

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Penelitian

*Air Conditioning* (AC) adalah suatu mesin pendingin sebagai sistem pengkondisi udara yang digunakan dengan tujuan untuk memberikan rasa nyaman bagi penghuni yang berada dalam suatu ruangan/gedung. Jadi AC tidak hanya berfungsi memberikan efek dingin tetapi yang lebih penting adalah memberikan rasa kenyamanan (*comfort air conditioning*) yaitu suatu proses perlakuan termodinamik terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan, dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang berada di dalamnya. (Stoecker, 1996)

Perkembangan pemakaian sistem pengkondisi udara sudah sangat pesat, hal ini dapat dilihat bahwa hampir semua gedung bertingkat, pusat perkantoran, pusat perbelanjaan, perumahan (*residential*) menggunakan fasilitas ini. Fasilitas ini dirancang untuk memenuhi salah satu faktor yang dapat membantu membuat rasa nyaman bagi penghuni dalam melakukan berbagai aktivitas kerja. Bangunan – bangunan yang memiliki beban pendinginan yang besar serta waktu operasi pemakaian pengkondisi udara hampir sama umumnya menggunakan sistem pengkondisi udara sentral. Hal ini karena pertimbangan biaya operasional serta perawatan lebih murah dan mudah. Pada sistem pengkondisi udara sentral dapat dipastikan menggunakan *chiller*.

*Chiller* merupakan unit pendingin yang terdiri dari komponen-komponen utama refrigerasi, yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Seperti halnya sistem refrigerasi, di *chiller* terjadi proses pengeluaran dan penyerapan panas.

Air yang masuk ke *chiller* akan didinginkan, dan disirkulasi oleh pompa menuju unit pengolah udara. Di unit ini terjadi proses pertukaran kalor antara udara dengan air dingin. Udara dingin yang keluar dari unit ini akan disirkulasi oleh fan menuju ruang kondisi. Sehingga *chiller* harus tetap hidup selama unit pengolah udara dijalankan.

Hampir 70 – 80 % energi yang ada di sebuah gedung digunakan untuk sistem pengkondisi udara. Sehingga dapat diprediksikan bahwa biaya pemakaian listrik sangat tinggi, sesuai dengan kenaikan beban pendinginannya. Pengeluaran biaya energi listrik makin besar pada jam-jam puncak (*night time*) karena pada jam-jam tersebut tarif listrik lebih tinggi daripada tarif listrik jam-jam biasa (*day time*).

Penambahan *thermal storage* pada instalasi *chiller* membantu penghematan pemakaian listrik untuk keperluan pengkondisian udara. Berbeda dengan sistem konvensional di atas, *brine* yang mengalir ke *chiller* akan didinginkan dan kemudian disirkulasikan sebagian menuju unit pengolah udara dan lainnya ke *thermal storage*. Di *thermal storage* terjadi pertukaran kalor antara *brine* dengan air atau cairan dalam kemasan plastik (*encapsuled ice*), dan diharapkan semua air atau cairan dalam kemasan plastik (*encapsuled ice*) di dalam storage berubah fasa menjadi es. Kemudian siklus sirkulasi *brine* berubah dari *thermal storage* menuju unit pengolah udara sedangkan *chiller* dalam kondisi mati. Pemakaian listrik pada saat itu hanya untuk menghidupkan pompa saja. Oleh karena itu waktu kerja *Chiller* perlu disesuaikan dengan waktu kerja *Thermal Storage* sehingga diharapkan pemakaian listrik dapat seminimal mungkin (*Energy Efficient*). Idealnya pada jam – jam puncak *chiller* tidak dinyalakan dan beban pendinginan diatasi oleh *thermal storage*, akibatnya pemakaian listrik pada jam puncak berkurang (*energy efficient*).

Siklus kompresi uap merupakan siklus yang terbanyak digunakan dalam siklus refrigerasi/siklus mesin pendingin (Stoecker, 1994). Refrigeran yang digunakan

dalam siklus tersebut terutama adalah refrigeran halokarbon, yang secara teknis cukup baik, apalagi refrigeran jenis ini tingkat racun dan tingkat mampu nyalanya rendah. Namun pada pertengahan tahun 1970-an diketahui bahwa klorin yang terdapat dalam refrigeran halokarbon yang terlepas ke lingkungan dapat merusakkan lapisan ozon di stratosfir. Hal ini akan berdampak pada lingkungan, dimana radiasi UV intensitas tinggi yang mencapai bumi sebagai akibat perusakan lapisan ozon dapat menimbulkan kanker kulit. (Stoecker, 1994).

