

Desain Saluran Udara Untuk Pengkondisian Udara Gudang Urea Ekspor Kapasitas 20.000 Ton

Ahmad Cahyono^{1*}, George Endri Kusuma², Ni'matut Tamimah³

PT. Alhas Jaya Group, Medan, Indonesia^{1*}

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: ahmadcahyono@student.ppns.ac.id^{1*}; kusuma.george@ppns.ac.id^{2*}; nimatuttamimah@ppns.ac.id^{3*};

Abstract - A fertilizer company in Gresik plans to build a urea warehouse with a capacity of 20,000 tons to store urea before export. Urea fertilizer is able to absorb and bind air moisture with its hygroscopic properties. To overcome this problem, it is important to maintain a stable temperature in the urea warehouse, where the expected urea temperature stability is 40 degrees Celsius. The initial stage of this research was carried out by calculating the heating load (internal & external) generated by the warehouse. Furthermore, calculations are carried out for heat supply and air flow to determine the amount of heat needed by the urea warehouse, if the urea flow rate is 95 tons / hour, sensible heat urea is 1.34 kJ / kg, and there are air openings through the door and conveyor channel. This research was conducted to design the right air duct design, ranging from the needs of blowers to ducting. where based on calculations obtained Spec blower with flow rate of 44,735 NCfm, blower pressure 1842.94 Pa and blower hydraulic power of 48.61 kW. In addition, the air ducts used were obtained in the form of rounded ducts with diameters of 1.5m, 1.3m, 1.15m, 1m, and 0.65m..

Keyword: Heating load, Heat supply, Air flow, Ducting, Blower

Nomenclature

q	Heat loss
U	koefisien perpindahan panas ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
A	Luass area
ΔT	perbedaan temperatur udara dalam ruangan dan luar ruangan ($^\circ C$)
V_{af}	Kecepatan aliran udara (m^3/s)
Q_a	enthalpi
ρ_a	densitas udara (kg/m^3)
ID	Inside diameter
v_{ml}	velocity pada mainline

1. PENDAHULUAN

Selain Indonesia banyak negara lain yang menjadi penghasil beras didunia. Hal itu dimanfaatkan salah satu perusahaan pupuk di Indonesia untuk melakukan ekspor produknya ke negara tersebut. Salah satu produk yang akan diekspor adalah pupuk urea. Pupuk urea memiliki *sensible heat* sebesar 1,339 kJ/kg $^\circ C$, selain itu pupuk ini juga memiliki sifat *higroskopis*, yang mana dengan sifat ini pupuk urea mampu menyerap dan mengikat air dari udara. Karena sifat tersebut, pupuk urea perlu disimpan di tempat dengan suhu udara yang sesuai. Suhu udara yang baik untuk gudang penyimpanan berada pada kisaran 10-30 $^\circ C$. Selain kerena sifatnya yang *higroskopis*, faktor yang

mendukung untuk dilakukan desain saluran udara yang tepat adalah daerah pabrik ini (Gresik) memiliki *wind speed* sebesar 8,4 m/s (ASHRAE, 2021). Untuk mengatasi hal tersebut, tempat penyimpanan pupuk urea setelah diproduksi harus disimpan pada gudang urea ekspor yang memiliki suhu yang sesuai yaitu 40 $^\circ C$. Salah satu cara yang digunakan untuk menjaga suhu pada gudang urea ekspor ini adalah dengan pemasangan sistem pengkondisian udara. Sistem pengkondisian udara berfungsi untuk memberikan kondisi yang nyaman bagi penghuni ruangan tersebut (Mareta, et al., 2019). Dalam kasus ini penghuni yang dimaksud adalah urea, urea dibuat di kondisi nyamannya dengan penambahan sistem heating. *Heating* adalah proses pengaturan udara untuk menciptakan udara panas, dimana sistem ini sering digunakan di daerah dengan iklim dingin, yang sepanjang musim didominasi dengan suhu yang rendah (Kusuma, et al., 2015). Sehingga pupuk urea tidak mudah rusak karena suhu yang terlalu rendah. Perhitungan yang perlu dilakukan adalah perhitungan beban kerja pada saluran udara ini, penentuan spesifikasi *blower* dan penentuan dimensi *ducting*.

