

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem pendingin sangat dibutuhkan dalam kehidupan manusia, seperti di proses manufaktur industri, penyimpanan dan pengawetan makanan, perkantoran, instalasi pembangkit listrik, transportasi, rumah tangga, dan lain sebagainya. Sistem pendingin secara umum digunakan untuk mengkondisikan udara ruangan menjadi lebih nyaman bagi manusia, dan menjaga temperatur peralatan yang beroperasi di industri atau instalasi. Penentuan sistem pengkondisian udara sangat penting menyangkut efisiensi dan efektivitas peralatan. Dengan tingkat kenyamanan yang baik, akan meningkatkan kinerja dari manusia maupun mesin yang digunakan (Nurhadi, 2014; Supriyadi, 2018).

Untuk mengetahui tingkat kenyamanan dari sistem pendingin, ada tiga kondisi yang sangat penting dalam menentukannya, yaitu: temperatur, kelembaban (humiditas), dan pergerakan atau aliran udara di dalam ruangan yang dikondisikan (Stoecker & Jones, 1982). Terlalu tingginya temperatur udara akan mencegah konveksi panas dari tubuh manusia, sedangkan temperatur udara yang terlalu rendah akan menyebabkan kehilangan panas tubuh yang berlebihan. kelembaban udara yang tinggi berarti banyak uap air yang terkandung di dalam udara dan akan mencegah proses penguapan dari tubuh ke udara sekeliling. Pergerakan udara yang baik sangat menentukan kualitas udara di dalam ruangan yang dikondisikan (Anwar, 2010).

Untuk mengkondisikan udara di industri ataupun fasilitas umum biasanya digunakan *chiller*, yaitu sebuah alat yang menggunakan sistem pendingin untuk memindahkan atau menghilangkan panas dari suatu beban proses ke lingkungan. Sebuah *chiller* dengan performansi kerja baik diperlukan agar menghasilkan udara segar yang nyaman dan berkesinambungan. Dalam menghasilkan kinerja *chiller* yang baik diperlukan suatu pengukuran dan analisa kinerja mesin *chiller* (Maya Firanti Putri, 2016). Cara dilakukan untuk menganalisis kinerja mesin *chiller* yaitu melalui perhitungan dan simulasi menggunakan *software*. Dalam operasinya, sistem pendingin *chiller*

memerlukan perbaikan (*improvement*) dan proses optimasi agar menghasilkan performansi kerja yang baik. Setelah dilakukan perbaikan dan optimasi, performansi kerja pun masih terus dilakukan untuk penyempurnaan. Optimasi merupakan sebuah proses yang dilakukan untuk mendapatkan hasil ideal atau nilai yang lebih efektif. Dengan kata lain, optimasi merupakan suatu kegiatan yang dilakukan dalam rangka mengoptimalkan sesuatu yang sudah ada, atau merancang dan membuat sesuatu secara optimal (Ratiko, 2011).

Sistem pendingin *chiller* umumnya diaplikasikan pada gedung-gedung bertingkat dengan ruangan dan kapasitas yang besar. Pada sistem ini, refrigeran yang digunakan tidak dalam jumlah yang besar karena yang dialirkan ke *air handling unit* (AHU) adalah berupa air (Rahman, 2004). *Chiller* memiliki komponen utama berupa *evaporator*, kondenser, kompresor, dan katup ekspansi (Djunaidi & Aep Saepudin Catur, 2012).

Sehubungan dengan kebutuhan pendinginan yang menggunakan *chiller*, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) memiliki sebuah instalasi pengolahan limbah radioaktif yang memerlukan sistem pendingin untuk memindahkan panas dari bahan bakar nuklir bekas ke lingkungan. Di dalam instalasi ini terdapat sebuah Fasilitas Kanal Hubung – Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Bekas (KH-IPSB3). Fasilitas ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan bahan bakar nuklir bekas setelah masa pemakaian di Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy (RSG - GAS) berakhir. Bahan bakar nuklir bekas adalah bahan bakar yang sudah tidak memiliki kemampuan untuk melakukan reaksi nuklir yang berkelanjutan. Bahan bakar bekas tersebut secara terus-menerus tetap menghasilkan kalor karena adanya peluruhan radioaktif dari elemen-elemen di dalamnya. Panas yang dibangkitkan harus didinginkan agar bahan bakar bekas tidak mengalami *overheat*. Tipe penyimpanan basah menggunakan air bebas mineral (air demineral) digunakan sebagai pendingin panas peluruhan dari bahan bakar bekas tersebut. Dengan demikian panas berlebih yang dapat mengakibatkan rusaknya integritas bahan bakar bekas dapat dicegah dan tidak menyebabkan material radioaktif terlepas ke lingkungan (Kusuma, 2017; Pusat Teknologi Limbah Radioaktif, n.d.).

