



Analisa Performa *Dessicant Dehumidifier* Terhadap Bukaannya Damper *Pre-Cooling* Dengan 10 – 100% Bukaannya Pada Aplikasi *Clean Room* PT Marin Liza Farmasi

Ade Maulana¹, Yudhi Chandra Dwiaji²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

¹ademaulana040@gmail.com*, ²yudhichandra7@gmail.com

Abstract

Indonesia is a country that has a tropical climate, so the content of water vapour is very high, so many industrial products are damaged due to high air humidity. On the other hand, high air humidity in a controlled room is certainly very detrimental to the continuity of the production process as is the case in the application of the clean room of PT Marin Liza Farmasi. If the temperature and water vapour content are not met, production cannot be carried out. Fresh water has a high water vapour content, so pre-cooling AHU is needed to condense the water vapour in fresh water so that the dehumidifier load is not too large. Pre-cooling dampers with openings of 10% - 100% will affect the value of the bypass factor and air contact factor against the evaporator cooling coil on the pre-cooling AHU. Each damper opening will be tried and analysed to get the best dehumidifier exit moisture content without disturbing other systems. The damper openings of PT Marin Liza Farmasi are the 50% and 60% openings which produce the best dehumidifier performance without disturbing the performance of other systems by producing a dehumidifier exit water vapour content of 1.12 g/kg at the 50% opening with a bypass factor at pre-cooling of 12.26% and 1.2 g/kg at the 60% opening with a bypass factor at pre-cooling of 12.90%.

Keywords: dehumidifier, pre-cooling, clean room, damper.

Abstrak

Indonesia adalah negara yang memiliki iklim tropis, sehingga kandungan uap air sangat tinggi, hingga banyak produk industri yang mengalami kerusakan di akibatnya kelembaban udara. Di sisi lain tingginya kelembaban udara pada ruangan yang di kontrol tentunya sangat merugikan untuk keberlangsungan proses produksi seperti halnya pada aplikasi ruang *clean room* PT Marin Liza Farmasi. Jika suhu dan kandungan uap air tidak terpenuhi maka produksi tidak dapat di lakukan. *Fresh air* memiliki kandungan uap air yang tinggi, sehingga diperlukan AHU *pre-cooling* yang berfungsi untuk mengkondensasikan uap air di *fresh air* sehingga beban *dehumidifier* tidak terlalu besar. *Damper pre-cooling* dengan bukaan 10% - 100% akan berpengaruh terhadap nilai *bypass* faktor dan kontak faktor udara terhadap *cooling coil evaporator* pada AHU *pre-cooling*. Setiap bukaan *damper* akan dicoba dan dianalisa untuk mendapatkan kandungan uap air keluar *dehumidifier* yang paling baik tanpa mengganggu sistem lainnya. Bukaan *damper* PT Marin Liza Farmasi adalah bukaan pada 50% dan 60% dimana menghasilkan *performance dehumidifier* paling baik tanpa mengganggu kinerja sistem lainnya dengan menghasilkan kandungan uap air keluar *dehumidifier* sebesar 1,12 g/kg pada bukaan 50% dengan *bypass* faktor pada *pre-cooling* sebesar 12,26% dan 1,2 g/kg pada bukaan 60% dengan *bypass* faktor pada *pre-cooling* sebesar 12,90 %.

Kata kunci: *dehumidifier*, *pre-cooling*, *clean room*, *damper*.

1. Pendahuluan

Produk diberbagai industri yang memiliki sifat higroskopis umumnya mengalami kerusakan karena adanya penggumpalan (*clumping*) oleh udara yang memiliki kandungan uap air yang tinggi

[1]. Produk serbuk dengan tingkat higroskopis yang tinggi (menggumpal), bukan bahan pangan yang baik untuk disajikan [2]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka munculah teknologi *desiccant dehumidifier*. Zat yang paling umum

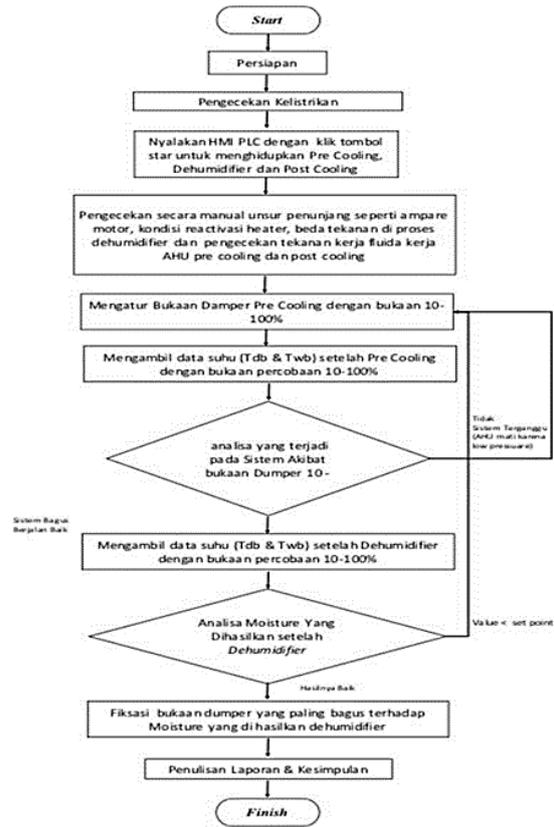
digunakan sebagai penyusun *desiccant* adalah silika jel yang merupakan bentuk dari silika dioksida (SiO₂) [3]. Penggunaan *desiccants* pada *dehumidifier* digunakan untuk menarik kelembaban dari udara dengan menciptakan daerah tekanan uap rendah pada permukaan materialnya [4].

