

ANALISIS PENGATURAN KELEMBABAN PADA AIR HANDLING UNIT AREA PRODUKSI VAKSIN SINOVAC PT. BIOFARMA

Mutiara Sholihah¹, Alvera Apridialianti Melkias², Maridjo³

¹Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

¹E-mail: mutiara.sholihah.tken19@polban.ac.id

²E-mail: alveramelkias@polban.ac.id

³E-mail: maridjo@polban.ac.id

ABSTRAK

Air Handling Unit merupakan unit pengkondisian lingkungan melalui pengaturan suhu, kelembapan, arah pergerakan udara, mutu udara, dan pengontrolan partikel yang berada di udara. AHU memiliki peranan yang sangat penting bagi industri farmasi, didalam sistem tata udara terdapat parameter kritis yang dapat mempengaruhi kualitas produk seperti suhu dan kelembapan, sehingga keduanya harus selalu dijaga nilainya agar sesuai dengan standar dan set point yang ditentukan oleh CPOB (Cara Pembuatan Obat yang Baik) dibawah pengawasan BPOM. CPOB menetapkan standar untuk suhu sebesar 20°C dan kelembapan sebesar 55% untuk pengkelasan kelas B. Analisa pengaturan kelembapan dilakukan dengan membandingkan kelembapan aktual dengan set point kemudian dilakukan *plotting* pada *psychrometric chart* sehingga didapatkan titik baru yang mencapai *set point* kelembapan, dari hasil perhitungan didapatkan sehingga keduanya laju alir massa air yang dibutuhkan agar mencapai kelembapan pada *cooling coil* sebesar 1.75889 kg/s, dengan jumlah energi yang diperlukan untuk mencapai kelembapan tersebut sebesar 29.82233173 kJ/s, setelah dilakukan pengaturan laju alir masa air pada *cooling coil* hingga RH mencapai set point, kemudian dilakukan pengaturan temperatur pada *heating coil* melalui pemanasan sensibel, didapatkan hasil bahwa laju alir masa air yang dibutuhkan agar temperatur mencapai set point sebesar 1.758925 kg/s, dengan jumlah energi yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur dari 17,2 °C menjadi 20°C adalah sebesar 18.98319 kJ/s.s selalu dijaga nilainya agar sesuai dengan standar dan set point yang ditentukan oleh CPOB (Cara Pembuatan Obat yang Baik) dibawah pengawasan BPOM.

Kata Kunci

Air Handling Unit, Kelembapan, Suhu, CPOB

1. PENDAHULUAN

Situasi pandemi covid-19 yang masih terjadi di Indonesia seperti saat ini memerlukan vaksin sebagai garis pertahanan terakhir bagi keselamatan seluruh warga negara agar dapat memutus mata rantai penyebaran virus, oleh sebab itu, industri kesehatan terus digenjut pertumbuhannya untuk meningkatkan daya saing dan kemandirian industri kesehatan, salah satu perusahaan yang berperan dalam pembuatan dan penggandaan vaksin covid-19 adalah PT. Biofarma.

PT. Biofarma merupakan perusahaan yang bergerak di bidang penelitian dan pengembangan produksi produk life science, pemasaran, perdagangan, distribusi produk life science dan alat kesehatan termasuk barang umum, pelayanan laboratorium kesehatan, klinik dan jasa lainnya yang berhubungan dengan hal – hal tersebut. PT. Biofarma menjalankan roda organisasinya di atas lahan seluas 91.058 m² yang bertempat di Jalan

Pasteur No. 28 Bandung untuk fasilitas produksi, penelitian, pengembangan, pemasaran, dan administrasi, sedangkan untuk kepentingan perkembangbiakkan dan pemeliharaan hewan laboratorium bertempat di Cisarua, Lembang, Kabupaten Bandung Barat dengan lahan seluas 282.441 m², sedangkan untuk mendukung kelancaran operasional, perusahaan juga memiliki Kantor Perwakilan di Gedung Arthaloka Lt. 3 Jalan Jendral Sudirman No.2, Jakarta.