2. METODOLOGI.

2.1 Heat Loss

Pada dasarnya *heat loss* dibagi menjadi dua, yaitu *heat loss* internal (dari dalam ruangan) dan *heat loss* eksternal (dari luar ruangan). Dimana *heat loss* internal pada gudang urea ini adalah dari dinding (*wall*), *sidding*, atap dan juga lantai. Sementara yang termasuk *heat loss* internal ini

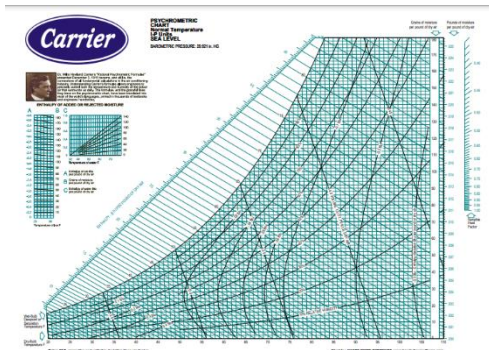
berupa perhitungan *heat loss* dari pintu dan *channel conveyor*.

Secara umum, persamaan untuk mencari *heat loss* adalah sebagai berikut (U.S Department of Housing and Urban Development, 1980):

$$q = U \times A \times \Delta T \quad (1)$$

2.2 Air Flow

Untuk menganalisa kandungan uap air pada udara dapat menggunakan psychrometric chart. Diagram ini sering digunakan pada industri, dimana pada diagram ini kita dapat melihat sifat termodinamika seperti entalpi, kelembaban relative, suhu bola basah & kering, tekanan barometric rasio kelembaban dan volume udara. Berikut adalah contoh gambar psychrometric chart dari (Carrier, 2013).



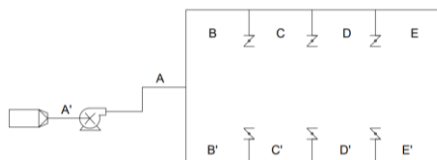
Gambar 1. Psychrometric Chart

Perhitungan airflow ini berhubungan erat dengan desain ducting yang akan dibuat. terutama dalam penentuan ukuran ducting. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menentukan airflow:

$$V_{af} = \frac{Q_a}{\rho_a} \quad (2)$$

2.3 Perhitungan ukuran ducting

Tahap selanjutnya setelah melakukan perhitungan air flow adalah penentuan ukuran ducting. Dimana pada penentuan ukuran ducting ini disesuaikan dengan desain awal yang telah dibuat. Berikut adalah desain awal yang telah dibuat.



Gambar 2. Desain Awal Ducting

Desain awal diatas belum jelas diameter tiap line, maka langkah selanjutnya yang dilakukan adalah menghitung diameter ducting tiap line dengan menggunakan persamaan berikut:

$$ID = \sqrt{\frac{4 \times V_{af}}{\pi \times v_{ml}}} \quad (3)$$

Dimana penentuan velocity dapat mengacu pada Applied Procces Design, dengan nilai velocity on main line adalah 3000 fpm dan velocity on branch line B adalah 2200 fpm. Sedangkan flowrate main line adalah 56000 cfm dan flow rate pada branch line B adalah setengah dari flow rate main line yaitu 2800 cfm.

2.4 Analisis Saluran Udara

Analisis desain saluran udara yang telah dibuat dilakukan dengan Ansys, dimana bentuk geometrinya berbentuk balok dengan batas lebar hanya sampai penampang *outlet ducting* dan tingginya hanya sampai tinggi penyimpanan urea. *Boundary condition* yang digunakan adalah tipe *mass flow inlet* untuk *outlet ducting* 1- *outlet ducting* 8 dan juga tipe *wall* untuk urea. Analisis utama yang dilakukan yaitu melihat temperatur urea apakah sudah sesuai target yang diinginkan atau belum.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk hasil perhitungan pertama yaitu *heat loss*, dapat dilihat pada table 1. Dimana hasil *heat loss calculation* yang ditampilkan pada 12empe ini memiliki satuan *watt*.