Dengan mengatur temperatur reaktivasi panas pada *dehumidifier* dapat di ketahui pengaruh regenerasi terhadap *performance dehumidifier* dimana semakin tinggi temperaturnya maka semakin bagus *output moisture* yang dihasilkan [5]. Kelemahan yang mungkin terjadi akibat dari pengaturan reaktivasi panas terlalu berlebihan adalah efisiensi dari *dehumidifier* menjadi tidak baik karena konsumsi energi untuk membuat reaktivasi temperatur menjadi lebih panas akan menambah besar konsumsi energi listrik yang digunakan.

Untuk ruangan yang memiliki *fresh air* keberadaan *pre-cooling* sangat membantu agar *dehumidifier* tidak terlalu besar kapasitasnya. Beban laten pada ruangan yang berasal dari *fresh air* akan di tangani oleh *precooling* dengan cara dikondensasikan oleh *coil evaporator* [6]. Besar kecilnya suhu dan kandungan uap air pada udara keluar *precooling* akan di pengaruhi oleh besar kecilnya kontak faktor dan *bypass factor* pada *coil evaporator pre-cooling* [7]. Kontak faktor dan *bypass factor* erat kaitannya dengan pengaturan damper pada *AHU pre-cooling* sehingga diperlukan analisa untuk performa *dessicant dehumidifier* terhadap bukaan *damper pre-cooling* dengan 10 – 100% pada aplikasi *clean room* PT Marin Liza Farmasi.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif dengan menghitung kapasitas total beban laten yang ada pada ruangan yang di kondisikan, kemudian memilih kapasitas *dehumidifier* yang sesuai dengan kebutuhan. Ketika sudah terpasang, maka dilakukan pengambilan data perhitungan kondisi suhu dan kandungan uap air *fresh air*, pengambilan data suhu dan kandungan uap air udara yang keluar dari *pre-cooling*, nilai *bypass factor* dan kontak faktor pada *pre-cooling*, suhu *mixing* antara udara balik dengan keluar *pre-cooling* dan *mixing* udara balik dengan keluar *dehumidifier* dan terakhir adalah menghitung besar kandungan uap air dan suhu keluar dari *dehumidifier* dengan menggunakan kurva *performance dehumidifier*. Berikut adalah *flow chart* penelitian yang dilakukan:



Gambar 1. Flow Chart Penelitian

Spesifikasi ruangan yang didesain memiliki data sebagai berikut:

Tabel 2. Data Ruangan Yang Didesain

N	Deskripsi	Keterangan
0		
1	Lokasi	Jl.Terusan Kiaracondong No.43 – 44 Bandung
2	Aplikasi Ruangan	Proses Produksi Obat Effervecent
3	Fungsi Ruangan	Ruang Produksi
4	Letak Ruangan	Lantai 1 Plant PT
5	Volume Ruangan	MLF
6	Suhu Luar	97,5 m ³
7	Ruangan (OA)	35°C
8	RH (%) OA	69%
9	Kandungan Grain	24,79 g/kg
10	(w)	20 +/- 2°C
11	Suhu Rancangan RH Design	20 % 2,88 g/kg
12	Kandungan Grain	
13	(w) Design	10 orang 500 x 1000 mm
14	Jumlah Penghuni Fix Opening	(hanya 30% yang kontak dengan udara luar)
15		
16	Fresh Air	30% dari total air flow
17		dengan

18	Jumlah Buka-an	<i>precooling</i> 15°C
19	Pintu	3x/jam
	Ukuran Pintu	0,9 x 1,2 m
	Konstruksi	Sandwich Panel
	Ruangan	9000 CMH
	Air Flow AHU	2800 CMH
	Total	
	Air Flow Fresh	
	Air	

Dimana ruangan tersebut adalah ruangan yang masuk pada kelas 100.000 *clean room*. Berikut adalah kelas *clean room*:

Table 3. Data Kesamaan Kelas Standard ISO & Federal.(ISO 14644-1: 1999 & Federal Standard 209)

FED 209E	ISO14644	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm
	ISO 1	10	2				
	ISO 2	100	24	10	4		
1	ISO 3	1000	237	102	35	8	
10	ISO 4	10.000	2370	1020	352	83	
100	ISO 5	100.000	23700	10200	3520	832	29
1000	ISO 6	1000.000	237000	102000	35200	8320	293
10000	ISO 7				352000	83200	2930
100000	ISO 8				3520000	832000	29300
	ISO 9				35200000	8320000	293000

Peralatan dan mesin yang di gunakan adalah sebagai berikut

1) Termostat

Termometer (bola kering & bola basah). Termometer digunakan untuk mengukur kondisi suhu Tdb dan Twb yang nantinya akan di masukan kedalam persamaan, untuk mendapat nilai kandungan uap air pada masing proses yang di pengaruhi oleh besar buka-an damper *pre-cooling*.

