

# Pengujian Model Water Chiller System dengan Hidrokarbon sebagai Refrigeran Primer

Nengah Suarnadwipa & Ketut Astawa

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Badung

e-mail: nengah.suarnadwipa@me.unud.ac.id

---

## Abstrak

Dewasa ini, terdapat dua isu yang memberikan efek negatif terhadap lingkungan karena penggunaan refrigerant synthetic pada sistem refrigerasi dan pada sistem pengkondisian udara (AC). Isu pertama adalah penipisan lapisan ozon dan isu kedua adalah pemanasan global. Terkait kedua isu tersebut akan diteliti suatu desain dan pengujian performancenya dengan menggunakan sistem AC split sebagai sistem pendingin udara menggunakan hidrokarbon sebagai refrigeran utama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan sistem AC split standar dengan R-22 diperoleh kecepatan pendinginan adalah 1958 Watt dan COP adalah 5,29. Sementara itu, untuk AC split yang dimodifikasi dengan menggunakan hidrokarbon (hycool 22), memberikan kecepatan pendinginan 1832 dan COP 4,19. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem AC split dapat digunakan sebagai sistem pendingin udara.

Kata kunci: Sistem AC split, Sistem pendingin udara, R-22, Hycoll-22, Laju pendinginan, COP.

## Abstract

# Testing of Model Water Chiller System with Hidrokarbon as a Primer Refrigeran

Now days, there are two issues that give a negative impact on the environment due to the uses of synthetic refrigerant on the refrigeration system and air conditioning system. The first issue was the Ozon Layer Depletion and the second issue was the Global Warming. Regarding those condition, it will be investigated the design and examination of performance the use of the split type AC system as water chiller system and using hydrocarbon as a primer refrigerant. As a result, in the examination of the standard split type AC system using refrigerant R-22, it founded that the cooling rate of 1958 Watt and COP of 5.29. While the examination on the modified split type AC system into water chiller system using hydrocarbon (hycool 22), has given cooling rate of 1832 Watt and COP of 4.19. Finally, it could be councluded that the split type AC system could be used as water chiller system.

Key words: Split type AC system, Water chiller system, R-22, Hycoll-22, Cooling rate, COP.

---

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Untuk tujuan kenyamanan ruangan perkantoran, hunian dan gedung maka penggunaan sistem *Air Conditioning* (AC) merupakan kebutuhan yang tidak kalah penting. Salah satu dari jenis AC ruangan yang sering digunakan dalam aplikasi adalah jenis AC split. Sistem ini terdiri dari unit indoor dan unit outdoor. Unit indoor dipasang di dalam ruangan yang dikondisikan, sedangkan unit outdoor diletakkan di luar ruangan. Refrigeran yang umum digunakan adalah kelompok refrigeran HCFC (*Hydrochlorofluorocarbon*) yaitu R-22. Refrigeran ini merupakan refrigeran sintetik yang memiliki sifat yang baik dari sisi teknik seperti kesetabilan yang relatif tinggi, tidak terbakar dan tidak beracun.

Sekarang ini terdapat dua masalah lingkungan global yang dianggap paling mengancam kehidupan di muka bumi akibat penggunaan refrigeran sintetik dalam sistem refrigerasi. Masalah yang pertama adalah perusakan lapisan ozon (*Ozone*

*Layer*) dan masalah lainnya adalah munculnya gejala pemanasan global (*Global Warming*) [11]. Masalah lingkungan global adalah persoalan kerusakan lingkungan hidup yang dampaknya dirasakan diseluruh wilayah di bumi (global).

Ditinjau dari dua isu masalah lingkungan diatas, refrigeran R-22 memiliki sifat yang tidak menguntungkan karena dapat merusak lapisan ozon dan meningkatkan pemanasan global. Dampak negatif terhadap lingkungan dari R-22 jauh lebih rendah dibandingkan dengan refrigeran R-12, walaupun demikian R-22 mempunyai peluang juga terhadap masalah diatas. Karena dampak negatif yang disebabkan pemakaian refrigeran sintetik, maka upaya yang dilakukan oleh masyarakat internasional dalam memberikan perlindungan lapisan ozon melalui Konvensi Internasional yang isinya membatasi dan menghapus penggunaan CFC dan HCFC. Berdasarkan Amandemen Kopenhagen, jadwal pemakaian CFC berakhir pada tahun 2005 dan penghapusan HCFC pada tahun 2030.

