



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**MODIFIKASI SPLIT AIR CONDITIONING SEBAGAI  
UNIT DEHUMIDIFIER DENGAN UDARA SUPLAI  
50<sup>0</sup>C (DB) 20% RH**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**IKHWAN ASMAWI                      L0E 008 034**

**MUHAMMAD SHOFYAN   L0E 008 048**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN  
SEMARANG  
DESEMBER  
2011**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Telah disetujui Laporan Proyek Akhir mahasiswa Program Studi DIII Teknik  
Mesin yang disusun oleh :

Nama : IKHWAN ASMAWI  
NIM : LOE 008034  
Judul PA : MODIFIKASI SPLIT AIR CONDITIONING  
SEBAGAI UNIT DEHUMIDIFIER DENGAN  
UDARA SUPLAI 50<sup>0</sup>C (DB) 20%RH

Disetujui pada tanggal : 08 Desember 2011

Semarang, 08 Desember 2011  
Dosen Pembimbing,

**Ir. Rahmat**  
NIP. 195606151990011001

## TUGAS DIPLOMA

Diberikan kepada : Nama : 1. Ikhwan Asmawi L0E 008 034  
2. Muhammad Shofyan L0E 008 048

Dosen Pembimbing : Ir. Rahmat

Judul : Modifikasi Split Air Conditioning Sebagai Unit  
Dehumidifier dengan Udara Suplai 50<sup>0</sup>C (DB) 20% RH

Isi Tugas :

1. Lakukan evaluasi existing equipment
2. Buat rancang bangun sistem berdasarkan target kondisi geometris dan kinerja existing equipment
3. Lakukan evaluasi rancang bangun dan laporan hasil kerja

Semarang, 07 Juli 2011

Dosen Pembimbing

**Ir. Rahmat**  

---

NIP. 1956 0615 1990011 001

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Ikhwan Asmawi  
NIM : L0E 008 034  
Jurusan/Program Studi : Pogram Studi Diploma III Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Split Air Conditioning sebagai Unit  
Dehumidifier dengan Udara Suplai 50<sup>0</sup>C (DB) 20%  
RH

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

### TIM PENGUJI

Pembimbing : Ir. Rahmat ( )  
Penguji I : Ir. Rahmat ( )  
Penguji II : Ir. H. Murni, MT ( )  
Penguji III : Windu Sediono,ST ( )

Semarang, Desember 2011  
Ketua Program Studi DIII Teknik Mesin

Ir. Sutomo, M.Si  
NIP. 19520321 198703 1 001

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### Motto:

- Apa yang diawali hari ini tak akan terselesaikan besok
- Sukses terdiri dari **99%** sikap mau berjuang dan **1%** kecerdikan
- *He who believes in nobody knows he himself is not to be trusted*
- Jika Pandangan kita dibatasi oleh keuntungan belaka,  
Maka kita akan banyaak tertinggal tentang apa saja yang dapat kita capai
- *If we wait for the moment when everything,  
absolutely everything is ready,we shall never begin* (Ivan turgenev)
- Beribadahlah seakan engkau mati besok,bersedekahlah seakan engkau hidup selamanya

### Persembahan :

Tugas akhir ini penulis persembahkan kepada :

- ☪ *ALLAH SWT, atas segala rahmat dan hidayah – NYA*
- ☪ *Nabi Muhammad SAW, sang suri tauladan bagi seluruh umat*
- ☪ *Ibu dan ayah yang telah memberikan dukungan berupa do'a dan materi*
- ☪ *Adik- adikQ yang sudah menjadikan semangat untuk berkarya*
- ☪ *Para kerabat keluarga besar " BANI TOMPAK "*
- ☪ *Saudara Shofyan yang saling kerja keras membuat tugas akhir*
- ☪ *Ami Kinan yang selalu menyemangati dalam menyelesaikan TA*
- ☪ *Temen<sup>2</sup> seperjuangan " IKAN ASIN "*
- ☪ *Saudara<sup>2</sup> yang ada di kost " JEGERE " yang sudah memberikan hiburannya*

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama	NIM	Tanda Tangan
Ikhwan Asmawi	LOE 008 034	
Muhammad Shofyan	LOE 008 048	

Tanggal : Desember 2011

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : IKHWAN ASMAWI  
NIM : L0E 000 034  
Jurusan/Program Studi : TEKNIK MESIN  
Fakultas : TEKNIK  
Jenis Karya : LAPORAN TUGAS AKHIR

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Modifikasi Split Air Conditioning Sebagai Unit Dehumidifier Dengan Udara Suplai 50<sup>0</sup>C(DB) 20% RH**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : Desember 2011

Yang menyatakan,

( IKHWAN ASMAWI )  
NIM. L0E 008 034

## **ABSTRAK**

Tujuan perancangan alat dehumidifier untuk mendapatkan udara kering yang menghasilkan RH 20% dengan menggunakan pendekatan termodinamika dan psikometrik. Hasil kinerja air conditioning yang berupa udara kering yang diambil dari udara lembab sekitar digunakan untuk menentukan besarnya heater yaitu 2100 watt. Dimana proses dehumidifier merupakan proses sensible heating yang dihasilkan oleh heater sehingga semakin banyaknya heater yang digunakan berpengaruh terhadap perubahan temperatur yang semakin naik dan RH menurun. Dari hasil percobaan didapat RH 11,8% dan temperatur 49,8<sup>0</sup>C.

Kata kunci: air conditioning, dehumidifier

Tool design purposes dehumidifier to get the dry air that produces RH 20% using thermodynamics and psychometric approaches. The results of the performance of air conditioning in the form of dry air is drawn from the humid air around the heater is used to determine the amount that is 2100 watt. Where the dehumidifier is a sensible heating process generated by the heater so that the heater is used more and more influence on changes in the increasingly rising temperature and decreasing RH. From the experimental results obtained 11,8% RH and temperature of 49,8<sup>0</sup>C.

Key words: air conditioning, dehumidifier



## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrohim*

*Alhamdulillahirobbil' alamin, Ya Robbi* hanya kepada-Mu kami ucapkan rasa syukur atas segala nikmat yang kami rasakan selama ini, sholawat serta salam selalu dilimpahkan kepada manusia agung yang selalu menjadi tauladan kita hingga akhir zaman yaitu Nabi Muhammad saw yang telah menghantarkan kita pada peradaban sejati, insya Allah dengan risalah yang dibawa beliau kita bersama-sama mengembalikan *izzah* Islam dan muslimin di muka bumi ini.

Kemampuan dalam proses belajar merupakan fitrah seorang manusia. Hal inilah yang membedakan manusia dengan makhluk ciptaan Allah lainnya. Keutamaan inilah yang menjadikan manusia diamanahkan sebagai *Khalifatullah fil Ardh*. Berawal dari itu pula dan keinginan yang kuat untuk senantiasa berproses dalam belajar, alhamdulillah pada saat ini penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **MODIFIKASI SPLIT AIR CONDITIONING SEBAGAI UNIT DEHUMIDIFIER DENGAN UDARA SUPLAI 50<sup>0</sup>C (DB) 20% RH**. Tugas akhir merupakan salah satu unit tugas yang harus diikuti setiap mahasiswa selain perkuliahan, praktikum dan kerja praktek, dalam rangka pengembangan pengetahuan mahasiswa selama menempuh atau menyelesaikan studi di Program Studi Diploma III Teknik Mesin di Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, dengan bobot 4 SKS.