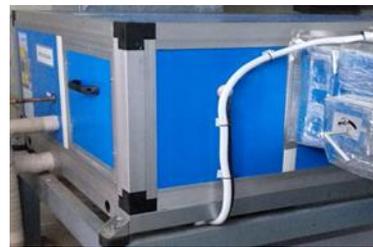


Gambar 2. Termostat Tdb & Twb

2) *Pre-cooling*

Pre-cooling digunakan untuk mendinginkan udara *fresh air* agar kandungan uap air bisa dikondensasikan di dalam *evaporator pre-cooling* sehingga beban *dehumidifier* tidak terlalu berat menangan-i beban laten dari *fresh air*. Dalam artian *pre-cooling* mengurangi kebutuhan energi atau beban kerja sistem pendingin. [8]

Deskripsi	Keterangan
Kapasitas Pendingin	Lantai 1 Plant PT MLF
Type System	Cooling Coil DX system
Air Flow Proses	1177 CFM
Dimensi	Panjang: 1110 mm Lebar: 1175 mm Tinggi: 650 mm
Tegangan	415 V/ 3 Phasa/ 50 Hz
Blower	Nikotra Fan Belt
Face Velocity	550 (Fit/min)
Fan Type	Sentrifugal



Gambar 3. AHU Pre-cooling

3) Damper *Pre-cooling*

AHU berfungsi sebagai pusat pengendalian dan pengolahan udara, meliputi proses penyaringan, pemanasan, pendinginan, dan pendistribusian udara ke ruangan yang dituju [9]. Damper berfungsi untuk membuat *leaving temperature* pada AHU, *pre-cooling* menjadi lebih rendah atau tinggi nilai temperaturnya, semakin di tutup damper maka semakin kecil nilai *leaving* pada *pre-cooling*nya. Dengan adanya damper udara akan menjadi ter-*block* dan mengalami kontak faktor yang tinggi akhirnya udara *leaving pre-cooling* semakin rendah suhu dan kandungan uap airnya. Pengaturan harus dilakukan dengan baik antara 10 – 100% buka-an agar menghasilkan performa sistem yang terbaik tanpa mengganggu sistem lain.



Gambar 4. Damper

4) Dehumidifier

Dehumidifier digunakan merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mengurangi kandungan uap air pada udara dalam suatu

ruangan [10] dimana berupa media *dessicant* yang dibentuk sedemikian rupa menjadi sebuar rotor atau drum dengan rongga-rongga kecil di dalamnya, sehingga udara yang melalui rotor tersebut akan menjadi kering karena uap air di *adsorb* oleh *dessicant* dan dibuang oleh sistem *re-aktivasi* pada proses *out* buangan *dehumidifier*.

3. Hasil dan Pembahasan

Karena sistem yang di gunakan pada penelitian ini adalah sistem *dehumidifier*. dengan *type dessicant dehumidifier*, maka berikut adalah parameter perhitungan dan data untuk mendapatkan nilai atau kapasitas dari *dehumidifier* yang nantinya akan di gunakan untuk ruang Clean Room Effervicent PT Marin Liza Farmasi.

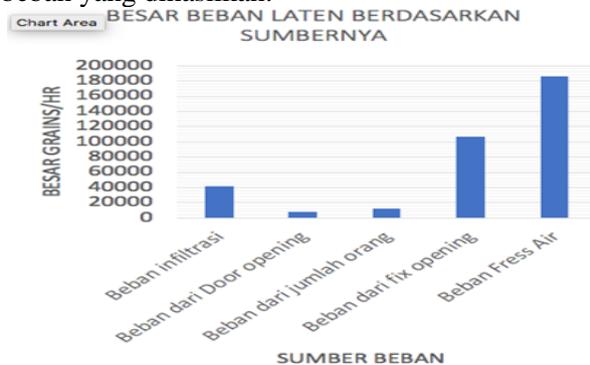
3.1 Perhitungan Beban Laten

Perolehan beban laten terjadi ketika kelembaban ditambahkan ke ruang baik dari sumber internal seperti uap yang dipancarkan oleh penghuni dan peralatan) atau dari udara luar sebagai hasil dari infiltrasi atau ventilasi untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan yang baik. Untuk mempertahankan rasio kelembaban yang konstan. Berikut adalah total beban laten yang telah dihitung berdasarkan masing-masing sumber bebannya:

Tabel 4. Total Beban Laten Ruang Clean Room Effervicent PT Marin Liza Farmasi.

Sumber Beban	Nilai	Satuan
Beban infiltrasi	41518	Grains/hr
Beban dari Door opening	7769	Grains/hr
Beban dari jumlah orang	12000	Grains/hr
Beban dari fix opening	106692	Grains/hr
Beban Fress Air	186446	Grains/hr
JUMLAH TOTAL	354425	Grains/hr

Dan berikut adalah grafik sumber beban dan total beban yang dihasilkan:



Gambar 5. Besar Beban Laten Berdasarkan Sumbernya

Jumlah paling besar penyumbang beban laten adalah *fresh air* dan *fix opening*. Pada grafik di atas

menunjukkan bahwa meski menggunakan *pre-cooling* beban *fresh air* masih menempati posisi pertama penyumbang terbesar dari beban laten total ruangan.