Refrigeran alternatif yang berpeluang besar adalah dari kelompok hidrokarbon karena memiliki sifat yang kompatibel terhadap peralatan sebelumnya, ramah lingkungan (*Ozone Deplecting Potential*, ODP= 0, *Global Warming Potential*, GWP relatif rendah), bahan baku dan teknologi pembuatannya serta pengolahannya tersedia di Indonesia<sup>[3]</sup>. Kelemahan refrigeran jenis ini adalah mempunyai sifat *flammable* yang tinggi. Namun hal ini dapat dieleminir dengan cara penanganan refrigeran yang baik dan benar.

Berdasarkan kedua masalah lingkungan global diatas dan sifat mudah terbakar yang dimiliki oleh refrigeran hidrokarbon, bagaimana mengupayakan sebuah sistem *Air Conditioning* (AC) untuk pendinginan ruangan yang menggunakan refrigeran yang ramah terhadap lingkungan dan dapat mengeleminir bahaya kebakaran. Dalam upaya ini sistem AC Split yang diperuntukkan untuk mendinginkan ruangan yang sebelumnya menggunakan refrigeran R-22 dirancang menjadi sistem *Water Chiller* yang menggunakan refrigeran hidrokarbon pengganti R-22 sebagai refrigeran primer dan menggunakan *chill water* sebagai refrigeran sekunder. Pada unit outdoornya tersirkulasi refrigeran hidrokarbon sedangkan pada unit indoornya tersirkulasi *chill water*. Dengan demikian di dalam ruangan tidak mungkin terdapat kebocoran hidrokarbon karena yang tersirkulasi pada unit ini adalah air dingin. Jika ada kebocoran refrigeran di unit outdoornya refrigeran hidrokarbon tidak terakumulasi melainkan akan mudah terlepas ke atmosfer sehingga bahaya kebakaranpun dapat dihindari dan masalah lingkungan global dapat teratasi.

### 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah:

- Menganalisis kapasitas pendinginan AC split yang menggunakan refrigeran R-22 dan AC split yang sudah dirancang menjadi *Water Chiller* dengan hidrokarbon sebagai refrigeran primer.
- Menganalisis performansi AC split menggunakan refrigeran R-22 dan AC split yang sudah dirancang menjadi *Water Chiller* dengan hidrokarbon sebagai refrigeran primer.
- Mengetahui sistem *Water Chiller* hasil rancangan dapat menggantikan fungsi AC split sebelumnya berdasarkan unjuk kerjanya (kapasitas pendinginan dan koefisien performansi).

### 1.3. Manfaat

Manfaat yang bisa diberikan oleh penelitian ini adalah dapat mengetahui performansi sistem water chiller berefrigeran hidrokarbon (Hycool-22) yang dirancang untuk menggantikan sistem AC tipe Split yang menggunakan refrigeran R-22 dan dapat

memberikan upaya alternatif penggunaan sistem AC yang ramah lingkungan

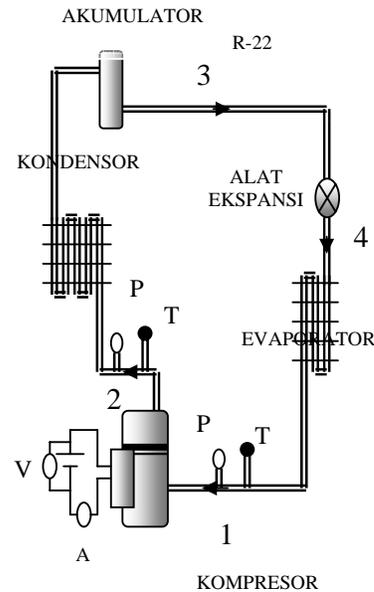
## 2. Metodologi

Model sistem water chiller dibuat dengan memodifikasi AC type Split menjadi jenis water chiller. Sebelum dimodifikasi, sebelumnya dilakukan pengujian terhadap sistem yang akan dimodifikasi. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk dapat membandingkan performansi dari model sistem water chiller terhadap sistem sebelumnya.

Penelitian dilakukan dengan dua tahap pengujian. Tahap pertama, dilakukan pengujian pada sistem AC tipe Split yang berefrigeran R-22. Tahap kedua pengujian pada model sistem water chiller yang menggunakan refrigeran hidrokarbon (Hycool-22).