Dengan melaksanakan tugas akhir penulis mendapatkan tambahan ilmu pengetahuan, sesuai dengan tujuannya yaitu diharapkan dapat menerapkan dan memahami hal-hal teknis yang berhubungan dengan bidang refrigerasi dan pengkondisian udara.

Penulis mengucapkan *Jazakumullahu Khairan Katsiraa* kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini karena kami yakin dalam meniti setiap langkah hingga pada akhirnya terwujud karya ini, penulis tidak mungkin melewatinya tanpa bantuan dan dukungan dari pihak-pihak yang telah dibukakan pintu hatinya oleh dan atas kehendak Rabbul 'Alamin. Atas apa yang telah diberikan, penulis menghaturkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir.H. Zainal Abidin Ms selaku Ketua Program Diploma III Universitas Diponegoro.
2. Bapak Ir. Sutomo, M.Si selaku Ketua Jurusan PSD III Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
3. Bapak Ir. Rahmat selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan bimbingan
4. Segenap dosen pengajar dan karyawan di Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
5. Ayah dan Ibu tercinta atas segala kasih sayang do'a,dan pengorbananya.
6. Teman-teman PSD III Teknik Mesin angkatan 2008 serta teman teman adik angkatan yang telah mendukung dan membantu hingga laproran ini selesai disusun dan .
7. Pihak – pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu memberikan saran dan dukungan demi kelancaran pembuatan tugas akhir ini

Penulis menyadari kekhilafan yang telah diperbuat selama ini dan mohon maaf semoga tetap terjalin hubungan yang baik. Penulis juga menyadari sepenuhnya bahwa masih banyaknya kekurangan di dalam penyusunan laporan ini untuk itu kritik dan saran sangat diharapkan, semoga laporan ini dapat berguna dan digunakan sebagaimana mestinya.

Oleh karena itu apabila terdapat kesalahan baik dalam penulisan ataupun isi laporan, penulis mohon maaf.

Semarang, Desember 2011

**PENYUSUN**

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	
TUGAS DIPLOMA.....	
HALAMAN PENGESAHAN.....	
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	
ABSTRAK.....	
ABSTRACT.....	
KATA PENGANTAR.....	
DAFTAR ISI.....	
BAB I    PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	
1.2 Perumusan Masalah.....	
1.3 Tujuan Perancangan Ulang.....	
1.4 Manfaat Perencanaan Ulang.....	
1.5 Batasan Masalah.....	
1.6 Sistematika Penulisan Laporan .....	
BAB II   TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Umum.....	
2.2 Parameter Dehumidifier.....	
2.3 Proses – Proses Dehumidifier.....	
2.4 Kinerja Dehumidifier.....	
BAB III  RANCANG BAGUN	
3.1 Evaluasi/kajian Existing Equipment.....	
3.2 Rancangan Ducting.....	
3.3 Peralatan Pendukung.....	
3.4 Design Instalasi.....	
BAB IV  PROSEDUR PENGUJIAN DATA DAN EVALUASI	
4.1 Tujuan Pengujian Kinerja Test-Bed.....	
4.2 Persiapan Sebelum Pengujian.....	
4.3 Pengambilan Data.....	
4.4 Hasil Pengamatan.....	
4.5 Pengolahan Data.....	
4.6 Pembahasan.....	
4.7 Studi Kasus.....	
BAB V   PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	
5.2 Saran.....	
DAFTAR PUSTAKA .....	
LAMPIRAN.....	

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri, sistem dehumidifier memiliki peranan yang sangat penting. Sistem dehumidifier dalam aplikasinya dapat dilakukan dengan cara yang berbeda-beda, tergantung pada kebutuhan dimana sistem tersebut diterapkan. Pada industri pangan proses pengeringan digunakan untuk pengawetan makanan yaitu dengan cara mengurangi kadar air sampai batas tertentu pada makanan tersebut untuk disimpan dalam beberapa waktu. Makanan yang dimaksud biasanya berupa sayuran atau buah-buahan yang banyak mengandung air seperti kacang tanah, broccoli, anggur, strawberry dan lain-lain.

Pada industri pengolahan kacang tanah, kacang tanah setelah pasca panen harus melewati masa pengawetan terlebih dahulu sebelum dipasarkan ke pasaran, sebab kacang tanah sendiri merupakan produk tani yang tidak terlalu tahan lama. Proses pengawetannya sendiri dilakukan dengan banyak cara dari cara yang konvensional sampai cara yang modern yaitu: mulai dari menjemur, sistem oven, sistem pengasapan, sistem vakum, sistem refrigerasi dan dengan zat-zat kimia. Namun dengan cara-cara diatas tentunya memiliki keunggulan dan kerugian masing-masing seperti halnya pada pengeringan dengan sistem penjemuran akan bermasalah pada kondisi cuaca, pada sistem pengasapan membuat jamur berbau asap, pada sistem pengeringan dengan oven akan mengakibatkan produk cenderung menjadi matang dan struktur bentuk permukaannya akan berubah, ataupun bahan kimia yang tentunya tidak baik untuk kesehatan. Untuk menghasilkan produk pengeringan kacang tanah sesuai yang diharapkan seperti bentuk tekstur tidak berubah, mendekati kondisi awalnya dan tahan lama, maka dilakukan pengembangan metode pengeringan kacang tanah dengan dehumidifier yang memanfaatkan air conditioning sebagai suplai udaranya.

Ditinjau dari cara kerjanya dehumidifier dibedakan menjadi 3 yaitu *Heat Pump Dehumidifier*; *Chemical Adsorbent Dehumidifier* dan *Dehumidifying Ventilators*. Dalam perencanaannya yang digunakan adalah *Chemical Adsorbent Dehumidifier* karena menyerap kelembaban dari udara dengan pengering, sehingga dalam pelaksanaannya proses dehumidifikasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan sistem refrigerasi dan pengkondisian udara karena sistem tersebut selain menurunkan temperatur ruangan, juga terjadi penurunan kadar air pada udara dalam ruangan. Hasil dari udara segar air conditioning dihembuskan melalui ducting kemudian di treatment dengan kalor listrik (lampu) sehingga dapat mengetahui selisih kelembaban produk dan waktu efektif pengeringan.

### 1.2 Perumusan Masalah

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini, akan dilakukan modifikasi air conditioning sebelumnya sebagai pendingin ruangan dan dispesifikasikan menjadi unit dehumidifier. Secara umum, masalah yang akan diselesaikan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Data kinerja exiting equipment belum diketahui
2. Rancangan struktur ducting dan heater perlu disesuaikan dengan exiting equipment dengan target RH 20% dan temperatur 50<sup>0</sup>C

### **1.3 Tujuan Tugas Akhir**

1. Menghasilkan rancang bangun sistem dehumidifier
2. Mengakses data kinerja system dehumidifier

### **1.4 Manfaat Tugas Akhir**

Manfaat yang diperoleh dalam pembuatan desain ulang air conditioning dengan berbagai macam instrumen pengukuran ini adalah :

1. Membuat alat uji yang dapat digunakan sebagai sarana praktikum laboratorium Konversi Energi Program Studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro, Semarang.
2. Penerapan unit dehumidifier untuk pengering produk hasil pertanian
3. Pembuat dapat mengetahui proses kerja sistem dehumidifier dengan pemanfaatan air conditioning dan ilmu terapannya.