3.2 Pemilihan Tipe Dehumidifier

Kapasitas *dehumidifier* yang digunakan untuk membuat ruangan bisa sesuai dengan nilai *set point* nya adalah dengan cara meng-konversi beban laten ke dalam *air flow* baik *cfm* atau *cmh*, kemudian disesuaikan atau dipilih *dehumidifier* sesuai kapasitas *air flow* yang didapatkan. Berikut adalah rumus untuk mencari nilainya:

$$X = C \times \frac{\text{grains/hr}}{60} : (S - G) \tag{1}$$

Dimana:

X: Cfm (Air flow *fresh air*)

Gr/hr: Total Beban laten di ruangan yang sudah di hitung

C: konstanta

S: besar *moisture* dalam Grs/lb sebelum masuk *dehumidifier*.

G: besar Grs/lb *leaving dehumidifier* dari *curva performance*

Maka dari beban laten di atas di dapat kapasitas *dehumidifier* dengan cara sebagai berikut:

$$X = C \times \frac{\text{gr/hr}}{60} : (S - G)$$

$$\text{Maka } X = 14 \times \frac{354425}{60} : (41,5 - 10,4)$$

$$X = 2663 \text{ CFM} = 4524 \text{ CMH}$$

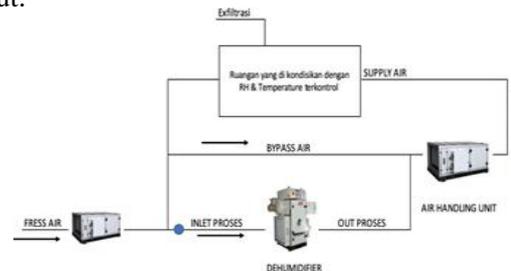
Kapasitas *Dehumidifier* yang mendekati besar kapasitas yang di butuhkan adalah *type Fli 5000 CMH*. *Type* inilah yang digunakan pada *project* PT Marin Liza Farmasi di Bandung, dengan data spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 5 *Type* yang digunakan PT Marin Liza Farmasi

Model	ROTOR DEPTH	PURGE	PROCESS AIR FLOW CMH	PROCESS ESP (Pa)	PROCESS MOTOR KW	REACT AIR FLOW CMH	REACT ESP (Pa)	REACT MOTOR KW	REACT HEATER KW	POWER REGR.	Approx Weight (kg)	Dimension (L x D x H)
Fli 2500	200	NO	2500	300	1.5	833	250	0.746	26	415/3/50	500	2600 x 1220 x 1770
Fli 3000	200	NO	3000	300	1.5	1000	250	0.746	33	415/3/50	500	2600 x 1220 x 1770
Fli 4200	200	NO	4200	300	2.2	1400	250	1.1	46	415/3/50	550	2600 x 1220 x 1770
Fli 5000	200	NO	5000	300	3.7	1667	250	1.1	53	415/3/50	550	2600 x 1220 x 1770

3.3 Skematik Instalasi Sistem

Skematik ini sengaja dimunculkan agar mampu memahami bagaimana sistem di pasang dan untuk di *project* ruang Clean Room Effervicent PT Marin Liza Farmasi digunakan skematik sistem seperti berikut:



Gambar 6. Skematik Instalasi *Dehumidifier*

Mula-mula udara *fresh air* masuk ke *pre-cooling*, lalu udara di *mixing* dengan udara balik dari ruangan, kemudain masuk ke *dehumidifier*, keluar *dehumidifier* di *mixing* kembali dengan sebagian udara *bypass* dari udara balik ruangan, lalu masuk ke *post cooling* dan dari sana udara terkondisi di distribusikan menuju ruangan yang di kondisikan. *Damper* pada *pre-cooling* akan sangat berpengaruh terhadap besar suhu dan kandungan uap air pada sistem juga berpengaruh terhadap performace dari *dehumidifier*.

3.4 Mencari Kandungan Uap Air (*Fresh Air*).

Diketahui bahwa besar suhu *fresh air* adalah:

Tdb = 35 °C

Twb = 29.8 °C

Maka Pgw sebesar = 4.2 kpa

$$Pv = Pgw - \frac{\{P - Pgw(Tdb - Twb)\}}{Kw - Tdb} \tag{2}$$

$$= 4.2 - \frac{\{100 - 4.2(35 - 29.8)\}}{1537.3 - 35}$$

$$= 4.2 - 0.33 = 3.87 \text{ Kpa}$$

Dimana besar kandungan uap air di dapat dari rumus

$$w = 0.62198 - \frac{Pv}{Pat - Pv} \tag{3}$$

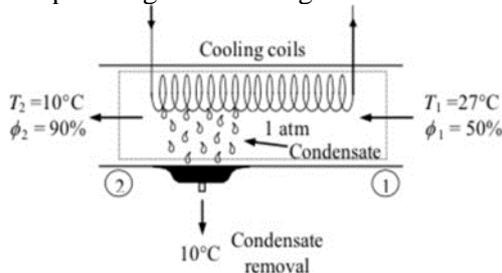
$$= 0.62198 - \frac{3.87}{100 - 3.87}$$

$$= 0.024 \text{ Kgw/Kgda}$$

dimana:

- p = tekanan udara barometric
- Pv = tekanan parsial uap air
- Pgw = tekanan parsial uap air pada suhu Twb
- Tdb = Suhu bola kering dalam °F/°C
- Twb = suhu bola basah dalam °F/°C

Maka besar kandungan uap air pada *fresh air* yang akan masuk ke dalam sistem *pre-cooling* adalah sebesar 0,024 kg uap air dalam 1 kg udara kering. 0,024 Kgw/Kgda dapat di konversi menjadi 24 gram uap air / kg udara kering.