Untuk mengoperasikan mesin refrigerasi dibutuhkan refrigeran sebagai fluida kerja. Refrigeran yang paling banyak digunakan adalah refrigeran halokarbon (*halogenated refrigerant*) salah satunya adalah jenis *HCFC-22* (*Hydrochlorofluorocarbon*) atau R-22 . (Agarwal, Radhey S, 1997). Namun dari hasil penelitian, refrigeran halokarbon R-22 menunjukkan sifat yang berdampak buruk terhadap lingkungan. R-22 dapat merusak lapisan ozon dan berpotensi besar terhadap peningkatan efek pemanasan global, sehingga penggunaan refrigeran tersebut dicanangkan untuk dihapuskan pembuatan dan pemakaiannya. (Pasek, A.D., Tandian, N.P., Adriansyah W., 2004).

Salah satu refrigeran alternatif pengganti refrigeran halokarbon R-22 adalah refrigeran hidrokarbon (*hydrocarbon referigerant*). Beberapa kelebihan yang dimiliki refrigeran hidrokarbon substitusi R-22 yaitu dapat digunakan sebagai pengganti langsung (*drop in substitute*) tanpa penggantian komponen, ramah lingkungan (tidak merusak lapisan ozon), pemakaian refrigeran lebih sedikit, hemat energi, dan memenuhi standar internasional (Pasek, A.D., Tandian, N.P., 2000).

*Chiller* lebih umum digunakan pada bangunan gedung, pusat perkantoran dan pusat perbelanjaan. Penggunaan *chiller* di bangunan rumah (*residential*) masih sangat sedikit dilakukan, umumnya rumah menggunakan beberapa *AC split* untuk

beberapa ruangan rumah yang perlu disejukkan. Penerapan *chiller* berbasis mesin pendingin kompresi uap menggunakan *hydrocarbon refrigerant* yang ramah lingkungan yang dikombinasikan dengan penggunaan *Encapsulated Ice Thermal Energy Storage* di bangunan rumah yang menggunakan lebih dari 1 *AC split* dapat menghemat penggunaan energi listrik (*Energy Efficient*). (Hauer, Andreas)

## 1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Hampir 70 – 80 % energi yang ada di sebuah gedung digunakan untuk sistem pengkondisi udara. Sehingga dapat diprediksikan bahwa biaya pemakaian listrik sangat tinggi, sesuai dengan kenaikan beban pendinginannya. Pengeluaran biaya energi listrik makin besar pada jam-jam puncak (*night time*) karena pada jam-jam tersebut tarif listrik lebih tinggi daripada tarif listrik jam-jam biasa (*day time*).

Penggunaan *Air Conditioning (AC)* pada bangunan rumah semakin meningkat seiring makin membaiknya daya beli masyarakat. Peningkatan penggunaan *AC* juga diakibatkan berubahnya kondisi temperatur lingkungan bumi yang semakin panas sebagai efek negatif dari pemanasan global (*global warming effect*). Bangunan rumah saat ini banyak menggunakan *AC split* dan digunakan terutama di ruang kerja dan ruang tidur, sehingga penggunaan *AC* pada bangunan rumah bisa lebih dari satu *AC split*, dan tentu saja penggunaan mesin pendingin ini akan mengakibatkan biaya penggunaan listrik jadi lebih banyak.

*Chiller* lebih umum digunakan pada bangunan gedung, pusat perkantoran dan pusat perbelanjaan. Penggunaan *chiller* di bangunan rumah (*residential*) masih sangat sedikit dilakukan, umumnya rumah menggunakan beberapa *AC split* untuk beberapa ruangan rumah yang perlu disejukkan. Penerapan *chiller* berbasis mesin pendingin kompresi uap menggunakan *hydrocarbon refrigerant* yang ramah

lingkungan yang dikombinasikan dengan penggunaan *Encapsulated Ice Thermal Energy Storage* di bangunan rumah yang menggunakan lebih dari 1 *AC split* dapat menghemat penggunaan energi listrik (*Energy Efficient*). (Hauer, Andreas). Pada sistem ini penggunaan kompresor yang membutuhkan energi listrik lebih besar akan banyak digantikan oleh pompa Chiller yang konsumsi listriknya lebih sedikit, sehingga sistem ini akan dapat menghemat penggunaan energi listrik (*Energy Efficient*).