### **1.5. Batasan Masalah**

Perancangan ulang dibatasi pada pemasangan ducting yang diberi heater serta alat ukur (test-bed) untuk menyempurnakan desain sebelumnya yang telah ada. Selain itu, desain ulang ini dilakukan guna mengetahui prosentasi kelembaban dalam memperoleh tingkat kualitas bahan/media tersebut. Sehingga dapat dilakukan perhitungan-perhitungan mengenai perubahan pemanfaatan AC menjadi dehumidifier.

### **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

Metode penulisan yang digunakan dalam mengerjakan tugas akhir ini adalah studi pustaka, dimana dibutuhkan beberapa referensi yang mendukung demi terselesaikannya tugas akhir ini. Adapun sistematika dalam penulisan ini adalah sebagai berikut:

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisi latar belakang dibuatnya tugas akhir, rumusan masalah, manfaat serta tujuan penulisan tugas akhir dan batasan masalah.

#### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini berisi mengenai teori yang mendasari penyusunan laporan tugas akhir secara umum, khususnya yang berhubungan dengan sistem dehumidifier.

#### **BAB III: RANCANG BANGUN**

Pada bab ini membahas tentang perumusan langkah-langkah melakukan rancang bangun yang meliputi kajian exiting equipment, rancang ducting, peralatan pendukung dan design instalasi.

#### **BAB IV : PROSEDUR PENGUJIAN ALAT DAN EVALUASI**

Pada bab ini menguraikan hasil perhitungan dan pembahasan yang diperlukan untuk menganalisa prosentasi kelembaban (RH)

#### **BAB V : KESIMPULAN**

Pada bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan dari keseluruhan proses penyusunan Tugas Akhir.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Umum

Dehumidifier artinya adalah alat untuk mengurangi kelembaban udara melalui proses dehumidifikasi. Proses dehumidifikasi merupakan suatu proses penurunan kadar air dalam udara. Penggunaan dehumidifier banyak ditemui pada bidang farmasi bisa digunakan untuk melindungi stok obat-obatan, melindungi peralatan-peralatan di rumah sakit yang sensitif, dan memantau tingkat kelembaban pada area produksi. Pada bidang percetakan untuk melindungi plat-plat dan mesin pencetak sehingga menjaga konsistensi dan kualitas plat cetakan. Pada makanan untuk melindungi makanan mentah atau bahan-bahan mentah sebelum diolah selama penyimpanan dan pembuatan. Keuntungannya dapat menambah rasa pada produk dan menambah usia perlindungannya.

Pembuatan atau perancangan desain split air conditioning sebagai unit dehumidifier yang digunakan untuk menghitung setiap variable (baik masuk atau keluar) agar mengetahui beda nilai kelembaban sebelum dan sesudah melewati heater. Beban kalor yang menyebabkan kenaikan suhu udara disebut beban kalor sensibel, sedangkan yang berakibat terjadinya kenaikan kelembaban disebut beban kalor laten.

Dalam pembuatan desain ulang Air Conditioning (AC) ini, perubahan kelembaban dilakukan dengan menggunakan buatan panas listrik (lampu). Nilai kelembaban udara dapat diketahui setelah pengukuran terhadap suhu bola kering/Dry Bulb Temperature (DBT) dan laju aliran udara.

### 2.2 Parameter Dehumidifier

Menurut Brooker et al. (1974), beberapa parameter yang mempengaruhi lama waktu yang dibutuhkan pada proses dehumidifikasi antara lain:

a. Suhu udara pengeringan

Suhu udara pengeringan akan mempengaruhi laju penguapan air bahan dan mutu pengeringan. Semakin tinggi suhu maka panas yang digunakan untuk penguapan air akan meningkat sehingga waktu pengeringan akan menjadi lebih singkat. Agar bahan yang dikeringakan tidak sampai rusak, suhu harus dikontrol terus-menerus.

b. Kelembaban relative (RH) udara pengering

Kelembaban relative menentukan kemampuan udara pengering untuk menampung kadar air bahan yang telah diuapkan. Jika RH semakin rendah maka semakin banyak uap air yang diserap udara pengering, demikian juga sebaliknya RH dan suhu pengering akan menentukan tekanan uap jenuh. Perbedaan tekanan uap air pada udara pengering dan permukaan bahan akan mempengaruhi laju pengering. Untuk proses pengering yang baik diperlukan RH yang rendah sesuai dengan kondisi bahan yang dikeringkan. Sedangkan untuk Kelembaban relatif (RH), Dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$RH = \frac{P_v}{P_{sat}} \dots\dots\dots(2.1)$$

c. Kecepatan aliran udara pengering

Aliran udara pada proses pengeringan berfungsi membawa panas untuk menguapkan kadar air bahan serta mengeluarkan uap air hasil penguapan tersebut. Uap air hasil penguapan bahan dengan panas harus segera dikeluarkan agar tidak membuat jenuh udara pada permukaan bahan, yang akan mengganggu proses pengeringan, semakain besar volume udara yang mengalir maka akan semakin besar kemampuannya dalam membawa dan menampung air dari permukaan bahan.

d. Kelembaban Spesifik

Kelembaban spesifik atau ratio kelembaban ( $w$ ), dinyatakan dalam besaran masa uap air yang terkandung di udara per satuan masa udara kering yang diukur dalam gram per kilogram dari udara kering (gr/kg) atau kg/kg. Pada tekanan barometer tertentu, kelembaban spesifik merupakan fungsi dari suhu titik embun. Tetapi karena penurunan tekanan barometer menyebabkan volume per satuan masa udara naik, maka kenaikan tekanan barometer akan menyebabkan kelembaban spesifik menjadi turun. Hal ini dinyatakan dengan persamaan:

$$W = 0,622 \frac{P_v}{P_t - P_v} \dots\dots\dots(2.2)$$

e. Kadar air bahan

Keragaman kadar air awal bahan sering dijumpai pada proses pengeringan dan hal ini juga menjadi suatu masalah. Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi masalah ini adalah dengan mengurangi ketebalan tumpukan bahan yang dikeringkan, mempercepat aliran udara pengering, menurunkan suhu udara pengering dan dilakukan pengadukan bahan. Kadar air akhir bahan merupakan tujuan proses pengeringan, besarnya kadar akhir air akan menentukan lamanya proses pengeringan berlangsung.

Kadar air dapat dinyatakan dalam dua cara, yaitu kadar air basah ( $M_w$ ) dan kadar air basis kering ( $M$ ). untuk dipasarkan biasanya kadar air biji-bijian ditentukan berdasarkan basis basah, sementara kadar air basis kering yang sering digunakan dalam perhitungan-perhitungan engineering.