Sistem tata udara atau HVAC (Heating, Ventilating, and Air Conditioning) memegang peranan yang sangat penting pada industri farmasi, hal ini dikarenakan HVAC dapat memberikan perlindungan terhadap lingkungan pembuatan produk, menunjang produksi obat yang bermutu, memberikan lingkungan kerja yang nyaman bagi para karyawan, serta memberikan perlindungan pada lingkungan dimana terdapat bahan berbahaya melalui pengaturan sistem pembuangan udara yang efektif dan aman dari bahan tersebut. Terdapat beberapa parameter kritis yang dapat mempengaruhi

kualitas dari produk dalam sistem tata udara, seperti temperatur dan kelembapan yang merupakan cerminan penerapan CPOB (Cara Pembuatan Obat yang Baik) dan merupakan salah satu sarana penunjang kritis yang 2 membedakan antara industri farmasi dengan industri lainnya. CPOB tidak hanya mengatur aspek produksi, akan tetapi juga mengendalikan mutu obat. Parameter kritis temperatur dan kelembapan ini juga diatur oleh Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM). Kondisi pada sistem tata udara PT. Biofarma tidak selalu berjalan sesuai standar pada setiap proses produksinya, adakalanya kondisi ruangan produksi melewati batas standar atau tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan, maka untuk dapat menanggulangi kondisi tersebut perlunya dilakukan evaluasi terhadap sistem tata udara secara berkala agar kondisi udara ruangan dapat kembali memenuhi standar dan setpoint yang sudah diatur dalam CPOB.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Air Handling Unit

Sistem tata udara/ AHU (Air Handling Unit) merupakan pengkondisian lingkungan melalui pengaturan temperatur, kelembapan nisbi, arah penggerak udara, mutu udara, pengendalian partikel, dan pembuangan kontaminan yang terdapat di udara. AHU disebut sistem karena terdiri dari beberapa mesin/ alat yang memiliki fungsi yang berbeda.

2.2 Bagian – Bagian Air Handling Unit

Sistem tata udara/ AHU (Air Handling Unit) merupakan pengkondisian lingkungan melalui pengaturan temperatur, kelembapan nisbi, arah penggerak udara, mutu udara, pengendalian partikel, dan pembuangan kontaminan yang terdapat di udara. AHU disebut sistem karena terdiri dari beberapa mesin/ alat yang memiliki fungsi yang berbeda, yang terdiri dari:

1. Dumper

Dumper merupakan bagian dari HVAC yang berfungsi sebagai pengatur jumlah (debit) udara yang dipindahkan kedalam ruangan produksi. Besar kecilnya udara yang dipindahkan dapat diatur sesuai dengan pengaturan tertentu pada dumper, agar sesuai dengan ukuran ruangan yang akan menerima distribusi udara tersebut.

2. Filter

Filter merupakan bagian AHU yang berfungsi untuk mengendalikan dan mengontrol jumlah partikel dan mikroorganisme (partikel asing) yang

mengkontaminasi udara yang masuk ke dalam ruang produksi.

3. Cooling Coil

Cooling coil atau evaporator berfungsi sebagai pengontrol kelembapan relatif (relative humidity/ RH) udara yang nantinya dialirkan ke ruangan produksi. Pengontrolan temperatur dan kelembapan relatif ini bertujuan agar output udara yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi ruangan yang telah ditetapkan, dimana proses pendinginan udara dilakukan dengan mengalirkan udara yang berasal dari campuran udara balik (return air) dan udara luar (fresh air) melalui kisi – kisi (coil) evaporator yang bertemperatur rendah. Proses tersebut menyebabkan terjadinya kontak antara udara dan permukaan kisi evaporator yang akan menghasilkan udara dengan temperatur yang lebih rendah.

4. Heating Coil

Heating coil atau kondensor berfungsi sebagai pengontrol temperatur setelah udara diatur kelembapannya pada cooling coil dengan bantuan media perpindahan panas berupa air panas yang berasal dari kondensor.

5. Supply Fan

Static pressure fan/ blower merupakan bagian dari AHU yang berfungsi sebagai penggerak udara di sepanjang sistem distribusi udara yang terhubung dengan static pressure fan/ blower.

6. Ducting

Ducting merupakan bagian dari AHU yang berfungsi sebagai saluran tertutup tempat mengalirnya udara yang menghubungkan blower dengan ruangan produksi, yang terdiri dari saluran udara masuk (ducting supply) dan saluran udara keluar dari ruangan produksi dan masuk kembali ke AHU (ducting return). Ducting didesain dengan insulator di sekeliling permukaannya, yang berfungsi sebagai penahan penetrasi panas dari udara luar yang memiliki temperatur yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan temperatur di dalam ducting.