### 2.1. Rancangan Pengujian AC tipe Split.

Masa pengisian refrigeran ke sistem berdasarkan tekanan isap kompresor 60 Psig. Spesifikasi sistem adalah: kompresor jenis hermatik (1Pk), kondensor jenis sirip berpendingin udara, evaporator jenis sirip (kapasitas pendinginan 9.000 Btu/hr), refrigeran R-22. Pengujian dilakukan pada ruang yang terbuka (beban konstan) dengan memvariasikan kecepatan blower evaporator.



**Gambar 1. Skema Rancangan Pengujian AC Split**

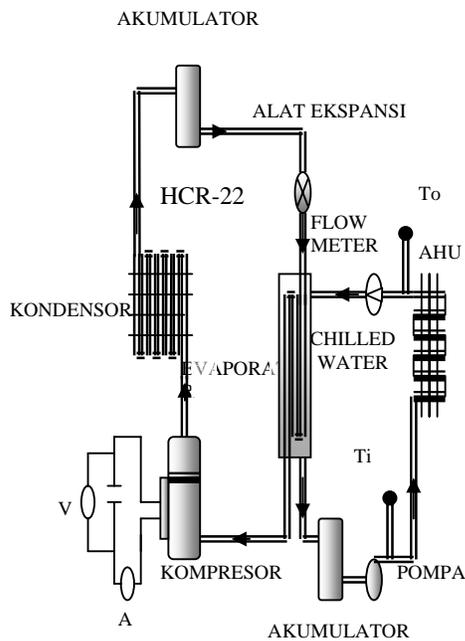
Data- data yang diambil : tekanan dan temperatur di titik 1,2,3 dan 4 ( $P_1, T_1, P_2, T_2, P_3, T_3, P_4, T_4$ ), voltase listrik (V) dan arus listrik pada kompresor (I).

Pengamatan dilakukan setiap 5 menit selama 60 menit. Pengulangan pengujian dilakukan tiga kali pada hari yang berbeda dalam kondisi yang relatif sama. Skematik rancangan pengujian AC tipe split ditunjukkan pada Gambar 1.

**2.2. Rancangan Pengujian Water Chiller.**

Masa pengisian refrigeran ke sistem berdasarkan tekanan isap kompresor 60 Psig. Spesifikasi sistem: kompresor jenis hermatik (1Pk), kondensor jenis sirip berpendingin udara, evaporator jenis shell and tube, pompa *chilled water* ( 125 Watt), AHU (*Air Handling Unit*) kapasitas pendinginan 9000Btu/hr, refrigeran primer hidrokarbon Hycool-22. Refrigeran sekunder adalah air.

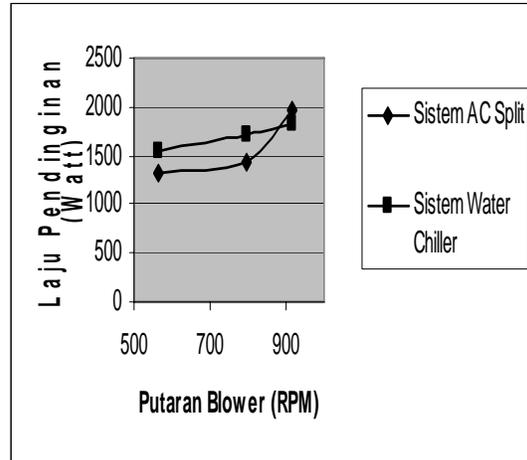
Pengujian dilakukan pada ruang yang terbuka (beban konstan) dengan memvariasikan kecepatan blower AHU (low speed, medium speed, high speed). Data data yang akan diambil : voltase listrik (V) dan arus listrik pada kompresor (I), arus listrik pada pompa, laju aliran volume *Chilled water* ( $\dot{V}$ ), temperatur *chilled water* masuk dan keluar AHU ( $T_i$  dan  $T_o$ ). Pengamatan dilakukan setiap 5 menit selama 60 menit. Pengulangan pengujian dilakukan tiga kali pada hari yang berbeda dalam kondisi relatif sama. Skematik rancangan pengujian sistem water chiller ditunjukkan pada Gambar 2



**Gambar 2. Skema Rancangan Pengujian Water Chiller**

**3. Hasil Dan Pembahasan**

Dari hasil pengolahan data baik pada pengujian sistem AC Split maupun pada Sistem Water Chiller dapat digambarkan kedalam beberapa grafik [5,6,7]. Pada Gambar 3 menampilkan hubungan Laju Pendinginan yang dihasilkan pada sistem AC Split terhadap putaran Blower di Indoor dan hubungan laju Pendinginan yang dihasilkan oleh sistem water chiller terhadap putaran blower indoor.