Untuk menghitung kadar air biji-bijian digunakan persamaan (2.3) dan (2.4)

$$M_w = \frac{w_w - w_d}{w_w} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$M = \frac{w_w - w_d}{w_d} \dots\dots\dots(2.4)$$

Pada proses pengeringan sering dijumpai adanya variasi kadar air dari biji-bijian yang dikeringkan. Variasi kadar air ini dipengaruhi oleh ketebalan tumpukan biji-bijian, kelembaban nisbi udara pengering, dan kadar air biji-bijian itu sendiri. Brooker et al. (1974) mengemukakan bahwa variasi kadar air biji-bijian yang dikeringkan dapat dikurangi dengan cara (1) menipiskan tumpukan biji-bijian (2) menggunakan kecepatan aliran udara tinggi, (3) mempertahankan suhu udara pengering tetap rendah, dan (4) melakukan pengadukan.

f. Kalor

kalor adalah energi yang diterima suatu benda, yang dapat menyebabkan suhu atau wujud benda berubah. Kalor merupakan suatu bentuk energi yang dapat dipindahkan, tetapi tidak dapat dihilangkan. British Thermal Unit (BTU) adalah jumlah kalor yang diperlukan untuk memanaskan atau mendinginkan 1 pound air sampai suhunya naik atau turun 1<sup>0</sup> F dinamakan 1 BTU.

$$BTU = 0,252 KCal = 1,055 KJ = 1055 Joule$$

**2.3 Proses - Proses Dehumidifier**

**2.3.1 Dasar – Dasar Diagram Psikometrik**

Berikut ini menjelaskan parameter udara pada diagram psikometrik yang digunakan untuk keperluan perancangan dehumidifier. diagram yang digunakan sebagai acuan adalah diagram psikometrik dengan mengacu pada kondisi atmosfer normal. (Syamsuri Hasan, 2008)

a.) Dry-bulb temperature (DBT)

Dry-bulb temperature DB adalah suhu udara ruang yang diperoleh melalui pengukuran dengan Slink Psikrometer pada thermometer dengan bulb kering. Suhu DB diplotkan sebagai garis vertikal yang berawal dari garis sumbu mendatar yang terletak di bagian bawah diagram. Suhu DB ini merupakan ukuran panas sensibel. Perubahan suhu DB menunjukkan adanya perubahan panas sensibel.

b.) Wet-bulb temperature (WBT)

WBT adalah suhu udara ruang yang diperoleh melalui pengukuran dengan Slink Psikrometer pada thermometer dengan bulb basah. Suhu WB diplotkan sebagai garis miring ke bawah yang berawal dari garis saturasi yang terletak di bagian samping kanan chart. Suhu WB ini merupakan ukuran panas total (enthalpi). Perubahan suhu WB menunjukkan adanya perubahan panas total.

c.) Relative Humidity ( % RH)

merupakan perbandingan jumlah aktual dan jumlah maksimal (saturasi) dari uap air yang ada pada suatu ruang atau lokasi tertentu. 100% RH berarti saturasi dan diplotkan menurut garis saturasi. Untuk ukuran yang lebih kecil diplotkan sesuai arah garis saturasi dan dapat dinyatakan dalam rumus:

$$RH = \frac{P_v}{P_{sat}} = \frac{Mol_v}{Mol_{sat}} \dots\dots\dots(2.5)$$

d.) Ratio Humidity (w)

Specific humidity adalah jumlah kandungan uap air di udara yang diukur dalam satuan grains per pound udara. (7000 grains = 1 pound) dan diplotkan pada garis sumbu vertikal yang ada di bagian samping kanan chart. Ratio humidity dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$w = 0,622 \left( \frac{P_v}{P_a} \right) = 0,622 \frac{P_v}{P_t - P_v} \dots\dots\dots(2.6)$$

e.) Entalphy (h)

Adalah jumlah panas total dari campuran udara dan uap air di atas titik 0, dinyatakan dalam satuan kj/kg. harga entalpi dapat diperoleh sepanjang skala diatas garis saturasi. Entalpi dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$h = h_a + h_w$$
$$h = C_{pda} T + w ( h_{fg} + C_{ps} T )$$



$$h = 1.005 T + w ( 2501 + 1,88 T ) \dots\dots\dots(2.7)$$

f.) Specific Volume (SpV)

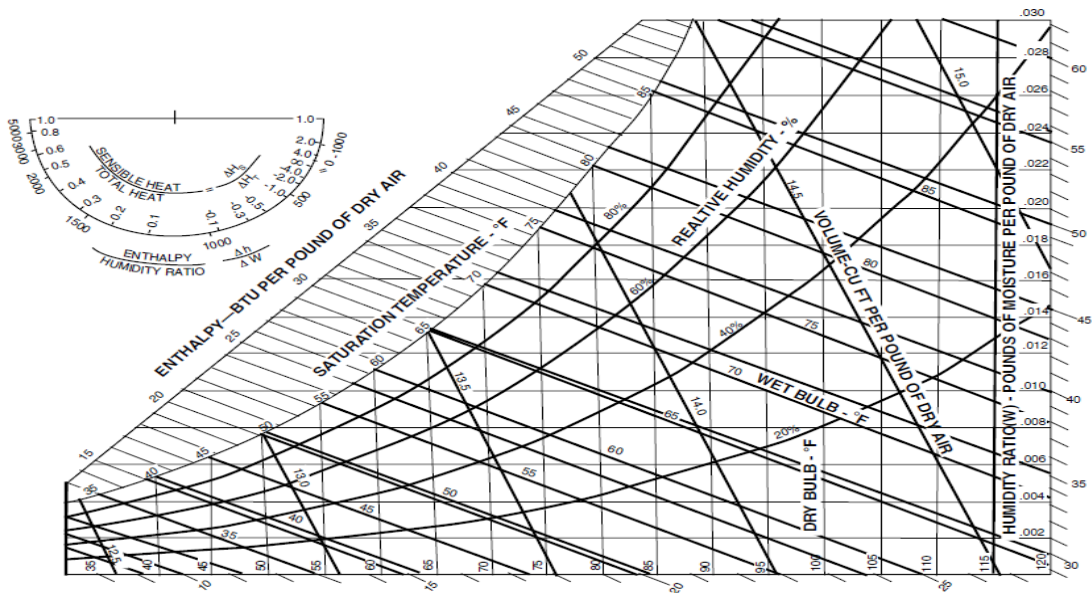
Volume spesifik adalah kebalikan dari berat jenis yang dinyatakan dalam m<sup>3</sup>/kg. garis skalanya sama dengan garis skala bola basah. SpV dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$v = \frac{R_a T}{P_t - P_v} \dots\dots\dots(2.8)$$

g.) Dew Point Temperature (DPT)

Suhu DP adalah suhu dimana udara mulai menunjukkan aksi pengembunan ketika didinginkan. Suhu DP ditandai sebagai titik sepanjang garis saturasi pada udara ruang mengalami saturasi atau jenuh maka besarnya suhu DB sama dengan suhu WB demikian pula suhu DP. Suhu DP merupakan ukuran dari panas laten yang diberikan oleh sistem. Adanya perubahan suhu DP menunjukkan adanya perubahan panas laten atau adanya perubahan kandungan uap air di udara dan dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$DPT = \frac{4030 (DBT+235)}{4030 - (DBT+235) \ln(RH)} \dots\dots\dots(2.9)$$

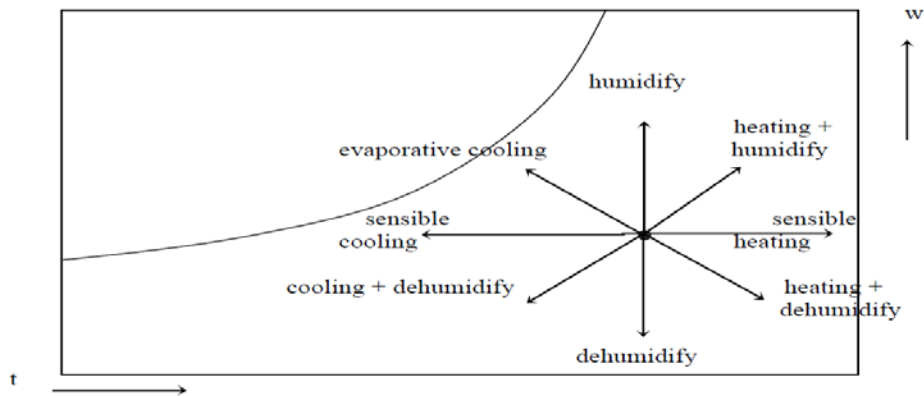


Gambar 2.1 Diagram Psikometrik

### 2.3.2 Proses Psikometrik

Di dalam penerapan pengkondisi udara di industri-industri domestik, proses psikometrik memiliki performa untuk mengubah sifat psikometrik udara agar memperoleh nilai suhu dan kelembaban udara disuatu tempat. Sebagian besar dari proses psikometrik udara adalah humidifikasi dan dehumidifikasi udara, pencampuran udara serta kombinasi berbagai proses.

