kg °C H 4,186 kJ/kg °C

ρ = berat jenis air = 1 kg/l

t_0, t_1 = temperatur air masuk dan air keluar (°C)

Penggunaan air dingin pada fasilitas IEBE digunakan untuk mendinginkan ruangan melalui *air handling unit* (AHU) dan peralatan melalui *chilled water supply* (CWS). Adapun instalasi yang terpasang pada saat ini seperti pada Gambar -2.



Gambar-2. Diagram alir air dingin IEBE

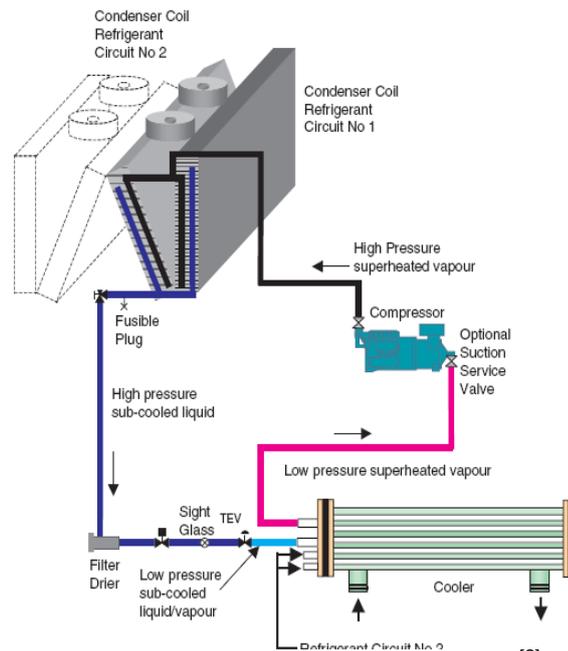
Dari diagram pada Gambar 2 masing-masing kebutuhan dapat dilihat pada Tabel-1.

Tabel -1. Data-data kebutuhan air dingin [3]

Nama Sistem	Nama peralatan	Pemakaian air dingin (L/menit)
Sistem VAC Laboratorium	CDT.1	2.520
	CDT.2	3.408
	CDT.3	866
	CDT.4	250
Sistem VAC Kantor	FCU.1	87
	FCU.2	113
	FCU.3	124
CWS	HE	1264
Jumlah		8.632

Cara kerja sistem refrigerasi kompresi uap

Gas refrigeran dikompresi didalam kompresor sehingga tekanannya menjadi naik, kemudian refrigeran dialirkan menuju kondensor. Gas refrigeran didinginkan didalam kondensor sehingga terjadi perubahan bentuk dari fasa gas menjadi cair. Dari kondensor cairan refrigeran dialirkan ke dalam peralatan ekspansi (katup ekspansi atau pipa kapiler), peralatan ekspansi berfungsi untuk menurunkan tekanan refrigeran. Selanjutnya refrigeran dialirkan menuju evaporator, kemudian refrigeran cair mengalami proses penguapan sehingga berubah menjadi gas refrigeran. Kemudian gas refrigeran dialirkan ke dalam kompresor untuk dikompresi kembali. Pada mesin pendingin air, air dingin diproduksi di dalam evaporator atau lebih dikenal dengan *cooler*. Pada umumnya mesin pendingin air memproduksi air dingin pada temperatur 6 °C dan memasuki evaporator pada temperatur 12 °C^[4].

Gambar-3. Prinsip kerja *chiller water* [2]

METODOLOGI

Untuk menentukan kebutuhan air dingin dengan melakukan inventarisasi data dukung kebutuhan beban pendinginan yang diperlukan pada fasilitas IEBE meliputi :

- Melakukan inventarisasi peralatan pendingin yang terpasang
- Melakukan pemilihan spesifikasi peralatan *chiller*
- Membuat desain instalasi untuk pemasangan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan untuk memenuhi kebutuhan kapasitas aliran air dingin yang diperlukan fasilitas IEBE yaitu sebesar 8.632 l/menit = 517.920 l/jam, dengan menggunakan persamaan $Q = W \cdot Cp \cdot \Delta t \cdot (t_1 - t_2)$ dan kalor spesifik air = 4,186 kJ/kg °C selisih temperatur air dingin masuk dengan keluar antara 5 – 6 °C, didapatkan 2999,75 kW = 852,96 TR untuk $\Delta T = 5$ °C dan 3599,70 kW = 1023,56 TR untuk $\Delta T = 6$ °C, sedangkan yang terpasang saat ini dari 2 unit *chiller* kapasitas pendinginan 211 TR · 2 unit = 422 TR, oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan pendinginan fasilitas IEBE masih perlu penambahan unit *chiller*, sehingga perlu pemenuhan secara bertahap sesuai kemampuan pendanaan dan direncanakan akan dilakukan pengadaannya tahun 2019 sebanyak 1 unit, dengan spesifikasi :