Sebagian besar mesin refrigerasi siklus kompresi uap menggunakan refrigeran halokarbon R-22 yang telah diketahui dapat merusak lapisan ozon yang berdampak negatif pada lingkungan global. Pada penelitian ini akan digunakan refrigeran hidrokarbon substitusi R-22, dengan refrigeran hidrokarbon, perangkat mesin refrigerasi tersebut tetap dapat digunakan, tanpa penggantian komponen.

Untuk mendapatkan efek pendinginan yang memberikan rasa nyaman di sisi dalam ruangan pada perangkat pengkondisian udara dibutuhkan sejumlah energi untuk menggerakkan kompresor, sedangkan pada sisi luar panas dibuang (efek pemanasan) dari sistem ke lingkungan begitu saja tanpa dimanfaatkan. Panas yang dibuang ke lingkungan tersebut kandungan energinya cukup besar, lebih besar dari energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan sistem dan lebih besar dari energi yang diserap di ruangan yang dikondisikan. Panas yang dibuang ke lingkungan ini dapat digunakan untuk memanaskan udara maupun air yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Udara panas dapat dimanfaatkan untuk proses pengeringan sedangkan air panas dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air panas antara lain untuk mencuci, mandi, dan memasak di rumah, kantor, industri, hotel dan rumah sakit. Pemanfaatan panas buang ini dapat menghemat biaya energi listrik atau energi gas yang dibutuhkan dalam proses pemanasan.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah

- Mengembangkan sebuah prototipe sistem pengkondisi udara siklus kompresi uap menggunakan refrigeran hidrokarbon substitusi R-22 untuk bangunan rumah yang hemat energi (*Energy Efficient*) dengan *Encapsulated Ice Thermal Energy Storage*.
- mempelajari parameter yang mempengaruhi karakteristik sistem primer (siklus kompresi uap) dan sistem sekunder (sistem chiller dengan *Encapsulated Ice Thermal Energy Storage (TES)*) diantaranya adalah kapasitas pendinginan, daya kompresi, koefisien performansi (*COP*) dan performansi faktor (*PF*), daya pompa, kapasitas TES.
- mempelajari penggunaan cairan (air, etilen glikol, *anti freezing coolant*) sebagai media penyerapan panas dari *evaporator* atau *encapsuled ice* terhadap kapasitas pendinginan, volume ruang yang didinginkan, waktu pendinginan dan temperatur ruangan.
- mempelajari pengaruh perubahan laju aliran air pada siklus sekunder (sistem chiller), serta kaitannya kapasitas pendinginan, waktu pendinginan dan temperatur ruangan.

### 1.4 Kegunaan Penelitian

Dari penelitian yang dilakukan, diharapkan akan terealisasi sebuah prototipe sistem pengkondisi udara rumah yang hemat energi (*Energy Efficient Residential Air Conditioning Systems*) dengan *Encapsulated Ice Thermal Energy Storage* berbasis mesin pendingin kompresi uap menggunakan refrigeran hidrokarbon substitusi R-22 yang ramah lingkungan.

Kombinasi penggunaan sistem pengkondisian udara dengan sistem chiller dengan *Encapsulated Ice Thermal Energy Storage* akan dapat menghemat penggunaan energi listrik lebih banyak apalagi sistem primer atau siklus kompresi uapnya menggunakan refrigeran hidrokarbon yang juga hemat energi. Diharapkan sistem ini dapat digunakan pada kondisi sebenarnya pada bangunan rumah sehingga pengeluaran biaya listrik untuk keperluan pengkondisian udara akan berkurang secara berarti. Penggunaan refrigeran hidrokarbon pada sistem ini pada bangunan rumah diharapkan dapat mengurangi atau berkontribusi terhadap pengurangan efek perusakan ozon dan pemanasan global untuk pemakaian jangka panjang.