**Gambar 3. Laju Pendinginan rata-rata terhadap Putaran Blower**

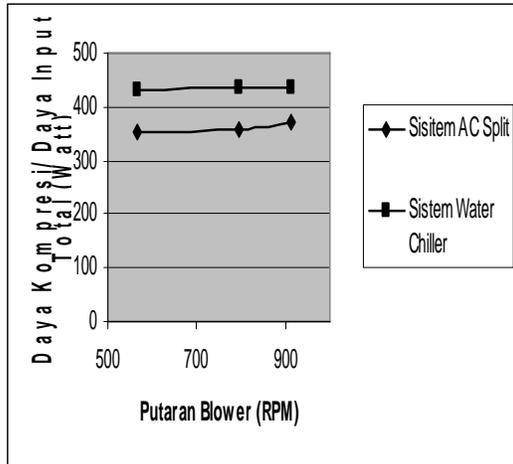
Dari Gambar 3 terlihat bahwa laju pendinginan rata-rata secara keseluruhan meningkat ketika putaran blower ditingkatkan. Salah satu variabel yang mempengaruhi laju pendinginan di indoor adalah kecepatan fluida yang tersirkulasi.

Peningkatan kecepatan aliran udara di indoor akan meningkatkan nilai koefisien konveksi. Kemudian akan meningkatkan perpindahan kalor konveksi dari udara ke dinding pipa dalam AHU, meningkatkan laju perpindahan panas konduksi di dinding pipa dan akhirnya meningkatkan perpindahan konveksi ke refrigeran pada sistem AC Split. Demikian halnya akan meningkatkan perpindahan panas konveksi ke *chilled water* pada Sistem Water Chiller.

Pada putaran blower indoor dibawah 800 rpm laju pendinginan yang dihasilkan oleh sistem water chiller lebih besar dibandingkan yang dihasilkan oleh sistem AC Split. Namun pada putaran blower diatas 800 rpm laju pendinginan yang dihasilkan sistem AC Split meningkat lebih tinggi dari sistem water chiller

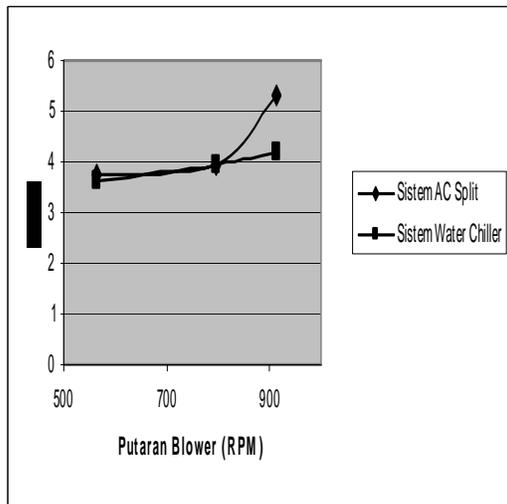
Pada putaran blower indoor 914 rpm laju pendinginan yang dihasilkan sistem AC lebih tinggi 6 % dari sistem water chiller. Pada Gambar 4, terlihat bahwa peningkatan putaran blower di indoor ( di Evaporator pada sistem AC Split atau di AHU pada sistem water chiller) yang digunakan mensirkulasikan udara pada indoor akan meningkatkan kerja kompresor. Peningkatan putaran blower akan memperbesar penyerapan panas dari udara yang diinginkan oleh refrigeran pada sistem AC Split atau pada *chilled water* pada sistem Water Chiller.

Di lain sisi akan berdampak peningkatan penyerapan panas di refrigeran R-22 ( sistem AC Split) demikian juga terjadi peningkatan penyerapan panas dari *chilled water* ke refrigeran primer (Hycool-22) di evaporator (pada sistem Water Chiller).



**Gambar 4. Daya Kompresi / Daya Input Total rata-rata terhadap Putaran Blower**

Hal ini akan menyebabkan sirkulasi refrigeran akan meningkat dan pada akhirnya menyebabkan peningkatan daya kompresi kedua sistem diatas.. Peningkatan daya kompresi dapat dibuktikan dengan meningkatnya arus listrik yang digunakan untuk menggerakkan kompresor. Untuk sistem Water Chiller ada tambahan daya input pompa untuk mensirkulasikan air (chilled water). Sedangkan daya pompa yang dibutuhkan adalah relatif konstan, untuk laju massa air yang konstan. Daya input total pada sistem Water Chiller lebih besar dari pada sistem AC Split, hal ini disebabkan adanya tambahan daya pompa untuk sirkulasi air.