Gambar 7. Proses Kerja *Dehumidifier* Refrigerasi

3.4 Mengukur Suhu Kandungan Uap Air Setelah *Pre-Cooling*

Berikut tabel hasil pengukuran kandungan uap air dari hasil perhitungan seperti di atas berdasarkan data Tdb dan Twb udara setelah *pre-cooling* :

Tabel 6. Nilai kandungan Uap Air Di Setiap Bukaannya Damper

Damper	Tdb	Twb	w (Kg /Kg)	w (g/kg)
10 %	4,6 °C	4,6 °C	0,00525	5,25
20%	5 °C	4,8 °C	0,00524	5,24
30%	6 °C	5,5 °C	0,00539	5,39
40%	6,5 °C	6 °C	0,00559	5,59
50%	7,8 °C	7,2 °C	0,00605	6,05
60%	8 °C	7,8 °C	0,00648	6,48
70%	10 °C	9,2 °C	0,0069	6,9
80%	12 °C	11,5 °C	0,00824	8,24
90%	13 °C	12,5 °C	0,00882	8,82
100%	14,5 °C	14 °C	0,00976	9,76

3.5 Mengukur Data *Mixing* Antara Udara Balik dan *Pre-Cooling*

Data *mixing* udara balik dengan udara keluar *pre-cooling* penting untuk dihitung dengan maksud untuk mengetahui besar udara campuran dan kandungan uap air campuran antara udara keluar *pre-cooling* dengan udara balik dari ruangan. kondisi *mixing* untuk contoh pada bukaan 10% dimana diketahui udara balik dari ruangan adalah 23 °C Tdb dan kandungan uap air/ w sebesar 7,86 g/kg dengan total udara yang kembali sebesar dari ruangan 9000CMH/5297 CFM di kurang nilai kebocoran sebesar 2000 CMH/1177 CFM jadi 7000 CMH/4120 CFM udara yang masuk ke *Dehumidifier* hanya sebesar 3000 CMH/1767 CFM dari udara balik dan 4000 CMH sisanya di *bypass* dan di *mixing* dengan udara keluar *dehumidifier*. Udara balik dari ruangan senilai 3000 CMH/1767 CFM dengan suhu 23 °C Tdb akan di *mixing* dengan 2000 CFM udara keluar *pre cooling* dengan suhu sebesar 4,6 °C Tdb pada bukaan damper 10% (contohnya) dengan kandungan uap air/ w sebesar 5,25 g/kg.

3.6 Data Suhu dan Kandungan Uap Air Keluar *Dehumidifier*

Dengan mengetahui besar suhu dan kandungan uap air pada proses *mixing* antara *pre cooling* dan udara balik dari ruangan maka dengan mudah kita bisa analisa performa *dehumidifier* dengan menggunakan kurva performa *dehumidifier*. Pada dasarnya semakin rendah suhu dan kandungan uap air yang masuk pada *dehumidifier* maka suhu keluar *dehumidifier* juga akan semakin rendah dan begitu pula dengan nilai kandungan uap air yang keluar akan semakin rendah. Hal ini berlaku pada sistem *dessicant dehumidifier*.

Misalnya pada bukaan 10% Tdb dan kandungan uap air (w) hasil *mixing* yang akan masuk ke *dehumidifier* adalah sebagai berikut:

Bukaan damper 10 %

Mixing Tdb Mixing = 15,64 °C

W mixing = 4,18 g/kg

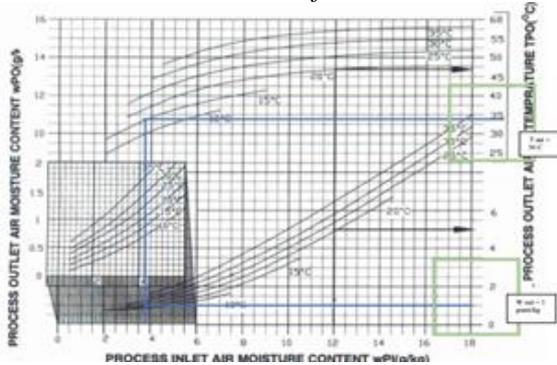
Maka :

Tdb keluar *dehumidifier* = 35 °C

W keluar *dehumidifier* = 1,01 g/kg

Dengan menggunakan kurva *performace dehumidifier* maka dapat diketahui besar suhu

keluar dan kandungan uap air yang keluar dari *dehumidifier*, dimana memberikan gambaran terkait pengaruh kondisi udara yang masuk yang tentunya di pengaruhi oleh *pre-cooling* terhadap hasil keluaran dari *dehumidifier*.