Tabel 1 : Heat Loss

Heat Loss (watt)			
Eksternal		Internal	
Wall	31257,06	Wind	3,446658
Sidding	202680,3	Thermal Force	4,799779
Roof	406728	Sensible het	70844,73
Floor	94238,49		

Dari perhitungan diatas, dapat diperoleh total *heat required* sebesar 982 kW, dan *time to heating* sebesar 24.27 menit. Setelah itu dilanjut dengan perhitungan *air flow* yang bisa dibantu dengan *psychrometric chart* yang nilainya dapat diihat pada table 2.

Tabel 2 : Data Properties Pscyrometric chart

Parameter	Amb Condition	Outlet Condition	Target Condition
Temperatur e (°F)	82,4	167	104
Relative Humidity (%)	100	9,8	51,2
Enthalpy (Btu/lb)	46,3	67,5	51,7

Humidity ratio (Grain/lb)	169	169	169
---------------------------	-----	-----	-----

Setelah dilakukan perhitungan dengan persamaan 2 diperoleh nilai 55888.9 CFM (26 m³/s) pada kondisi 75°C. Perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan untuk menentukan dimensi ducting. Dan berikut adalah dimensi ducting yang diperoleh, dimana bisa dilihat sesuai table 3.

Tabel 3 : Dimensi Ducting

Line	Flowrate (cfm)	Veloc (fpm)	ID (ft)	ID (m)	Idt (m)	Act Vel (fpm)
A	56000	3000	4,88	1,49	1,50	2944,1
B	28000	2200	4,03	1,23	1,30	1959,8
C	21000	2200	3,49	1,06	1,15	1878,3
D	14000	2200	2,85	0,87	1,00	1656,0
E	7000	2200	2,01	0,61	0,65	1959,8
A'	56000	3000	4,88	1,49	1,50	2944,1
B'	28000	2200	4,03	1,23	1,30	1959,8
C'	21000	2200	3,49	1,06	1,15	1878,3
D'	14000	2200	2,85	0,87	1,00	1656,0
E'	7000	2200	2,01	0,61	0,65	1959,8

Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa diameter ducting yang semakin jauh dari blower akan semakin kecil, namun untuk nilai dimensi outletnya sama yaitu 0.65 m.

3.1 Penentuan Spesifikasi Blower

Untuk penentuan spesifikasi blower dapat dilihat sesuai tabel 4.

Tabel 4 : Total tekanan sistem

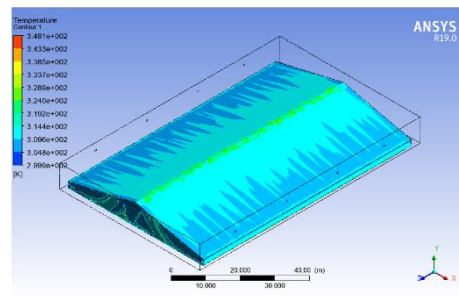
line	kind of loses	L(m) Qty	V (m/s)	f	Total(Pa)
A	Filter	1,00	14,96	-	85,03
A	Sraight Line	12,00	14,96	0,01	10,61
	Ellbow 90	2,00	14,96		27,21
	HE	1,00	14,96		690,00
	Tee (Brac)	1,00	9,96		121,07
B	Sraight Line	42,57	9,96	0,01	20,73
	Ellbow 90	1,00	9,96		6,03
	Tee (Brac)	1,00	9,96		231,09
	Tee (Straigh)	1,00	9,54		6,92
	Damper	1,00	9,96		37,18

C	Sraight Line	21,03	9,54	0,01	10,97
	Tee (Brac)	1,00	9,96		205,97
	Tee (Straigh)	1,00	8,41		5,38
	Damper	1,00	9,96		37,18
D	Sraight Line	20,66	8,41	0,01	9,63
	Tee (Brac)	1,00	9,96		106,50
	Tee (Straigh)	1,00	9,96		8,04
	Damper	1,00	9,96		37,18
E	Sraight Line	18,96	9,96	0,01	21,25
	Tee (Brac)	1,00	9,96		8,04
	Tee (Straigh)	1,00	9,96		8,04
	Damper	1,00	9,96		37,18
Total					1731,2

Dari pehitungan diatas, berikut adalah spesifikasi blower yang dibutuhkan dimana blower flow rate = 44751 Ncfm, blower pressure = 1796.44 Pa blower hydraulic power = 47.37 kW.