**Gambar 5. Grafik COP terhadap Putaran Blower**

Dari Gambar 5 dapat dilihat peningkatan tipe kecepatan putaran blower indoor menyebabkan peningkatan COP rata-rata dari sistem keseluruhan. water chiller. Hal ini dikarenakan oleh peningkatan laju pendinginan lebih besar dibandingkan dengan

peningkatan daya total yang dibutuhkan sistem. COP pada sistem Water Chiller lebih rendah dibandingkan sistem AC Split, karena daya input yang dibutuhkan pada sistem water Chiller lebih besar. Dalam hal ini COP bebrbanding terbalik dengan daya input yang dibutuhkan. Pada putaran blower 565 rpm dan 796 rpm untuk sistem AC Cplit dan Sistem Water Chiller relatif sama, namun pada putran blower 914 rpm COP sistem AC Split lebih besar 20,7 % dari pada sistem water chiller, karena pada putran ini laju pendinginan yang dihasilkan oleh sistem AC Split lebih besar dibandingkan sistem water chiller dan daya input pada sistem AC Split lebih kecil dari sistem water chiller.

#### 4. Penutup

##### 4.1 Kesimpulan

Dari pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Laju pendinginan terbesar yang dihasilkan pada sistem AC split 1958 Watt. Laju pendinginan yang dihasilkan pada sistem water chiller adalah 1832 Watt. Laju pndingan yang dihasilkan sistem water chiller lebih rendah 6%.
2. COP terbesar yang dihasilkan pada sistem AC split 5,29, sedangkan pada sistem water chiller 4,19. COP sistem water chiller lebih rendah 20,7% dibandingkan AC split.
3. Sistem water chiller yang menggunakan refrigeran primer hidrokarbon hycool-22 dapat menggantikan sistem AC Split dengan baik.

##### 4.2 Saran

1. Daya pompa yang digunakan tidak bekerja efektif, karena sebagian disirkulasikan ke saluran baypass. Disarankan untuk memilih pompa dengan daya yang lebih kecil untuk menaikkan COP sistem water chiller.
2. Untuk mengurangi losses energi dapat dilakukan dengan meningkatkan isolasi pada perpipaan sistem.
3. Dalam aplikasi penggunaan refrigeran hidrokarbon harus memperhatikan keamanan kerja dengan menginsulasi sirkuit-sirkuit listrik agar kedap agar tidak terjadi percikan api.
4. Perlu dilakukan pengujian pengaruh performansi terhadap vaiasi kecepatan udara di indoor

#### 5. Daftar Pustaka

- [1]. ASHRAE, 1994, *Refrigeration, System and Application*, SI edition, Atlanta, GA 30329.
- [2]. An Ecofrig Publication, 1999, *Safe Conversion and Servicing Practies for Refrigeration Appliances Using Hydrocarbon Refrigerant*,
- [3]. BPP Teknologi, 1999, *A Report about Hydrocarbon as an Alternative Refrigerant*.
- [4]. ITB Bandung, 2003, *Training of Trainers Refrigerant Technician*.

- [5]. John R. Howell, Richard O. Buckius, 1987, *Fundamental of Engineering Thermodynamics*, SI edition
- [6]. Michael J., Moran N., Shapiro, 1992, *The Fundamental of Engineering Thermodynamics*, second editions.
- [7]. Purwanto, M. D. A., 2006, *Pengujian dan Analisa Performansi Water Chiller System dengan Variasi Laju Aliran Volume Chilled Water*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana, Bali.
- [8]. Pusat Penelitian Antar Universitas- Ilmu Rekayasa ITB, 1999, *Perlindungan Ozon dengan Teknologi Pendingin hidrokarbon*.
- [9]. Wasutitira, I G. A. L., 2006, *Pengujian dan Analisa Performansi Water Chiller System dengan Variasi Tipe Kecepatan Putaran Blower*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana, Bali.
- [10]. Watanabe, K., Widiatmo, J.V., 1999, *Alternative Refrigerant and Their Thermophysical Properties Research*, Prosedings Seminar on ODS Phase Out, Kuta Bali Indonesia.
- [11]. Wijaya, I K. R., 2006, *Pengaruh Variasi Tipe Kecepatan Putaran Blower terhadap Performansi AC Split*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana, Bali,
- [12]. Wilbert F. Stoecker, 1980, *Refrigeration and Air Conditioning*, McGraw-Hill, New Delhi.