Penggambaran dan pengamatan sifat-sifat proses psikometrik dengan menggunakan diagram psikometrik lebih mudah dan menyenangkan. Di dalam beberapa alinea berikutnya akan melihat sebagian dari penggunaan proses-proses psikometrik dalam bidang heating, ventilation and air conditioning.



Gambar 2.2 Proses-proses dalam diagram psikometrik

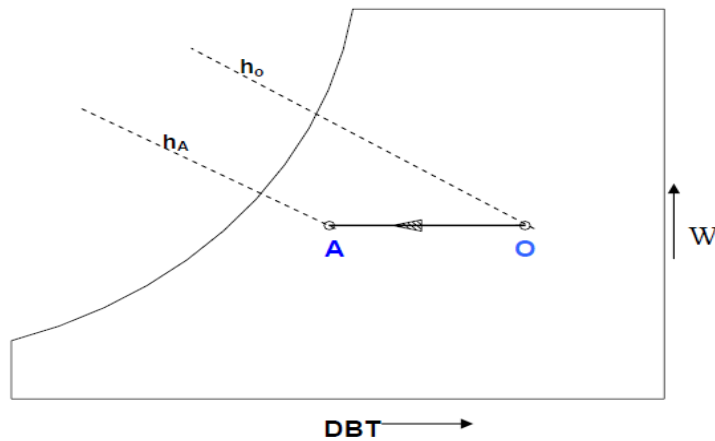
Sebelum terjadinya proses dehumidifikasi melalui beberapa proses diantaranya yaitu:

- a.) Pendingin sensibel (sensible cooling)

Pendinginan sensibel adalah salah satu proses psikometrik pada sistem pengkondisian udara. Fungsi dasar air conditioner adalah untuk pendinginan udara di dalam ruangan dengan menyerap udara panas. Pendinginan sensibel adalah proses dimana panas sensibel dihilangkan untuk menurunkan suhu dan tidak terdapat perubahan di dalam kandungan uap air udara (kg/kg udara kering). Selama proses sensible cooling temperatur bola kering (DB) dan temperatur bola basah (WB) menurun pada saat panas laten masih berlangsung dan temperatur titik embun (DP) tetap konstan tetapi terjadi pengurangan jumlah entalpi pada udara.

Biasanya pengkondisian udara (AC) digunakan untuk mendinginkan udara dimana udara dilakukan proses cooling coil dan akan mendorong refrigeran pada saat suhu rendah, sehingga menjadi dingin kemudian kondensator akan melakukan pengembunan yang selanjutnya diatur sesuai kondisi kenyamanan.

Proses pendinginan ditunjukkan oleh suatu garis mendatar lurus yang berawal dari temperature DB yang bersuhu tinggi membentang ke arah temperature DB suhu rendah. Garis pendinginan sensibel nilai temperatur DP konstan karena kandungan uap air di udara tetap konstan. Titik awal dan akhir pada diagram psikometrik menunjukan sifat-sifat udara.



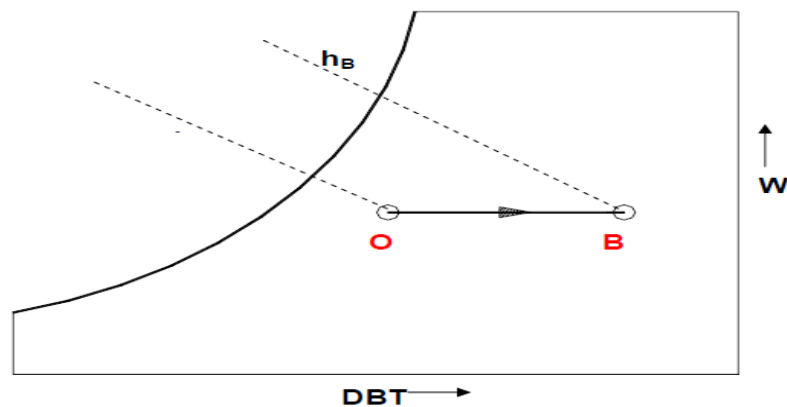
Gambar 2.3 Proses pendinginan sensibel O - A pada diagram psikometrik

Proses perpindahan panasnya adalah:  $Q_s = m_a (h_O - h_A) = m_a C_{pm} (T_O - T_A) \dots (2.10)$

#### Pemanasan Sensibel (sensible heating)

Proses pemanasan berlawanan dengan proses pendinginan. Pada proses pemanasan suhu udara tinggi tanpa mengubah kandungan uap air. Selama proses ini, panas sensibel, DB dan WB suhu udara meningkat ketika udara panas laten, dan DPT tetap konstan.

Pemanasan udara sensibel sangat penting pada saat Air Conditioning digunakan sebagai pompa kalor untuk memanaskan udara kemudian di salurkan ke koil kondensator dengan membawa refrigeran bersuhu tinggi. Dalam beberapa hal pemanas pemanfaatannya berbeda-beda di tiap industri dan penggunaan AC secara banyak membutuhkan kenyamanan yang besar. Proses pemanasan udara umumnya udara diproses pada koil pemanas yang dapat memanaskan refrigeran, air panas dan uap oleh koil pemanas elektrik. Air Panas dan uap banyak digunakan oleh industri. Seperti pendinginan sensible, proses pemanasan sensible diperlihatkan oleh suatu garis mendatar lurus pada diagram psikrometri. Bermula dari temperatur DB suhu rendah ke arah kanan pada temperatur DB suhu tinggi serta temperatur DP juga konstan.