Gambar 8. Kurva Performance Pemetaan Entering

Dari kurva diatas untuk bukaan damper 10% kandungan uap air keluar *dehumidifier* sekitar 1,01 g/kg dan suhunya adalah 35 °C maka di dapat nilai keseluruhan suhu dan kandungan uap air yang di pengaruhi oleh bukaan damper.

Tabel 8. Performa Keluaran *Dehumidifier* Yang Dipengaruhi Oleh Bukaan Damper Antara 10 - 100%

Bukaan Damper	Tdb Pc (°C)	Tdb Ra (°C)	Tdb Mix (°C)	w Pc (g/kg)	w Ra (g/kg)	w Mix (g/kg)	Tdb Keluar DEHUM (°C)	W Keluar DEHUM (g/kg)
10%	4,6	23	15,64	5,25	3,47	4,18	35	1,01
20%	5	23	15,8	5,28	3,47	4,20	35,5	1,02
30%	6	23	16,2	5,39	3,47	4,23	36	1,04
40%	6,5	23	16,4	5,59	3,47	4,31	36,5	1,06
50%	7,8	23	16,92	6,05	3,47	4,5	37	1,12
60%	8	23	17	6,48	3,47	4,67	37,5	1,2
70%	10	23	17,8	6,9	3,47	4,84	38	1,25
80%	12	23	18,6	8,24	3,47	5,37	38,5	1,3
90%	13	23	19	8,82	3,47	5,61	39	1,4
100%	14,5	23	19,6	9,76	3,47	5,9	42	1,6

3.7 ANALISA DATA

Berikut adalah grafik dari pengaruh bukaan damper pada suhu keluaran *pre-cooling*, grafik ini di buat untuk mempermudah analisa pada setiap kondisi yang terjadi pada sistem.



Gambar 9. Grafik Pengaruh Bukaan Damper Terhadap Suhu Keluar *Pre-Cooling*



Gambar 10. Grafik Pengaruh Bukaan Damper Terhadap Kandungan Uap Air Setelah *Pre-Cooling*

Terhadap Kandungan Uap Air Keluar *Pre-Cooling* Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin kecil bukaan *damper* maka semakin kecil suhu yang keluar dari *pre-cooling*, dan semakin besar bukaan maka semakin besar suhu udara yang keluar dari *pre-cooling*. Hal ini terjadi karena semakin kecil damper maka semakin kecil nilai *bypass* faktor dari udara melewati *coil*.

Mesin AHU *pre-cooling* pada *evaporator* memiliki suhu 4°C dan masing masing bukaan memiliki nilai suhu keluar *pre cooling* yang berbeda tetapi nilai suhu masuk sama.

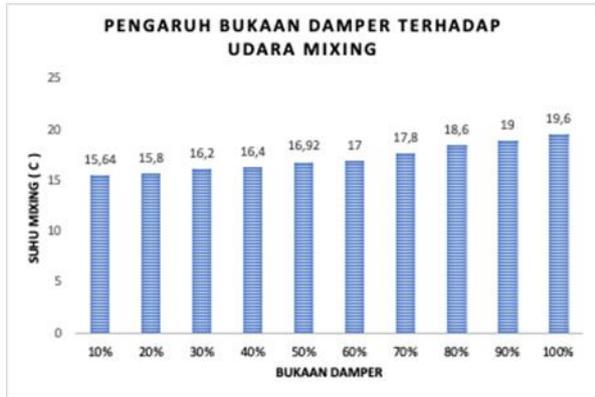
Nilai tersebut menunjukkan bahwa hanya ada 1,9 % udara yang *bypass* tanpa melewati *coil*, artinya total udara yang masuk sebesar 98,1 % yang menyentuh *coil evaporator* dan hasilnya udara keluar menjadi lebih dingin dengan kandungan uap air yang sudah berkurang karena uap air terkondensasi oleh *coil evaporator*.

Table 9. Nilai *Bypass* Faktor dan Kontak Faktor

Bukaan (%)	TL (°C)	TC (°C)	TE (°C)	TC (°C)	BPF (%)	Kontak Faktor (%)
10%	4,6	4	35	4	1,94	98,06
20%	5	4	35	4	3,23	96,77
30%	6	4	35	4	6,45	93,55
40%	6,5	4	35	4	8,06	91,94
50%	7,8	4	35	4	12,26	87,74
60%	8	4	35	4	12,90	87,1
70%	10	4	35	4	19,35	80,65
80%	12	4	35	4	25,81	74,19
90%	13	4	35	4	29,03	70,97
100%	14,5	4	35	4	33,87	66,13

Dapat dijelaskan bahwa semakin kecil bukaan *damper* maka semakin banyak udara yang menyentuh permukaan *coil evaporator* (kontak faktor) dan hasilnya semakin rendah suhu dan kandungan uap air yang dihasilkan. Dan sebaliknya apabila bukaan damper semakin besar maka semakin besar udara yang *bypass* tidak menyentuh *coil evaporator* sehingga kandungan uap tidak semua terkondensasi di *coil evaporator* dan suhu yang keluar menjadi lebih tinggi jika dibandingkan dengan bukaan yang lebih kecil.

Kondisi tersebut juga mempengaruhi kondisi udara *mixing* antara udara balik dan udara keluar *pre-cooling* untuk suhu dan kandungan uap air.