Dalam kegiatan pengoperasian KH-IPSB3 tersebut, diketahui bahwa sistem pendingin *chiller* memerlukan pasokan energi yang cukup besar. *Chiller* tersebut menggunakan siklus kompresi uap. Pasokan energi tersebut mengakibatkan biaya yang dikeluarkan untuk membayar kebutuhan listrik menjadi tinggi sehingga kurang efisien. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk melakukan efisiensi terhadap penggunaan energi untuk mengoperasikan *chiller* adalah dengan melakukan kalkulasi optimasi pada sistem pendingin *chiller* tersebut. Optimasi yang dilakukan harus dapat menjamin bahwa keamanan radiasi menjadi prioritas utama sesuai dengan desain keamanan yang ditetapkan oleh BATAN dan *International Atomic Energy Agency* (IAEA).

Tujuan penelitian ini adalah untuk memahami karakteristik *chiller* pada IPSB3, memperoleh konsumsi daya kompresor pada *chiller*, memperoleh nilai variabel-variabel yang sangat mempengaruhi kondisi optimum yang diinginkan/*objective function* (*safety* dan *cost*) pada *chiller* yang terdapat di IPSB3 sehingga didapatkan *safety* dan *cost* yang optimum. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini diawali dengan melakukan pengambilan data berupa pengukuran pada panel *chiller* menggunakan alat ukur HIOKI 3197 *Power Quality Analyzer*, menggambar desain gedung IPSB3 menggunakan program *drawing 3D Google SketchUp* kemudian diintegrasikan dengan *software Energy Plus* guna merancang permodelan suatu bangunan untuk mengetahui biaya operasi dan penggunaan energinya. Setelah didapatkan energinya, dilakukan perhitungan matematika dan mengoptimasi dengan menggunakan *software Matlab*. Pada optimasi ini *decision variables* yang dipilih yaitu temperatur pada evaporator, kondenser, *subcooled*, *superheating*, laju alir volumetrik masuk dan keluar serta temperatur ruangan. *Objective functions* yang diinginkan adalah *safety* dan *cost* yang optimum.

Penelitian diharapkan memiliki manfaat sebagai pengetahuan optimasi sistem pendingin *chiller* di Gedung KH-IPSB3 Pusat Teknologi Limbah Radioaktif BATAN, sehingga *chiller* memenuhi standar desain keamanan yang ditetapkan oleh BATAN serta kapasitas dan biaya yang digunakan lebih efisien.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka timbul beberapa masalah, yaitu:

1. Bagaimana karakteristik sistem pendingin (*chiller*) dan penggunaan energinya di Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar nuklir Bekas (IPSB3)?
2. Apakah konsumsi daya pada *chiller* memenuhi kebutuhan pendinginan di IPSB3?
3. Apakah setelah dilakukan kalkulasi optimasi, *chiller* memenuhi standar desain keamanan yang ditetapkan oleh BATAN dan IAEA dan biaya yang dikeluarkan lebih efisien?

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang serta identifikasi masalah, pembatasan masalah dalam skripsi ini meliputi:

1. Pada *safety function*, bahan bakar nuklir bekas yang berpotensi mengeluarkan radionuklida yang terdapat di BATAN diasumsikan menjadi 4 (empat) jenis yaitu *Caesium-137*, *Iodine-131*, *Radon-222* dan *Xenon-133*. Dari keempat jenis radionuklida tersebut, dipilih jenis yang berpotensi mengeluarkan radionuklida paling besar, yaitu *Iodine-131*.
2. Kalkulasi optimasi yang dilakukan pada penelitian ini terfokus pada konsumsi energi dari kompresor dan juga energi lain. Dikarenakan energi lain relatif lebih kecil, maka diabaikan.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah yang dibuat, maka masalah yang dirumuskan adalah “bagaimana optimasi sistem pendingin (*chiller*) untuk Gedung Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar nuklir Bekas di BATAN?”

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk memahami karakteristik *chiller* dan penggunaan energinya di Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Nuklir Bekas (IPSB3)
2. Untuk memperoleh data konsumsi daya kompresor pada *chiller* di IPSB3 dengan memasang alat ukur *Power Quality Analyzer* (PQA) pada panel *chiller*
3. Untuk memperoleh nilai *decision variable* dan *objective functions* yang optimal dari sisi *safety* dan biaya pengoperasian yang rendah.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian diharapkan memiliki manfaat sebagai pengetahuan optimasi sistem pendingin (*chiller*) untuk Gedung IPSB3 di BATAN, sehingga *chiller* memenuhi standar desain keamanan yang ditetapkan oleh BATAN dengan kapasitas *chiller* yang digunakan memiliki biaya yang efisien.