Gambar 2.4 Proses panas sensibel pada diagram psikometri

Proses perpindahan panasnya adalah:  $Q_h = m_a (h_B - h_O) = m_a C_{pm} (T_B - T_O) \dots (2.11)$

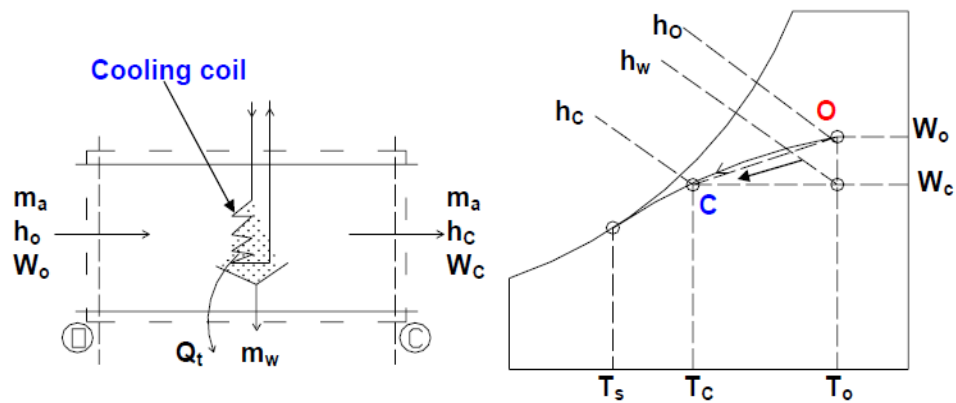
#### Cooling dan proses dehumidifikasi

Pada saat proses pendinginan sensible secara bersamaan terjadi perubahan uap air yang disebut proses pendinginan dan dehumidifikasi. Pendinginan dan proses dehumidifikasi diperoleh ketika suhu bola kering dan titik embun (DP) menurun. Pembahasan ini akan menerangkan pendinginan dan proses dehumidifikasi secara lebih detil. Ketika udara berhubungan dengan cooling coil yang dipertahankan di bawah suhu embunnya, awalnya suhu DB berkurang. Proses pendinginan berkesinambungan dengan beberapa nilai suhu titik embun udara. Pada titik ini uap air udara diubah menjadi partikel embun karena dibentuk permukaan pendingin dan kandungan uap air berkurang sehingga mengurangi tingkatan kelembabannya. Jadi dengan demikian udara didinginkan ketika di bawah suhu embunnya, dan sedang pendinginan seperti dehumidifikasi udara.

Proses Pendinginan dan dehumidifikasi secara luas penggunaannya pada air conditioning untuk jenis windows, split, pengemasan dan sistem pengkondisi

udara pusat untuk menghasilkan kondisi yang nyaman dalam ruangan. Pada jenis windows dan split air conditioning cooling coilnya dipelihara guna untuk menjaga suhu lebih rendah dari suhu titik embun udara atmosfer sehingga refrigeran yang dingin dapat melewatinya. Ketika udara ruang melewatinya suhu DB berkurang dan pada waktu yang sama uap lembab adalah juga berubah karena udara didinginkan di bawah suhu DP nya. Wujud embun tersebut hasil cooling coil yang kemudian di keluarkan oleh pipa kecil. Di dalam sistem central air conditioning, cooling coil mendinginkan refrigeran pada saat udara atmosfer untuk menghasilkan proses pendinginan dan proses dehumidifikasi.

Selama pendinginan dan dehumidifikasi suhu bola kering, suhu bola basah dan suhu titik embun pada udara berkurang. Dengan cara yang sama panas sensibel dan panas laten udara juga berkurang sehingga terjadi pengurangan entalpi udara. Proses Pendinginan dan proses dehumidifikasi diperlihatkan oleh suatu garis bersudut lurus menurun pada di diagram psikrometrik.



Gambar 2.5 Proses pendinginan dan dehumidifikasi

Dengan menerapkan kesetimbangan massa untuk air:

$$m_a \cdot W_o = m_a \cdot W_c + m_w$$

Dengan menerapkan kesetimbangan energi:

$$m_a \cdot h_o = q_t + m_w \cdot h_w + m_a \cdot h_c$$

dari dua persamaan di atas, beban pada coil pendingin,  $Q_t$  adalah:

$$Q_t = m_a (h_o - h_c) - m_a (w_o - w_c) h_w$$

Terminologi yang ke-dua pada RHS dari persamaan di atas dapat dibandingkan pada terminologi lain, maka dari itu dapat diabaikan. Karenanya,

$$Q_t = m_a (h_o - h_c)$$

Persamaan tersebut di atas dapat diamati bahwa proses pendinginan dan dehumidifikasi melibatkan kedua proses yaitu proses perpindahan panas laten dan panas sensible, karenanya, total, nilai perpindahan panas laten dan panas sensible ( $Q_t$ ,  $Q_l$  dan  $Q_s$ ) dapat ditulis:

$$Q_t = Q_l + Q_s$$

perpindahan panas total ke udara adalah:

$$Q_t = m_a c_{pm} (T_2 - T_1) + m_a h_{fg,C} (w_2 - w_1)$$

$$= Q_{\text{sensible}} + Q_{\text{laten}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :  $Q_l = m_a (h_o - h_w) = m_a \cdot h_{fg} (w_o - w_c)$

$Q_s = m_a (h_w - h_c) = m_a \cdot c_{pm} (T_o - T_c)$

Faktor panas sensibel (SHF)

$$SHF = \frac{Q_s}{Q_s + Q_l}$$

Di mana  $Q_s = m_a c_{pm} (T_2 - T_1)$

$Q_l = m_a h_{fg,c} (w_2 - w_1)$

$$SHF = \frac{c_{pm} (T_2 - T_1)}{c_{pm} (T_2 - T_1) + h_{fg,c} (w_2 - w_1)}$$

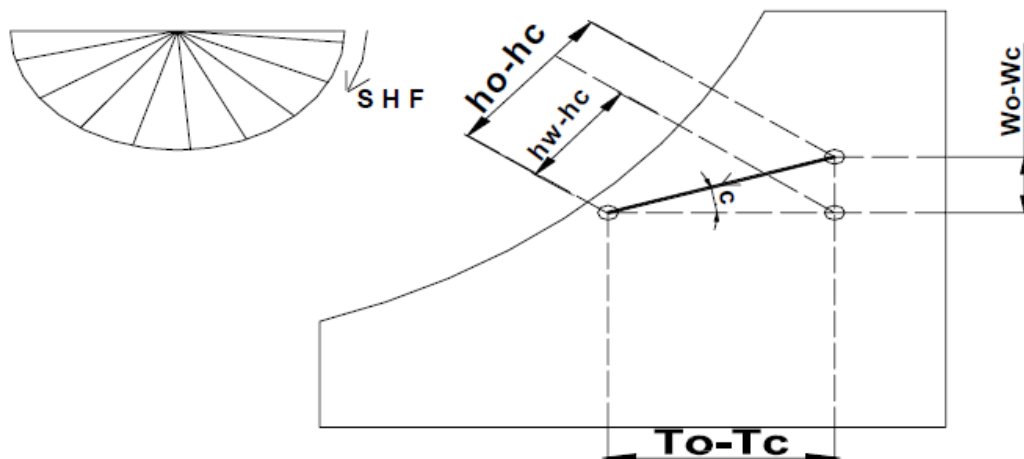
$$SHF = \frac{1}{1 + \frac{h_{fg,c} \Delta w}{c_{pm} \Delta t}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dari persamaan diatas, seseorang dapat menyimpulkan bahwa suatu SHF 1.0 tidak sesuai dengan perpindahan panas laten dan suatu SHF 0 tidak sesuai dengan perpindahan panas sensible. Suatu SHF 0.75 hingga 0.80 adalah sistem proses pengkondisian udara yang umum di dalam suatu cuaca kering. Sebuah penurunan nilai SHF, dikatakan 0.6, menyiratkan suatu beban panas laten tinggi seperti yang terjadi pada cuaca lembab.

$$\frac{\Delta w}{\Delta t} = \tan \theta$$

$$\tan \theta = \frac{c_{pm}}{h_{fg,c}} \left( \frac{1}{SHF} - 1 \right) \dots\dots\dots(2.14)$$

Dengan begitu kita dapat melihat bahwa kemiringan dari garis pendinginan dan de-humidification semata-mata merupakan suatu fungsi faktor panas sensible, SHF. Karenanya, kita dapat menarik gambar garis pendinginan dan dehumidifikasi pada diagram psikometrik jika SHF diketahui. Dalam beberapa diagram psikometrik standar, suatu busur derajat nilainya berbeda pada SHF yang disajikan. Garis Proses ditarik melalui titik awal dan dalam paralel kepada SHF garis yang diberi busur derajat seperti yang ditunjukkan gambar.



