

RANCANG BANGUN KONVEYOR PNEUMATIK MESIN PENGERING TIPE HYBRID

Dhimas Satria¹, Mohammad Fawaid², Mochammad Glenn Nierwan³

Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa^{1,2,3}
dhimas@untirta.ac.id

Abstrak

Beras merupakan bahan pangan utama di Indonesia, dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk Indonesia tentu kebutuhan akan gabah semakin meningkat pula, hal ini harus di dukung dengan meningkatnya teknologi pertanian terutama saat proses pasca panen salah satunya dengan menggunakan pengeringan mekanis. Dalam pengeringan mekanis salah satu faktor utama yang ingin dicapai adalah kekeringan yang merata, hal ini tentu membutuhkan perpindahan gabah di dalam tempat pengeringan. Jenis Pemindah bahan dalam mesin pengering yang dirancang oleh penulis adalah jenis konveyor pneumatik, konveyor ini memindahkan bahan menggunakan perbedaan tekanan angin sehingga bahan dapat berpindah. Dari hasil perhitungan, Konveyor pneumatik yang dirancang memiliki kecepatan udara 20 m/s kapasitas pemindahan 500 kg/jam, dan tekanan 1880 Pa.

Kata Kunci: gabah, mesin pengering, konveyor pneumatik, tekanan.

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai Negara agraris menghasilkan berbagai macam produk pertanian salah satunya berupa biji bijian, produksi hasil pertanian Indonesia pada tahun 2011 mencapai 17,64 juta ton jagung, padi 65,76 juta ton, dan kedelai 851,29 ribu ton (BPS, 2011). Produksi pangan yang sangat besar harus diikuti pula dengan perkembangan teknologi dalam penanganan pasca panen. Para petani Indonesia pada umumnya masih menggunakan metode penjemuran untuk penanganan pasca panen produk pertanian, Kehilangan hasil pada proses pengeringan secara dijemur di Indonesia adalah 2.3-2.6%, hal ini sangatlah merugikan. Proses pengeringan secara tradisional pun memiliki banyak kekurangan, selain waktu yang dibutuhkan sangat lama, kondisi cuaca pun sangat mempengaruhi proses tersebut. Sehingga pengering mekanis pun sangat dibutuhkan untuk proses ini.

Saat ini mesin pengering telah banyak dijumpai di industri pertanian, namun sebagian besar mesin pengering masih menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber energi. Dengan semakin mahalnya bahan bakar fosil akibat cadangannya yang semakin tipis, bahan bakar ini menjadi kurang cocok untuk penggunaannya pada mesin pengering. Salah satu energi alternatif yang banyak digunakan saat ini adalah biomassa dan energi panas matahari. Selain jumlahnya yang melimpah, biaya yang dibutuhkan untuk mendapatkannya pun tidak

mahal, sehingga didapatkanlah gagasan untuk membuat mesin pengering tipe hybrid ini.

Mesin pengering pada umumnya menggunakan tipe *fixed batch dryer*, (*box dryer*, *inclined bed dryer flat bed*), *continous flow* dan *re-circulating batch*. Meskipun tipe *fixed batch* memiliki keunggulan seperti murah, mudah dan sederhana, namun tipe ini memiliki kekurangan yaitu sulitnya mendapat pengeringan yang merata. Untuk itu diperlukan jenis mesin pengering tipe resirkulasi agar bahan yang dikeringkan selalu bergerak dan didapatkan kekeringan yang merata. Dalam prosesnya tentu dibutuhkan suatu alat pemindah untuk memindahkan bahan dari suatu tempat ke tempat yang lainnya, pada rancang bangun mesin pengering ini tipe alat pemindah yang dimaksud adalah konveyor tipe pneumatik.

Konveyor pneumatik adalah salah satu alat pemindah bahan, konveyor ini menggunakan prinsip perbedaan tekanan udara dan pengangkutan bahan melalui udara yang dihembuskan atau dihisap dalam suatu saluran tertutup. Perawatan yang relatif murah, konsumsi daya yang kecil, dan fleksibilitas pengangkutan merupakan faktor yang menjadikan konveyor pneumatik ini banyak digunakan di dunia industri. Berdasarkan beberapa keunggulan tersebut penulis memilih konveyor pneumatik sebagai pemindah bahan.