2.3 Parameter Kritis

Parameter kritis dari sistem tata udara perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi produk, meliputi:

1. Temperatur dan Kelembapan

Temperatur dan kelembapan memiliki persyaratan yang terbagi menjadi dua, diantaranya persyaratan umum dan persyaratan khusus. Industri farmasi termasuk kedalam persyaratan khusus, persyaratan khusus lebih menitikberatkan pada kondisi yang berdampak buruk pada mutu produk sehingga perlu dibuat standar parameter proses yang menunjukkan batas operasional yang dapat diterima produk atau proses seperti pada industri farmasi pada ruang steril, udara bersentuhan langsung

dengan produk sehingga temperatur akan sangat berdampak pada kualitas produk maka rentang temperatur perlu dibatasi.

2. Partikel Udara

Partikel udara dikendalikan pada fasilitas yang diklasifikasikan; yaitu kelas A, B, C, D, dan E. Gudang penyimpanan, tempat labeling atau pengemasan sekunder, umumnya tidak mempunyai kriteria khusus untuk partikel udara, kecuali 14 filter udara yang dipasang untuk mengurangi jumlah partikel yang terbuang ke lingkungan.

3. Perbedaan Tekanan antar Ruang dan Pola Aliran Udara

Pola aliran udara dapat memengaruhi tingkat partikel udara lokal dengan signifikan. Untuk area aseptis dan area yang diklasifikasi, suatu isolator pelindung atau suatu Uni-directional Airflow Hood (UFH) dapat mengisolasi area produk secara substansial. Walaupun pola aliran udara tidak dipantau, kinerja perangkat pelindung (isolator, UFH) dapat dipantau, contohnya pemantauan tekanan pada isolator.

2.4 Klasifikasi Ruang Industri Farmasi

Klasifikasi ruangan dalam pembuatan obat – obatan pada industri farmasi memiliki standar yang diatur oleh CPOB (Cara Pembuatan Obat yang Baik). Cara Pembuatan Obat yang Baik (CPOB) bertujuan untuk menjamin obat dibuat secara konsisten, memenuhi persyaratan yang ditetapkan dan sesuai dengan tujuan penggunaannya. CPOB mencakup seluruh aspek produksi dan pengendalian mutu. Adapun standar kalsifikasi ruangan industri farmasi seperti pada tabel berikut:

Tabel 1 Standar CPOB tahun 2006

Grade/ Class	Temperature (°C)	Relative Humidity (%)
A	16-25	45 – 55
B	16 – 25	45 – 55
C	16 -25 atau 20 – 27	45 – 55 atau 40 – 60
D	20/ 27	40 – 60 atau maksimal 70 atau 40
E	20/ 28	-

Sumber: BPOM CPOB 2006

2.5 Proses Udara Termal

1. Proses Pemanasan Sensibel

Proses pemanasan merupakan proses penambahan kalor sensibel ke udara sehingga temperatur udara meningkat. Proses pemanasan disebabkan oleh perubahan dry bulb temperature tanpa perubahan rasio kelembapan.

2. Proses Pendinginan Sensibel

Proses pendinginan merupakan suatu proses pengambilan kalor sensibel dari udara. Pada proses pendinginan temperatur akan mengalami penurunan.

Proses pendinginan disebabkan oleh perubahan temperatur dry bulb temperature tanpa adanya perubahan rasio kelembapan.

3. Proses Pelembaban

Proses Pelembaban (Humidifikasi) merupakan sebuah proses penambahan kandungan uap air ke udara sehingga terjadi kenaikan entalpi dan rasio kelembapan.

4. Proses Penurunan Kelembapan

Proses penurunan kelembapan (dehumidifikasi) merupakan proses pengurangan kandungan uap air ke udara sehingga terjadi penurunan entalpi dan rasio kelembapan. Proses penurunan kelembapan terjadi perubahan kalor laten tanpa perubahan kalor sensibel.

5. Proses Pemanasan dan Pelembaban

Proses pemanasan dan pelembaban merupakan sebuah proses pemanasan udara yang disertai dengan penambahan uap air yang juga meningkatkan kalor sensibel dan kalor laten secara bersamaan.

6. Proses Pemanasan dan Penurunan Kelembapan

Proses pemanasan dan penurunan kelembapan merupakan sebuah proses ketika udara mengalami pendinginan hingga temperaturnya dibawah titik embun udara yang juga disertai proses pengembunan sehingga kandungan uap air akan berkurang.