Gambar 2.8 Diagram psikometri dengan kemiringan untuk garis SHF

Temperatur  $T_s$  adalah temperatur permukaan yang efektif coil pendingin, dan diketahui sebagai temperatur titik embun (ADP). Di dalam suatu situasi ideal, ketika semua udara masuk menyinggung secara sempurna dengan permukaan coil pendingin, kemudian temperatur keluar udara akan jadi sama seperti ADP coil itu. Bagaimanapun, di dalam kasus nyata temperatur keluar udara akan selalu lebih besar dari temperatur titik embun seperti aliran udara yang mengalir di atas permukaan coil pendingin dan juga terdapat variasi temperatur sepanjang sirip dan lainnya. Karenanya, kita dapat mendefinisikan suatu factor (BPF) sebagai berikut:

$$BPF = \frac{T_c - T_e}{T_o - T_e} = \frac{h_o - h_{ADP}}{h_i - h_{ADP}} \dots\dots\dots(2.15)$$

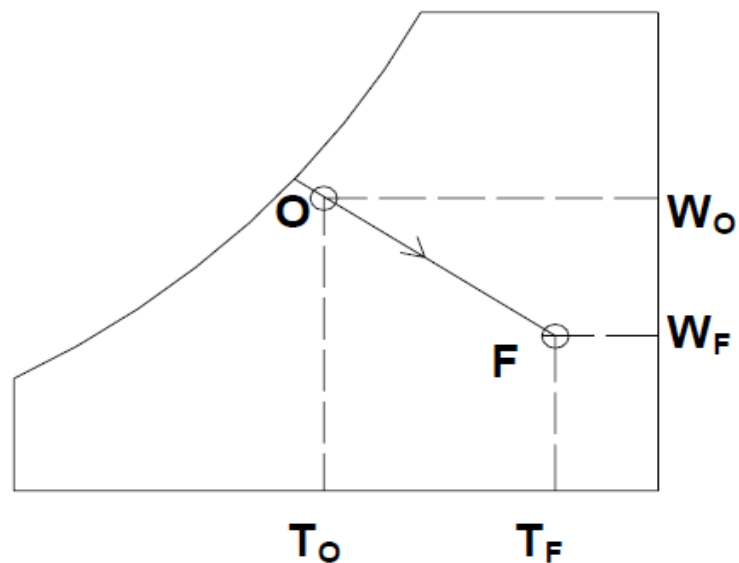
Itu dapat dengan mudah dilihat bahwa, faktor yang lebih besar akan menjadi perbedaan antara temperatur saluran udara keluar dan temperatur coil pendingin. Ketika BPF adalah 1.0, semua saluran udara coil itu dan tidak akan mendinginkan atau de-humidification. Dalam prakteknya, faktor saluran dapat meningkat dengan terus meningkat banyaknya baris di dalam suatu coil pendingin atau dengan penurunan kecepatan udara atau dengan mengurangi titi nada/lemparan sirip itu.

sebagai alternatif, suatu kontak factor (CF) dapat yang mana didefinisikan oleh:

$$CF = 1 - BPF \dots\dots\dots(2.16)$$

Heating dan Proses Dehumidifikasi

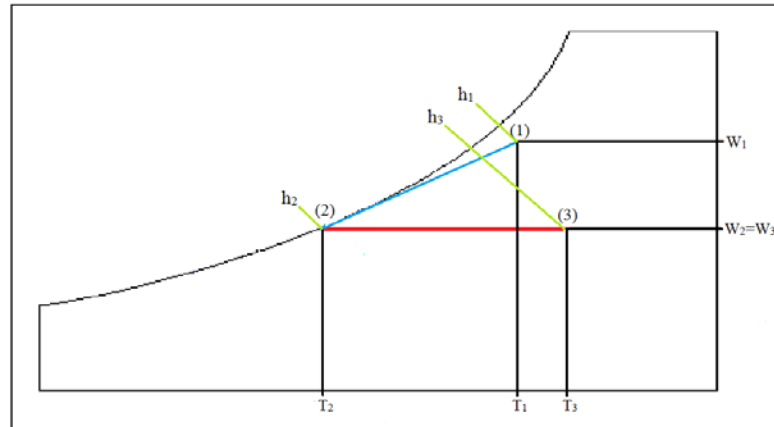
Pemanasan dan proses dehumidifikasi biasanya digunakan untuk mengurangi suhu titik embun udara. Selama pemanasan dan proses dehumidifikasi temperatur bola kering tinggi sehingga terjadi penurunan suhu dew-point temperature dan temperatur bola basah. Pada diagram psikrometrik, proses ini ditunjukkan dengan garis bersudut yang lurus menurun dari kondisi awal DB yang diberikan ke kondisi akhir DB.



Gambar 2.6 Heating dan dehumidification process

### Proses dehumidifier

Terjadinya proses dehumidifikasi dengan udara pengering yang dipanaskan pada kurva psikometrik dapat dilihat pada gambar 2.6. Pengeringan yang menggunakan udara yang telah dikondensasi berarti proses pendinginan dan dehumidifikasi (1)-(2) ditiadakan. Kenaikan suhu udara yang sebelumnya dikondensasikan karena gesekan atau turbulensi udara dapat dianggap sebagai proses pemanasan udara sebelum masuk ruang pengering.



