

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak zaman dahulu, manusia telah berusaha untuk menciptakan mesin pendingin yang dapat menurunkan suhu udara untuk berbagai kepentingan, seperti untuk penyimpanan bahan makanan, obat-obatan, zat-zat kimia, dll. Seiring berkembangnya zaman dan teknologi, penggunaan mesin pendingin juga dipergunakan dalam skala yang lebih besar yakni untuk mendinginkan suhu ruangan. Hal ini dilakukan demi tercapainya suhu ruangan yang nyaman untuk manusia dalam berkatifitas di dalam ruangan tersebut, seiring dengan meningkatnya suhu permukaan bumi yang diakibatkan oleh pemanasan global.

Salah satu mesin pendingin ruangan yang telah banyak digunakan pada masa sekarang ini yakni *water chiller*. *Water chiller* merupakan salah satu mesin pendingin atau pengkondisi udara sentral (Diputra, 2019). *Water chiller* banyak digunakan sebagai mesin pendingin dalam skala industri karena *water chiller* memiliki kelebihan dibandingkan dengan mesin pendingin ruangan lain seperti AC *Split* yakni perawatan *condensing unit* yang terpusat pada satu tempat walaupun dengan jumlah *evaporating unit* yang banyak. “*Water chiller* merupakan mesin pendingin ruangan yang menggunakan media pendinginan

berupa air yang disirkulasikan di dalam AHU (*Air handling Unit*).” (Abdi Pranata et al., 2019).

Air bersuhu rendah yang digunakan dalam proses penurunan suhu ruangan dihasilkan dengan cara mendinginkan air menggunakan media *refrigerant* yang ditekan oleh kompresor. Air bersuhu rendah tersebut kemudian dipompa menuju AHU pada tiap-tiap ruangan melalui sebuah saluran. Saluran tersebut kemudian disebut dengan saluran *chilled water*.

Untuk memudahkan proses pembelajaran maupun penelitian mengenai *water chiller*, mahasiswa konsentrasi pendingin Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Pendidikan Ganesha membuat sebuah miniatur *water chiller* yang diberi nama *prototype mini water chiller* yang memiliki cara kerja yang sama dengan *water chiller* pada umumnya, namun dengan ukuran yang lebih kecil, dimana *prototype mini water chiller* memiliki dimensi panjang 100 cm, lebar 50 cm, dan tinggi 130 cm. Walaupun memiliki dimensi yang kecil, *prototype mini water chiller* tetap memiliki komponen yang lengkap sesuai dengan komponen penyusun *water chiller* diantaranya kompresor, kondensor, evaporator, pompa, *chilled water tank*, saluran *chilled water*, dan AHU yang telah dirancang sedemikian rupa hingga ukurannya bisa dibuat lebih kecil.

Energi panas yang berasal dari lingkungan dapat berpindah ke saluran *chilled water prototype mini water chiller* secara konveksi dengan cepat apabila saluran tersebut tidak terinsulasi, dan akhirnya akan mempengaruhi capaian suhu dan laju pendinginan pada ruangan (AHU).

Untuk mengurangi efek kondensasi pada saluran *chilled water* yang berdampak kepada capaian suhu optimal dan laju pendinginan ruangan *prototype*

mini water chiller, dapat dilakukan dengan cara membuat insulasi pipa. Insulasi pipa adalah proses mengisolasi pipa air dingin dengan *insulator*. Wicaksono et al., (2017) menyebutkan bahwa *insulator* merupakan bahan yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas (kalor). *Insulator* yang paling sering digunakan pada saluran *chilled water water chiller* adalah *nitrile rubber expanded*. *Nitrile rubber expanded* dikenal di pasaran dengan merk *armaflex*.

Penelitian-penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini telah dilakukan oleh Muntolib dan Rusdiyantoro pada tahun 2014 mengenai analisa bahan isolasi pipa saluran uap panas pada boiler untuk meminimalisasi *heat loss*, dan didapati bahwa bahan isolasi *mineral wool* memiliki hasil terbaik dalam meminimalisasi *heat loss* pada boiler dibandingkan dengan bahan isolasi *calcium silicate* dan *ceramic fiber blanket*. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Adli Destiawan Wicaksono pada tahun 2017 tentang pengaruh bahan insulasi terhadap perpindahan kalor pada tangki penyimpanan air untuk sistem pemanas air berbasis surya, dan didapatkan hasil bahwa insulator *nitrile rubber expanded (armaflex)* merupakan insulator yang menyebabkan kehilangan panas (*heat loss*) paling rendah setelah insulator *rockwool* pada tangki penyimpanan air panas, dan pada penelitian itu juga menunjukkan tangki penyimpanan air panas yang tidak diberikan perlakuan (tanpa insulasi) mengalami kehilangan panas (*heat loss*) terbesar dibandingkan dengan insulator-insulator lain yang digunakan.