Konveyor ini akan digunakan dalam mesin pengering gabah yang akan dirancang, dengan adanya konveyor ini maka diharapkan proses

pengeringan gabah yang dilakukan akan lebih efisien dan lebih cepat karena semua proses ini memerlukan pemindahan muatan secara berkesinambungan untuk menunjang kelancaran produksi.

2. Metode

Dalam penelitian ini, metode perancangan yang digunakan adalah metode perancangan pahl dan beitz. Pahl and Beitz (1996), mengemukakan bahwa suatu perancangan adalah suatu proses kreatifitas tetapi jika tidak diarahkan secara sistematis maka kemungkinan untuk mengeluarkan hasil rancangan melalui proses kreatifitas tersebut akan terbatas. Metode yang digunakan menggunakan pendekatan sistematis yang direkomendasikan untuk memperoleh proses perancangan dengan tahapan-tahapan aktivitas yang diperlukan pada setiap tingkatan perancangan.

Pahl dan Beitz mengusulkan cara merancang produk sebagaimana yang dijelaskan dalam bukunya Engineering Design: A Systematic Approach, cara merancang Pahl dan Beitz tersebut terdiri dari 4 kegiatan atau tahapan, yang masing-masing terdiri dari beberapa langkah. Keempat tahapan tersebut adalah :

1) Perencanaan dan penjelasan

Pada tahapan ini, akan digunakan metode house of quality untuk menjabarkan berbagai demand dan wish serta berbagai parameter yang akan dijadikan tolak ukur dalam perancangan konveyor pneumatik. Hasil dari metode ini berupa spesifikasi rancangan yang akan digunakan pada tahapan berikutnya.

2) Rancangan Konseptual Produk

Pada tahapan ini akan dibuat berbagai macam konsep atau varian yang akan dikembangkan sesuai dengan spesifikasi yang didapatkan pada tahap pertama, setelah itu akan dipilih varian terbaik yang akan dijadikan konsep dasar dari alat yang akan dibuat.

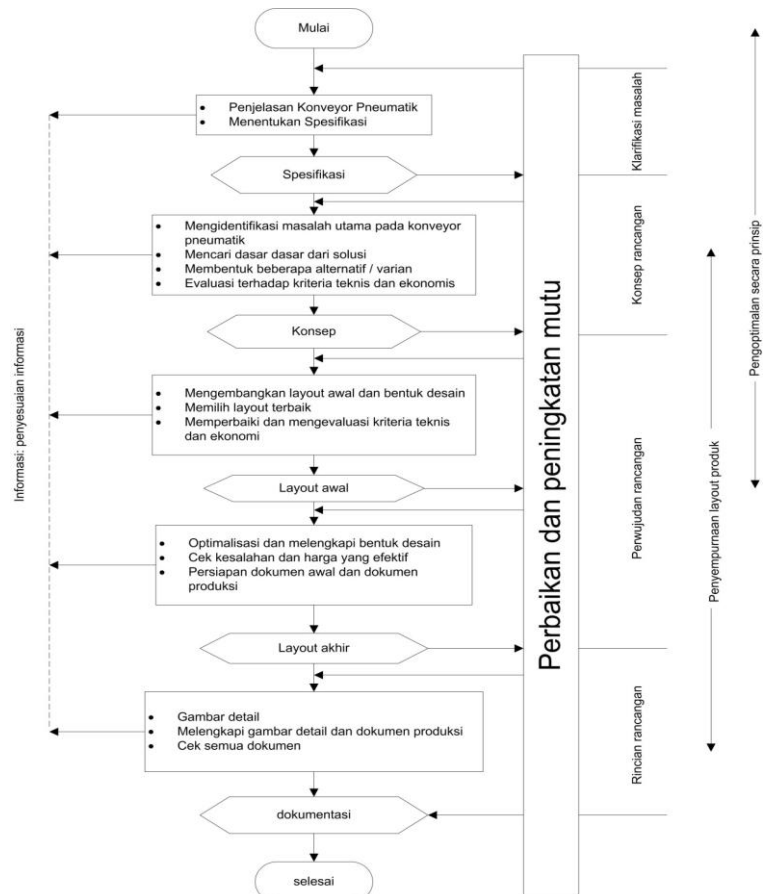
3) Rancangan Fisik (Secara Visual)