Gambar 11. Grafik Pengaruh Bukaannya Damper Terhadap Udara Tdb Mixing

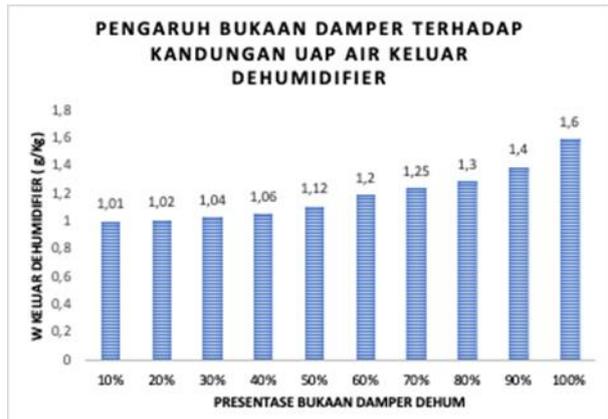


Gambar 12. Grafik Pengaruh Bukaannya Damper Terhadap Kandungan Uap Air Mixing

Gambar diatas menunjukkan bahwa suhu dan kandungan uap hasil *mixing* memiliki pengaruh terhadap performa *dehumidifier*. Dimana semakin rendah suhu dan kandungan uap air yang masuk pada *dehumidifier* maka semakin rendah suhu dan kandungan uap air yang keluar dari *dehumidifier*.



Gambar 13. Grafik Pengaruh Bukaannya Damper Terhadap Kandungan Uap Air Mixing



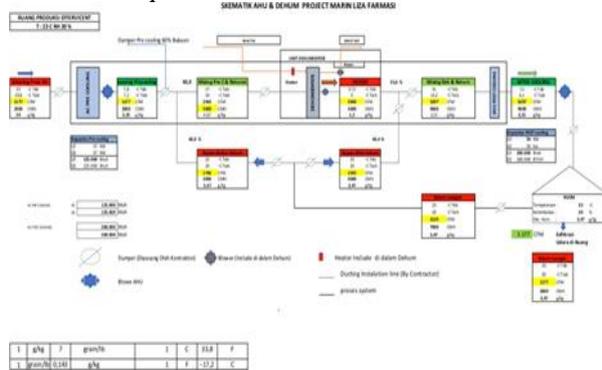
Gambar 14. Grafik Pengaruh Bukaannya Damper Terhadap Kandungan Uap Air Mixing

Grafik-grafik di atas menunjukkan kembali pada proses analisa bahwa peran dari *damper* sangat penting untuk mengontrol performa dari *dehumidifier*, dimana semakin kecil bukaan maka semakin performa *dehumidifier* yang dihasilkan, jumlah kandungan uap air dan suhu yang dihasilkan di pengaruhi oleh kontak faktor dan *bypass* faktor pada *coil evaporator*. Aktualnya di ruang *clean room* PT Marin Liza Farmasi produksi *effervicent* pada bukaan damper 10% - 40% menghasilkan kandungan uap air yang sangat bagus yaitu 1.01 g/kg , 1.02 g/kg, 1.04 g/kg dan 1.06 g/kg dengan suhu keluar *dehumidifier* sebesar 35 °C, 35.5 °C, 36 °C, 36,5 °C nilai ini sangat bagus dan memberikan hasil terbaik ketika sistem mendistribusikan udara kering ke ruangan. Namun kondisi ini tidak didukung oleh mesin pada sistem pendingin AHU *pre-cooling*, karena pada AHU *pre-cooling* mengalami masalah pada HPLP (*Hight & Low Pressure*) dikarenakan suhu pada *evaporator* terlalu dingin yaitu antara 4.6 °C, 5 °C, 6°C dan 6.5 °C mengakibatkan AHU *pre-cooling* tidak mampu hidup dan selalu mati.

Bukaan damper yang paling ideal dan menghasilkan kandungan uap air paling rendah yaitu pada bukaan 50-60% dengan kandungan uap air 1.12 g/kg dan 1.2 g/kg dengan suhu 37 °C dan 37.5 °C dimana pada bukaan ini AHU *pre-cooling* tidak mengalami masalah dan berjalan terus sampai kondisi di dalam ruangan tercapai pada suhu 23 °C dengan kandungan uap air 3,47 g/kg. suhu 23 °C akan di tangani oleh AHU *post cooling* dan kandungan uap air keluar dari *dehumidifier* senilai 1.12 g/kg dan 1.2 g/kg akan di *mixing* dengan udara *bypass* dari ruangan.

Hasil *mixing* pada bukaan 50% adalah 2,16 g/kg dan pada 60% adalah 2,21 g/kg. Hasil ini sangat baik jika di lihat dari kandungan uap air di ruangan yang di *design* pada 3,47 g/kg artinya pada bukaan 50-60% masih ada selisih dimana *set point* ruangan

di kurangi dengan kandungan uap air yang keluar dari proses *mixing dehumidifier* memiliki selisih 1,31 g/kg pada bukaan 50% dan 1,26 g/kg pada bukaan *dampers* 60%.