Cooling Capacity : 802 kW/ 288 TR
Power Input : 242.6 kW
Refrigerant : R134a
Compressor : Semi hermetic Single Screw

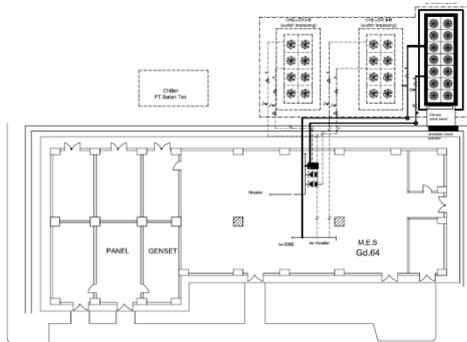
Evaporator :

- *Tube Inlet/Outlet Diameter* : 6 inchi
- *Water Side Pressure* : 1,0 Mpa

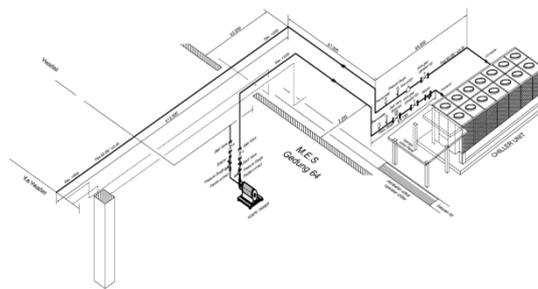
Condenser :

- *Fan Motor* : 14 bh
- *Air Flow* : $25,2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$

Untuk pemasangan instalasi *chiller* yang baru akan dipasang di samping gedung 64 yaitu MES seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4a dan 4b.



Gambar-4a



Gambar-4b

Gambar 4a. *Lay-out* pemasangan *chiller* dan Gambar 4b. gambar isometrik instalasi *chiller*

KESIMPULAN

Dari evaluasi kebutuhan air dingin $8.632 \text{ l/menit} = 517.920 \text{ l/jam}$ dan hasil perhitungan dengan menggunakan selisih temperatur air dingin masuk dengan keluar antara $5 - 6 \text{ }^\circ\text{C}$, didapatkan $852,96 - 1023,56 \text{ TR}$, pada saat ini telah terpasang 2 unit *chiller* masing-masing dengan kapasitas pendinginan $211 \text{ TR} \cdot 2 \text{ unit} = 422 \text{ TR}$, dari hasil perhitungan masih diperlukan penambahan *chiller* dengan kapasitas untuk IEBE sebesar 850 s.d. 1000 TR dan akan dilakukan pemenuhan secara bertahap, pada tahun ini direncanakan akan dilakukan pengadaan *chiller* baru dengan *kapasitas pendinginan sekitar 802 kW/ 288 TR*.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan ke Kepala BPFBBN-PTBBN dan seluruh staf yang terlibat dalam kegiatan evaluasi ini, khususnya Bpk. Nasorudin, ST yang telah membantu dalam penyusunan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Laporan Analisis Keselamatan (LAK) Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE), Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, Badan Tenaga Nuklir Nasional - PTBN-BATAN, Oktober 2012.
2. YAEP, "*High Ambient Air Cooled Liquid Chiller, Installation, Commissioning, Operation And Maintenance*". YORK EMEA, 035L02537-100 Rev. 0.
3. Tonny Siahaan, "Analisis Kondisi Sistem Air Dingin Fasilitas Elemen Bakar", Prosiding Hasil-hasil Penelitian EBN Tahun 2008.
4. Wiranto Arismunandar, Heizo Saito, "Penyegaran Udara", PT.Pradnya Paramita, Jakarta, Maret 1980.
5. W.F.Stoecker, "*Refrigeration & Air Conditioning*", 2nd edition, Mc.Graw-Hill Book Company Singapore 1982.
6. DOE HANDBOOK, "*Nuclear Air Cleaning Handbook*", U.S. Department of Energy, Washington, DC 20585, DOE HDBK-1169-2003.