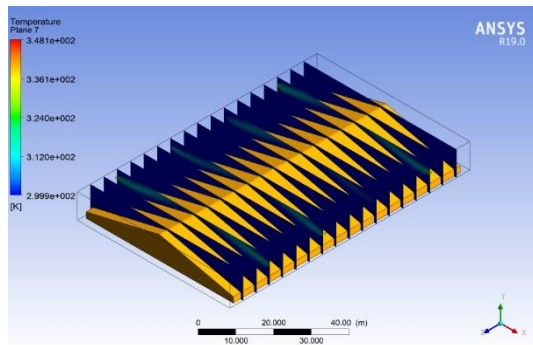
3.2 Analisis Desain Saluran Udara

Dari simulasi saluran udara yang dibuat di Ansys, dapat diperoleh kontur 13 temperatur pada urea dan dan juga pada gudang.

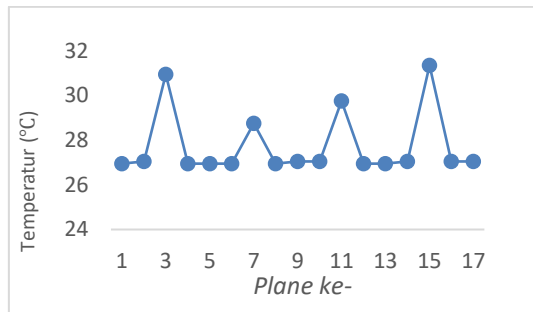


Gambar 3. Hasil simulasi temperatur pada urea

Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa rata-rata temperatur urea adalah 37.555°C, dimana temperatur tersebut sudah memenuhi target desain yaitu temperatur urea terjaga pada temperatur 35-40°C. Sedangkan untuk temperatur gudang dapat dilihat pada gambar 4 dan gambar 5.



Gambar 4 Kontur Temperatur Udara pada bidang XY



Gambar 5 Grafik Temperatur udara pada bidang XY

Nilai temperatur pada setiap bidang XY pada gambar 4 dapat dilihat dengan jelas pada grafik temperatur udara bidang XY (gambar 5). Dari 17 bidang XY ini, diperoleh rata-rata temperatur udara adalah 27.75°C. Pada grafik tersebut terlihat juga beberapa kenaikan temperatur yang signifikan dikarenakan bidang XY-nya tepat pada *outlet ducting*, sehingga temperaturnya lebih besar.

4. KESIMPULAN

Dari perhitungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Nilai beban pemanasan yang dibutuhkan adalah 982 kW diperoleh dari beban panas internal dan eksternal. Untuk *airflow* diperoleh nilai 56000 CFM yang diperoleh dari beban pemanasan yang didapat dari gudang serta dari enthalpy untuk menaikkan tempertur dari 28 C ke target kondisi urea 40 C dengan *outside coil* 75 C. Dengan *airflow* yang diperoleh, desain saluran udara yang dibuat ini memiliki beberapa inside diameter yaitu, 1.5m, 1.3m, 1.15m, dan 1m, Dengan spesifikasi blower yang diperoleh yaitu memiliki *flow rate* sebesar 44751 Ncfm, *blower pressure* 1796.44 Pa dan *Blower Hydraulic Power* sebesar 47.37 kW. Dari analisis yang dilakukan, desain saluran udara yang dibuat sudah memenuhi target kondisi, dimana target temperatur urea terjaga pada 35-40°C dan dari analisis diperoleh rata-rat temperatur urea yaitu 37.55°C.

5. PUSTAKA

- [1] ASHRAE, 2021. *ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS I-P Edition*. Peachtree Corner: 180 Technology Parkway.
- [2] Carrier,2013. <http://www.handsdownsoftware.com/CARRIER-Chart.PDF>. [Online].
- [3] H., Mareta , R. & D., 2019. PERENCANAAN DUCTING PADA GEDUNG SERBAGUNA. *Jurnal PETRA*, Volume 6, pp. 1-9.
- [4] Kusuma, G. E., Mustaghfirin, M. A. & Santoso, M., 2015. *Sistem Refrigerasi dan Saluran Udara*. s.l.:s.n.
- [5] U.S Department of Housing and Urban Development, 1980. *COOLING AND HEATING LOAD CALCULATION MANUAL*. Washington DC: s.n.