Gambar 15. Skematik *Design Cooling & Dehumidifier*

4. Kesimpulan

Dari hasil pengambilan data dan analisa yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa besar kecilnya bukaan *dampers precooling* akan berpengaruh terhadap besar kecilnya suhu dan kandungan uap air yang keluar dari *precooling* dan *dehumidifier*. Hal ini disebabkan oleh persentasi kontak faktor dan *bypass* faktor (BPF) yang terjadi pada udara ketika menyentuh *coil evaporator precooling*. Suhu yang berubah pada keluaran sistem akan berpengaruh terhadap tekanan udara uap parsial (Pv) di udara, hal ini menunjukkan adanya penurunan kandungan uap air yang terkandung di dalam udara.

Bukaan *dampers* yang dipilih pada *project* ruang *clean room* produksi *effervicent* di PT Marin Liza Farmasi adalah bukaan pada 50% dan 60% yang menghasilkan *performace dehumidifier* paling baik tanpa mengganggu kinerja sistem lainnya, dimana pada bukaan tersebut menghasilkan kandungan uap air keluar *dehumidifier* sebesar 1,12 g/kg pada bukaan 50% dengan *bypass* faktor pada *precooling* sebesar 12,26 % dan 1,2 g/kg pada bukaan 60% dengan *bypass* faktor pada *precooling* sebesar 12,90 %.

Udara keluar *dehumidifier* kemudian dicampur dengan udara *bypass* dari udara balik sehingga pada bukaan 50% menghasilkan kandungan uap air 2,16 g/kg dan pada 60% menghasilkan kandungan uap air 2,21 g/kg. Hasil kandungan uap air keluar *dehumidifier* di atas sangat baik jika dibandingkan dengan *design* kandungan uap air di ruangan senilai 3,47 g/kg artinya pada bukaan 50-60% masih ada selisih dimana *set point* ruangan di kurangi dengan kandungan uap air yang keluar dari proses *mixing dehumidifier* memiliki selisih 1.31 g/kg pada

bukaan 50% dan 1,26 g/kg pada bukaan *dampers* 60%. Sehingga bukaan *dampers* 50% dan 60% yang menjadi pilihan untuk sistem ini karena kandungan uap air sangat aman untuk di distribusikan ke ruangan agar bisa sesuai target *design*.

Daftar Rujukan

- [1] N. A. Septianty, S. Winarti, and U. Sarofa, "PENGARUH KONSENTRASI ANTI KEMPAL MAGNESIUM KARBONAT (MgCO₃) DAN LAMA PENYIMPANAN TERHADAP KARAKTERISTIK SAMBAL TUMPANG BUBUK," *J. Sains dan Teknol. Pangan (JSTP)*, vol. 9, no. 4, pp. 7603–7614, 2024.
- [2] M. Sunyoto, R. Andoyo, and G. Firgianti, "Kajian Penambahan Trikalsium Fosfat (TCP) pada Variasi Kelembaban Relatif (RH) yang Berbeda terhadap Pure Kering Ubi Jalar Instan Additional Studies of Phosphate Tricksium (TCP) in Different Relative Humidity (RH) Variations on Instan Dried Sweet Potato P," *J. Apl. Teknol. Pangan*, vol. 6, no. 4, pp. 150–155, 2017, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.17728/jatp.264>
- [3] E. Jenis, D. Dan, R. Hasibuan, I. Dian, and S. Marbun, "Udara Terhadap Penyerapan Uap Air Di Udara Effectiveness of Various Desiccants and Air Velocity on Adsorption of Water Vapor From Air," vol. 7, no. 1, 2018.
- [4] Bambang Suryawan and M. Idrus Alhamid, "Analisis Sifat-Sifat Udara Proses Pada Rotary Desiccant Dehumidifier," *Jurnal Teknologi*. pp. 26–33, 2006.
- [5] H. M. Kamar, N. Kamsah, M. I. Alhamid, and K. Sumeru, "Effect of regeneration air temperature on desiccant wheel performance," *Int. J. Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 281–287, 2016, doi: 10.14716/ijtech.v7i2.2971.
- [6] Supriyadi, S. Arianto, S. Novianto, and L. R. Putri, "Analisa Efisiensi Penggunaan AC Split dan Air Handling Unit (AHU) dengan Perhitungan Beban Pendingin Metode CLTD pada Ruang Pengemasan Yoghurt Di PT. X," *Semin. Nas. Tah. Tek. Mesin XX*, pp. 156–164, 2022.
- [7] A. R. Sanna, "Perhitungan ulang sistem pengkondisian udara pada lantai 3 mall di Surabaya," *Tek. Mesin, Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, 2015.
- [8] J. M. Neale, "Section VIII," *A Hist. Holy East. Church Patriarchate Alexandria*, pp. 65–68, 2019, doi:

- 10.31826/9781463215347-009.
- [9] M. Idris Putra *et al.*, “Pengaruh Penambahan Suplai Udara Dingin Pada Pengkondisian Udara KTENG-1000 AHU Menggunakan Sistem Kontrol Temperatur,” vol. 10, no. 1, pp. 1–5, 2024.
- [10] A. D. Pamungkas and S. B. Sasongko, “Performansi Dehumidifier Pada Variasi Suhu Ruangan dengan Waktu Pengujian yang Berbeda,” *Semin. Nas. Teknol. Ind. Berkelanjutan*, vol. 3, no. Senastitan Iii, pp. 1–9, 2023.