Selain itu, terdapat penelitian yang dilakukan oleh Made Dwi Kayana pada tahun 2018 mengenai pengaruh laju aliran fluida air pada saluran pipa AHU (*air handling unit*) terhadap capaian suhu optimal mesin pendingin *mini water chiller*, dan diketahui bahwa dengan menggunakan laju aliran fluida air sebesar

0,83 liter/detik menghasilkan capaian suhu yang paling optimal dibandingkan dengan laju aliran fluida air 0,27 liter/detik dan 0,55 liter/detik. Lalu pada tahun berikutnya terdapat 3 penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini, yang pertama yakni penelitian yang dilakukan oleh P. Deva Supriana pada tahun 2019, yang meneliti tentang pengaruh variasi fluida pendingin terhadap capaian suhu optimal pada rancangan mesin pendingin *mini water chiller*, dan didapat hasil fluida campuran air + *coolant* dengan perbandingan 50:50 menghasilkan capaian suhu yang paling optimal dibandingkan penggunaan fluida air dan fluida *coolant*. Yang kedua yakni penelitian yang dilakukan oleh I.G. Abdi Pranata pada tahun 2019 yang meneliti tentang perbandingan air dan udara sebagai media pendingin kondensor terhadap pencapaian suhu optimal siklus primer pada *prototype mini water chiller*, dan didapat hasil suhu ruangan pendinginan *prototype mini water chiller* pada saat kondensor didinginkan menggunakan media air lebih baik dibandingkan pada saat kondensor didinginkan menggunakan media udara. Lalu yang ketiga terdapat penelitian yang telah dilakukan oleh Kadek Andika Angga Diputra pada tahun 2019 yang meneliti tentang pengaruh variasi diameter dan panjang pipa kapiler terhadap capaian temperatur maksimal siklus primer pada rancangan mesin *mini water chiller*, dan didapat hasil penggunaan pipa kapiler dengan diameter 0,064 inci dan panjang 1 meter menghasilkan rata-rata temperatur AHU yang paling rendah dibandingkan dengan variasi lainnya.

Terakhir, penelitian yang dilakukan oleh Ryan Pratama Putra pada tahun 2020 tentang pengaruh variasi beban pendinginan ruangan terhadap unjuk kerja *prototype mini water chiller*, dan didapat hasil laju pendinginan ruangan terendah terjadi pada pembebanan dengan temperatur 30°C sedangkan untuk untuk laju

pendinginan ruangan tertinggi terjadi pada pembebanan dengan temperatur 50°C dan untuk *coefficient of performance* (COP) terendah terjadi pada pembebanan dengan temperatur 50°C sedangkan untuk *coefficient of performance* (COP) tertinggi terjadi pada pembebanan dengan temperatur 30°C.

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian tersebut, didapati bahwa belum ada penelitian yang dilakukan untuk meneliti pengaruh variasi bahan insulasi saluran *chilled water* pada *prototype mini water chiller* terhadap capaian suhu optimal dan laju pendinginan *prototype mini water chiller*, sehingga peneliti tertarik untuk melakukan penelitian lanjutan dengan judul Analisis Pengaruh Variasi Bahan Insulasi Saluran *Chilled Water* Terhadap Performansi *Prototype Mini Water Chiller*.

Adapun dalam penelitian ini, peneliti akan memvariasikan bahan insulasi saluran *chilled water prototype mini water chiller* untuk meningkatkan performansi *prototype mini water chiller*. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan pengaruh penggunaan *nitrile rubber expanded* yang memiliki nilai konduktivitas thermal sebesar 0.033-0.044 W/mK dan *polyurethane foam* yang memiliki nilai konduktivitas thermal yang lebih rendah yakni 0,016-0,023 W/mK (Deshmukh et al., 2017) sebagai bahan insulasi saluran *chilled water prototype mini water chiller* terhadap capaian suhu optimal dan laju pendinginan ruangan pada *prototype mini water chiller*.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, penulis mengidentifikasi beberapa masalah yakni:

1. Laju perpindahan panas dari udara ke saluran *chilled water* yang tinggi akan membuat suhu *chilled water* di dalam saluran *chilled water* meningkat dengan cepat sehingga capaian suhu optimal dan laju pendinginan ruangan *prototype mini water chiller* menurun.
2. Capaian suhu optimal yang rendah akan mengakibatkan sistem *mini water chiller* bekerja lebih berat sehingga dapat mengurangi *lifetime* dari *prototype mini water chiller* itu sendiri.
3. Laju pendinginan ruangan yang rendah akan mengakibatkan lebih banyak waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu ruangan pendinginan *prototype mini water chiller* sehingga konsumsi energi listrik menjadi lebih tinggi.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini tidak meluas, maka perlu adanya batasan masalah. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yakni:

1. Kapasitas mesin pendingin *prototype mini water chiller* yakni sebesar 1 PK.
2. Penelitian dilakukan untuk mengetahui perbedaan performansi *prototype mini water chiller* pada saat saluran *chilled water* belum diinsulasi, setelah diinsulasi menggunakan insulator berbahan *nitrile rubber expanded*, dan setelah diinsulasi menggunakan insulator berbahan *polyurethane foam*.
3. Performansi yang diuji dalam penelitian ini meliputi capaian suhu optimal dan laju pendinginan ruangan *prototype mini water chiller*.
4. Pengujian akan dilakukan masing-masing sebanyak 20 kali dengan waktu pengujian selama 20 menit.

5. Ketebalan insulator saluran *chilled water* yang akan digunakan pada penelitian ini yakni sebesar 19 mm.
6. Suhu awal dalam kabin *prototype mini water chiller* ditetapkan sebesar 30°C.
7. Suhu awal *chilled water* pada *chilled water tank* ditetapkan sebesar 27,5°C.
8. Untuk mencari laju pendinginan ruangan, suhu ruangan *mini water chiller* akhir ditetapkan sebesar 24°C.
9. Suhu lingkungan pada tempat pengujian yang diijinkan pada saat pengambilan data dilakukan yakni sebesar 29°C
10. Laju aliran *chilled water* dari *chilled water tank* menuju FCU ditetapkan sebesar 0,83 liter/detik (merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Made Dwi Kayana pada tahun 2018).
11. *Chilled water* merupakan campuran air dan *coolant* dengan perbandingan 50:50 (merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh P. Deva Supriana pada tahun 2019).
12. Kondensor *prototype mini water chiller* didinginkan menggunakan media pendingin air (merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh I. G. Abdi Pranata pada tahun 2019).
13. Pipa kapiler yang digunakan pada *prototype mini water chiller* memiliki diameter 0,064 inch dengan panjang total 1 m (merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Kadek Andika Angga Diputra pada tahun 2019).

1.4 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah pengaruh variasi bahan insulasi saluran *chilled water nitrile rubber expanded* dan *polyurethane foam* terhadap capaian suhu optimal *prototype mini water chiller*?
2. Bagaimanakah pengaruh variasi bahan insulasi saluran *chilled water nitrile rubber expanded* dan *polyurethane foam* terhadap laju pendinginan ruangan *prototype mini water chiller*?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka dapat disusun tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi bahan insulasi saluran *chilled water nitrile rubber expanded* dan *polyurethane foam* terhadap capaian suhu optimal *prototype mini water chiller*.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi bahan insulasi saluran *chilled water nitrile rubber expanded* dan *polyurethane foam* terhadap laju pendinginan ruangan *prototype mini water chiller*.

1.6 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sesuai dengan harapan sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Dapat memperkaya ranah ilmu pengetahuan dengan memberikan sumbangan kepada pembelajaran bidang refrigrasi pada khususnya.
 - b. Dapat digunakan sebagai sumber referensi dalam pembelajaran di kelas.
 - c. Dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.
2. Manfaat Praktis

a. Bagi Masyarakat

Manfaat penelitian ini bagi masyarakat umum adalah dapat memberikan informasi mengenai jenis insulator yang baik dalam perancangan mesin pendingin.

b. Bagi Mahasiswa

Dapat memotivasi mahasiswa program studi Pendidikan Teknik Mesin khususnya konsentrasi pendingin (refrigerasi) untuk terus mengembangkan karya yang telah ada maupun membuat karya baru di bidang refrigrasi.

c. Bagi Peneliti

Dapat memberikan pengalaman langsung kepada peneliti sebagai implementasi dari ilmu mengenai refrigrasi.

1.7 Luaran Penelitian

Selain sebagai tugas akhir, nantinya dalam penelitian ini menghasilkan luaran berupa:

1. Modul pembelajaran refrigrasi dalam rangka meningkatkan sumber belajar atau juga bisa dijadikan sebuah referensi pada jenjang pendidikan menengah kejuruan sampai dengan perguruan tinggi, yang berkaitan dengan insulasi thermal pada *water chiller*.
2. Artikel ilmiah tentang Analisis Pengaruh Variasi Bahan Insulasi Saluran *Chilled Water* Terhadap Performansi *Prototype Mini Water Chiller* yang akan dimasukkan dalam Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Universitas Pendidikan Ganesha.