Pada tahap ini akan dihitung berbagai parameter yang digunakan dalam perancangan konveyor pneumatik. Pada tahapan ini, hasil yang akan didapatkan adalah: bentuk elemen produk, perhitungan teknik, pemilihan bentuk, ukuran.

4) Perancangan Rinci (Detail Design)

Hasil rancangan akan dibuat suatu dokumen produk sehingga dapat diproduksi dan untuk pengembangan produk yang lebih baik. Dokumen produk ini meliputi : gambar teknik, detail gambar mesin, sistem pengoperasian, daftar material.

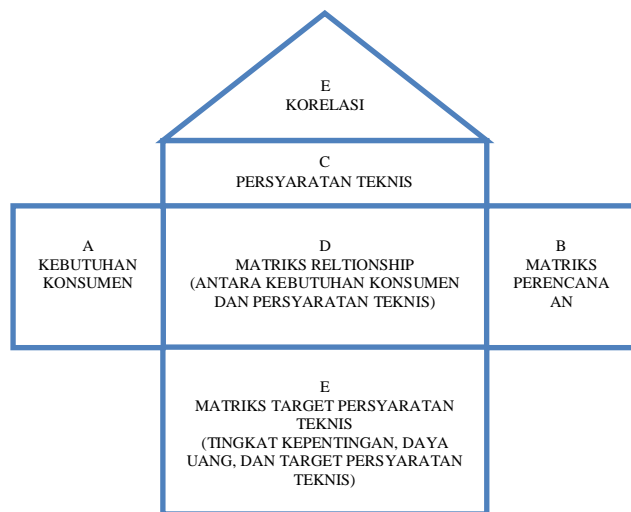
Secara keseluruhan, tahapan detail dari perancangan konveyor pneumatik akan disajikan dalam diagram alir berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan

House Of Quality

Rumah kualitas atau biasa disebut juga *House Of Quality* (HOC) merupakan tahap pertama dalam penerapan metodologi QFD. Secara garis besar matrik ini adalah upaya untuk mengkonversi *voice of customer* secara langsung terhadap persyaratan teknik atau spesifikasi teknis dari produk atau jasa yang dihasilkan. Secara detail, akan dijelaskan pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Matrik Struktur QFD

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pemilihan Konveyor pneumatic

Requirement List

Dalam tahap ini akan dijabarkan apa saja kebutuhan konsumen akan konveyor pneumatik pada mesin pengering gabah tipe hybrid.

Tabel 1: Fungsi dan Subfungsi.

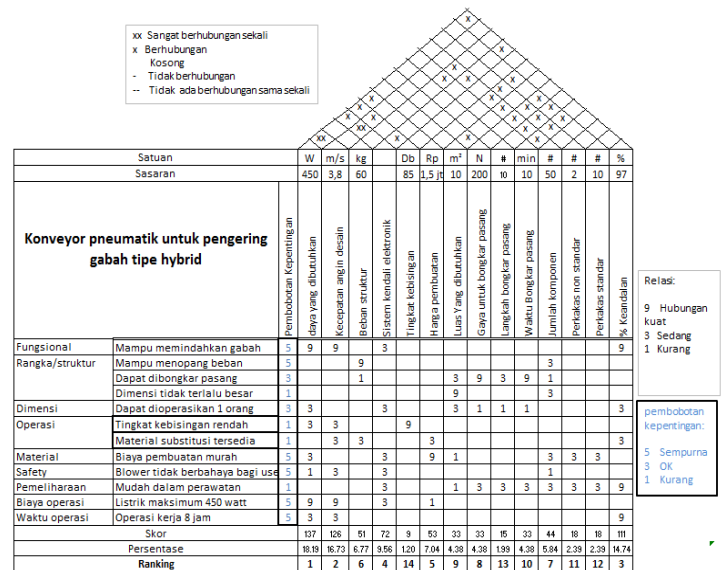
REQUIREMENT	PENJELASAN	Demand s = D Wish es = W
Fungsional	Mampu memindahkan gabah sebanyak 500 kg dari bawah bak penampungan ke bagian atas bak secara terus menerus.	D
Rangka	Desain rangka mampu menopang beban.	D
	Dapat dibongkar pasang	W
Dimensi	Dimensi tidak terlalu besar	W
Operasi	Pengoperasian mudah, hanya dibutuhkan satu orang operator.	W
	Tingkat kebisingan rendah	W
Biaya pembuatan	Material substitusi tersedia banyak di pasaran.	W
	Cost pembuatan murah	W
Safety	Blower pemindah bahan tidak membahayakan operator.	W
Pemeliharaan	Mudah dalam perawatan	W
Konsumsi daya	Penggunaan listrik dibawah 450 watt	D
Waktu pengoperasian	Mampu beroperasi selama 8 jam terus menerus.	D