7. Proses Pendinginan dan Pelembaban

Pada proses pendinginan dan pelembaban terjadi penurunan temperatur dan kenaikan rasio kelembapan.

8. Proses Pendinginan dan Penurunan Kelembapan

Proses pendinginan dan penurunan kelembapan terjadi penurunan kalor laten dan kalor sensibel. Hal ini dikarenakan ketika udara dilewatkan melalui koil pendingin atau ruangan semburan air dengan temperatur yang lebih rendah dari temperatur udara, sehingga terjadi penurunan kalor laten dan kalor sensibel.

2.6 Pehitungan Pengaturan Kelembapan

Pengaturan kelembapan dan temperatur air handling unit dilakukan melalui pengaturan laju alir massa air pada cooling coil dan heating coil, untuk dapat mengetahui laju alir massa air yang dibutuhkan pada *cooling coil* maupun *heating coil*, laju alir massa udara harus terlebih dahulu diketahui yang dihitung dengan persamaan (2.1).

$$\dot{m}_{udara} = Q \times \rho \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana:

- 1) \dot{m}_{udara} = Laju alir massa udara (kg/
- 2) Q = Laju alir volume (m³/h)
- 3) ρ = Massa jenis udara (kg/m³)

2.7 Perhitungan Energi yang dibutuhkan

Penurunan kelembapan pada cooling coil dan kenaikan temperatur pada heating coil tentunya membutuhkan sejumlah energi untuk mencapai set point. Jumlah kalor yang dibutuhkan untuk mencapai kelembapan dan temperatur yang sesuai dengan set point kelas B, dapat dihitung menggunakan persamaan (2.2) (Dossat, 1981).

$$Q = \dot{m}_{udara} \times \Delta h \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana:

- 1) Q = Energi (kJ/s)
- 2) \dot{m}_{air} = Laju aliran massa (kg/s)
- 3) Δh = Perbedaan entalpi (kJ/kg)

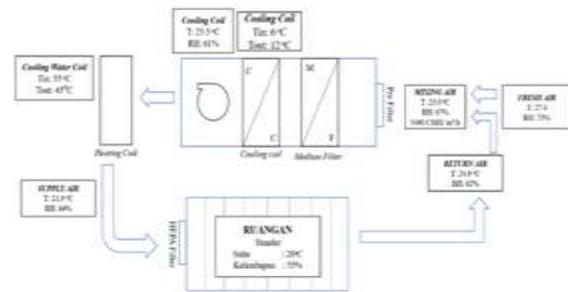
4. METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah suatu upaya untuk mengetahui pengaruh perubahan setpoint temperatur dan kelembapan suatu proses produksi industri farmasi. Industri farmasi sangat ketat terhadap batasan suhu dan kelembapan pada pengelolaannya yakni dengan setpoint berdasarkan CPOB. Penelitian ini difokuskan pada pengumpulan data dan dilakukan analisis untuk mendapatkan gambaran pengaruh perubahan setpoint terhadap kebutuhan energi pada perangkat AHU pada proses pengelolaan vaksin.

Jadi penelitian ini dilakukan dengan cara mencari data lapangan untuk mengetahui pengaruh perubahan set point temperatur dan kelembapan pada kebutuhan energi suatu perangkat proses penyimpanan vaksin. Analisis hasil dilakukan dengan mengamati kebutuhan energi pada setpoint yang diinginkan. Jadi hasil penelitian ini adalah berupa studi penggunaan energi dan pengaruhnya pada suatu perubahan set point.

4. HASIL DAN ANALISIS

Pengambilan data meliputi temperatur dan kelembapan didapat dari hasil pengukuran dengan menggunakan thermohygro meter dan anemometer. Data yang diambil merupakan data – data yang diperlukan untuk menganalisis kelembapan dan temperatur agar keluaran dari AHU sesuai dengan set point CPOB. Titik pengukuran beserta hasil pengukuran terlampir pada gambar 4.1.



Gambar 1 Diagram Alir Air Handling Unit

Gambar 1 memperlihatkan hasil pengukuran pada temperatur dan kelembapan pada mixing air adalah sebesar 25,9°C dan 67% RH dari data tersebut kemudian dilakukan plotting pada psychrometric chart dengan menggunakan software CAT ASHRAE Psychrometric chart, hasil pengukuran dengan menggunakan software CAT ASHRAE Psychrometric chart, dari hasil tersebut didapatkan parameter lainnya yang dapat menunjang perhitungan. Hasil plotting pada psychrometric chart pada titik 25,9°C dan 67% RH dengan data parameter perbandingan set point 20°C dan 55% RH.