Gambar 2.7 Proses dehumidifier pada kurva psikometrik

#### Keterangan:

(1)-(2) : Proses pendinginan dan dehumidifikasi

(2)-(3) : proses pemanasan

1 : udara masuk unit dehumidifier

2 : temperatur titik embun

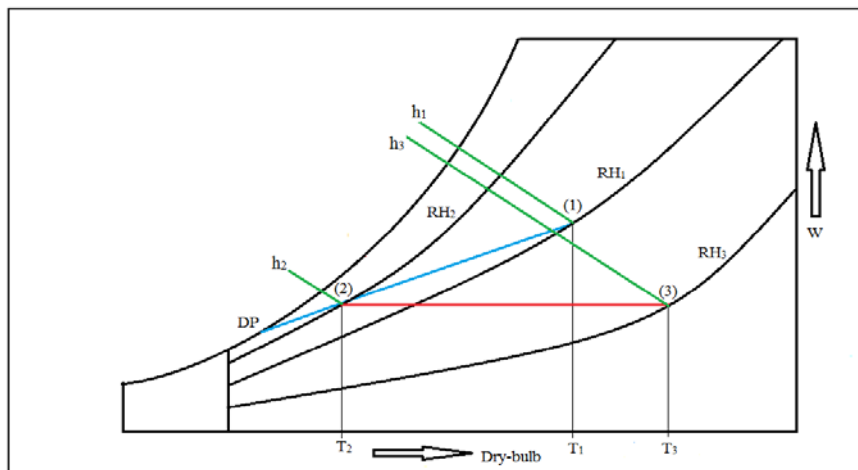
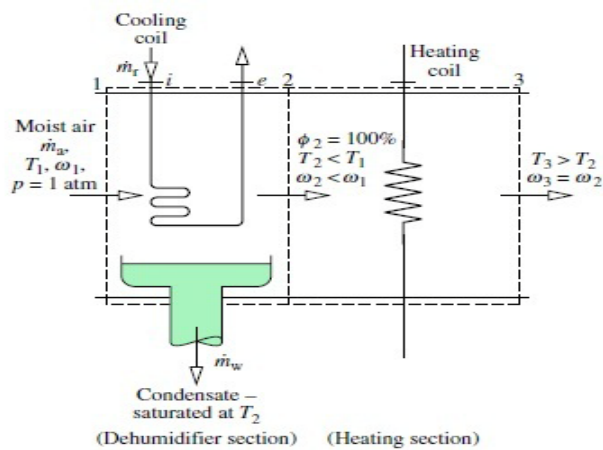
3 : proses pemanasan udara

Selain terjadinya proses dehumidifier di atas maka akan timbul beberapa proses diantaranya yaitu:

- Proses adiabatik: suatu proses di mana tidak terjadi pengurangan maupun penambahan panas total. Panas selalu berubah dari panas sensible menjadi panas laten atau panas laten menjadi panas sensible.
- Proses isothermal: suatu proses di mana tidak ada perubahan suhu bola kering
- Panas laten: adalah energi panas yang bila ditambahkan atau diambil dari suatu benda akan menimbulkan perubahan wujud tanpa merubah suhunya

## 2.4 Kinerja Dehumidifier

Gambar di bawah ini menunjukkan terjadinya proses dehumidifier dimana proses tersebut melalui proses cooling and dehumidifying dari udara sekitar menjadi udara dingin kemudian dipanaskan hingga mencapai temperatur yang diinginkan.



Keterangan:

- (1) – (2) : proses cooling dan dehumidifying
- (2) – (3) : proses pemanasan

Pada dasarnya penggunaan air conditioning sebagai unit proses pendinginan dan proses dehumidifikasi untuk menghasilkan udara dingin dimana udara dingin tersebut digunakan sebagai udara suplai proses dehumidifier, sehingga membutuhkan perlakuan proses pemanasan udara yang menggunakan energi panas dari listrik yaitu melalui lampu halogen. Besarnya energi yang dibutuhkan dapat dituliskan dengan rumus:

Kondisi pada sisi inlet dehumidifier

- Menentukan massa udara yang mengalir
  - ❖ Luas penampang,  $A = p \times \ell$
- Menentukan tekanan jenuh ( $P_{sat}$ ) pada suhu  $T_1$  (tabel air jenuh)
- Menentukan tekanan parsial uap ( $P_v$ )

$$P_v = RH \times P_{sat} \dots\dots\dots(2.17)$$

- Menentukan Humidity Ratio ( $w$ )

$$w = 0,622 \left( \frac{P_v}{P_t - P_v} \right) \dots\dots\dots(2.18)$$



- Menghitung Entalpi udara ( $h_1$ )

$$h_1 = 1,005 T + w (2501 + 1,88 T) \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana

Kondisi pada sisi outlet dehumidifier

- Menentukan tekanan jenuh ( $P_{sat}$ ) pada suhu  $T_2$  (tabel sifat air)
- Menentukan tekanan parsial sisi outlet ( $P_v$ )

$$w = 0,622 \left( \frac{P_v}{P_t - P_v} \right), \text{ maka untuk mencari } P_v;$$

$$P_v = \left( \frac{w}{0,622} \right) \times (P_t - P_v) \dots\dots\dots(2.20)$$

- Menentukan relative humidity outlet

$$RH = \frac{P_v}{P_{sat}} \dots\dots\dots(2.21)$$

- Menentukan entalpi udara pemanas ( $h_2$ ) dengan perubahan  $T_2$

$$h_2 = 1,005 T + w (2501 + 1,8 T) \dots\dots\dots(2.22)$$

Kondisi aliran udara

- Menentukan rapat massa udara ( $\rho_{ud}$ )

$$\rho_{ud} = \frac{P_t - P_v}{(R_a \times T_{ud})} \dots\dots\dots(2.23)$$

dimana  $R_a$  = ketetapan reynold (287,035 J/kg.k)

- Menentukan Volume aliran udara ( $\dot{v}$ )

$$\dot{v} = A \times v \dots\dots\dots(2.24)$$

- Menentukan Massa udara yang mengalir ( $\dot{m}$ )

$$\dot{m}_{ud} = \dot{v} \times \rho_{ud} \dots\dots\dots(2.25)$$

- Menentukan Energi yang diperlukan ( $Q$ )

$$Q = \dot{m}_{ud} \times (h_2 - h_1)$$

$$\dots\dots\dots(2.26)$$

- Menentukan Dew Point Temperature(DPT)

$$DPT = \frac{4030 (DBT + 235)}{4030 - (DBT + 235) \ln RH} - 235 \dots\dots\dots(2.27)$$

## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil proyek akhir dengan percobaan dan perhitungan data yang diperoleh, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil rancang bangun yang dilakukan yaitu dengan spesifikasi alat
  - Profile ducting : persegi (200 x 200 mm<sup>2</sup>)
  - Panjang ducting : 1300 mm
  - Tebal profile : 1,2 mm
  - Heater : 2100 watt
  - Oven : 600 x 600 x 600 mm<sup>3</sup>
2. Heater yang digunakan dari proses dehumidifier sebanyak 5 level dengan (21 lampu halogen)

Level	In		out	
	T	RH	T	RH
I	16	79	26,2	42,2
II	16	79	31,5	27,5
III	16	79	40,8	17,2
IV	16	79	43,6	14,2
V	16	79	49,8	11,8

3. Hasil proses dehumidifier dapat melampaui target 20% RH dengan hasil pengukuran 11% RH
4. Energi yang dibutuhkan untuk memanaskan udara dari I heater sampai V heater.

Level	Q (watt)
I	916
II	1,131
III	1,911
IV	2,208
V	2,865

5. Studi kasus yang dilakukan adalah proses pengeringan kacang tanah sebanyak 3,6 kg dengan daya pemanas 1200 watt yang bertemperatur 55<sup>0</sup>C semala 5 jam dapat menurunkan bobot kacang tanah 19,69% dari suhu kerja dalam oven 41<sup>0</sup>C dan RH 18%.

## 5.2. Saran

1. Pengukuran suhu sekitar sebaiknya diperhatikan karena berpengaruh terhadap uji coba dehumidifier
2. Dalam penempatan instrumen test-bed (alat ukur) supaya dipindah agar dapat membaca dengan akurat hal ini dikarenakan dalam penempatan alat ukur terhalang oleh rock wool.
3. Menambah instrumen pengukur daya dan arus heater pada dehumidifier untuk menghitung kebutuhan energi yang dibutuhkan sebab dalam pelaksanaannya masih berdasarkan daya dan arus pada lampu halogen.
4. Jika digunakan untuk proses pengeringan membutuhkan peralatan tambahan yaitu blower dengan putaran tinggi dan metode sistem pengeringan yang tepat.