4.1 Perhitungan Pengaturan Kelembapan dan Jumlah Energi yang dibutuhkan Cooling Coil

Perhitungan pengaturan kelembapan pada cooling coil dapat diketahui dengan sebelumnya mencari laju aliran massa udara aktual pada mixing air menggunakan persamaan (2.1). didapatkan hasil laju alir massa air yang dibutuhkan untuk menurunkan kelembapan agar mencapai set point adalah sebesar 1.75889 kg/s, dan untuk menurunkan kelembapan dari 67% RH menjadi 55% RH dibutuhkan energi sebesar 29.8223 kJ/s.

4.2 Pengaturan Suhu dan Jumlah Energi yang dibutuhkan Heating Coil

Setelah kelembapan tercapai melalui pengaturan laju aliran air di cooling coil dengan relative humidity sebesar 55% dan 17.2°C, kemudian perlu dilakukannya pengaturan temperatur agar mencapai set point yaitu sebesar 20°C dengan tanpa mempengaruhi kelembapan atau yang disebut dengan pemanasan sensibel yaitu pemanasan tanpa penambahan uap air, maka diperlukan untuk menghitung laju massa air yang dibutuhkan didapatkan hasil jumlah aliran air yang dibutuhkan agar mencapai temperatur set point dari 17.2°C menjadi 20°C adalah sebesar 1.758925 kg/s dan untuk menaikkan temperatur dari 17.2°C menjadi 20°C membutuhkan energi sebesar 18.98319 kJ/s.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada analisis dan hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaturan kelembaban dilakukan melalui pendinginan yang terjadi pada cooling coil dari data aktual sebesar 67% RH menjadi 55% yang sesuai dengan set point dapat dilakukan melalui pengaturan jumlah laju aliran air yang dibutuhkan sebesar 1.75889 kg/s agar pendinginan pada cooling coil dititik 17.2°C dengan 55RH% sesuai hasil plotting psychrometric chart, untuk menurunkan kelembaban dari 67% RH menjadi 55% RH membutuhkan energi sebesar 29.82233173 kJ/s.
2. Pengaturan temperatur pada heating coil terjadi pemanasan secara pemanasan sensibel dimana terjadinya perubahan temperatur saja, tanpa disertai perubahan massa/ kadar uap air, karena tidak terjadi proses dehumidifikasi/ humidifikasi, untuk mencapai temperatur sesuai dengan set point yaitu sebesar 20°C didapatkan hasil bahwa laju masa air yang dibutuhkan agar temperatur keluaran heating coil mencapai set point adalah sebesar 1.758925 kg/s, untuk menaikkan temperatur dari 17.2°C menjadi 20°C sesuai dengan set point dibutuhkan energi sebesar 18.98319 kJ/s.

5.2 Saran

Selanjutnya jika ingin melanjutkan laporan tugas akhir mengenai analisis sistem tata udara industri farmasi disarankan untuk menganalisis kondisi sebelum maupun sesudah preventive maintenance agar ditemukan perbandingan dan efektifitas pelaksanaan preventive maintenance sehingga nantinya menghasilkan rekomendasi maupun improvement kepada perusahaan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASHRAE. 2008. ASHRAE HANDBOOK – HVAC SYSTEM AND EQUIPMENTS. Atlanta: Tulie Circle
- [2] Asmwi, Sofyan. (2011). Modifikasi Split Air Conditioning sebagai unit dehumidifier dengan udara suplai 50°C (DB) 20% (RH). Semarang. Universitas Diponegoro.
- [3] Dossat, Roy J. 1981. Principle of Refrigeration and Air Conditioning. New York: John Willey and Sons Inc.
- [4] Hanifah. (2015). Evaluasi Kinerja Pengaturan Kelembaban Udara pada Sistem Air Conditioning suatu studi kasus di PT. Rohto Laboratories Inonesia. Bandung. Politeknik Negeri Bandung.
- [5] Margana. (2013). Bahan Ajar Air Handling Unit. Bandung. Politeknik Negeri Bandung.
- [6] Setyawan. (2013). SOP dan Regulasi HVAC. Bandung. Politeknik Negeri Bandung.