Skala Prioritas

Tabel 2: Skala prioritas

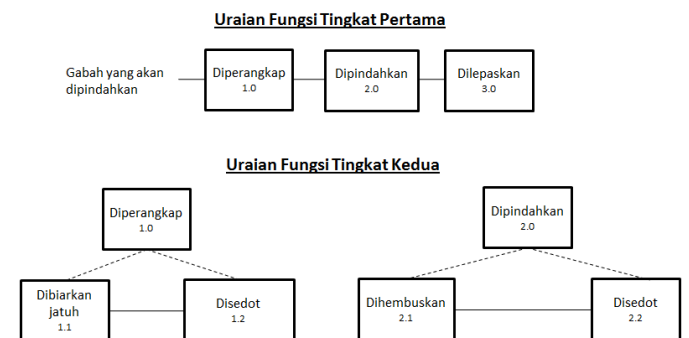
Requirement List (wishes)	Matriks Korelasi										Total	%	Poin	
Dapat dibongkar Pasang	1	1	1	0	0	0	1					4	14.3	3
Dimensi tidak besar	0				0	1	1	0	0	1		3	10.7	1
Pengoperasian mudah	0				1	1	0	0	1			4	14.3	3
Tingkat kebisingan rendah	0				0				1	0	0	1	3.57	1
Material substitusi tersedia		1			0				0	0	0	1	3.57	1
Biaya pembuatan murah		1			1				1	1	1	6	21.4	5
Blower aman bagi operator			1			1			1	1	1	6	21.4	5
Mudah dalam perawatan			0			0			1	1	1	3	10.7	1
Total												28	100	

Spesifikasi Prototipe



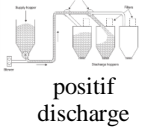

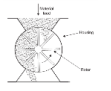
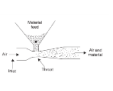


Gambar 3. House of quality

Mekanisme Konveyor Pneumatik

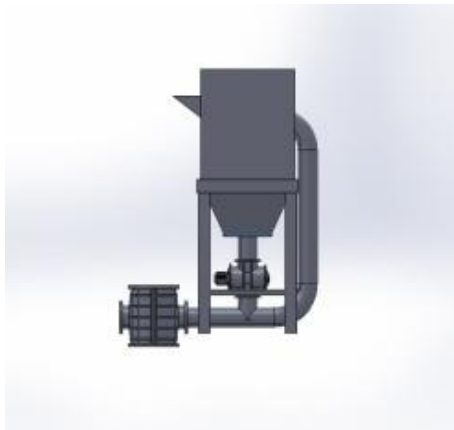


Gambar 4. Uraian fungsi

Tabel 3: Fungsi dan Subfungsi.

No	Prinsip Solusi	Varian	
		A	B
1	Sistem konveyor pneumatik	 <p>positif discharge</p>	 <p>negative discharge</p>
2	Feeding device	 <p>Rotary valve</p>	 <p>Menggunakan venturi feeder</p>
3	Air mover	 <p>Roots Blower</p>	 <p>Kipas sentrifugal</p>

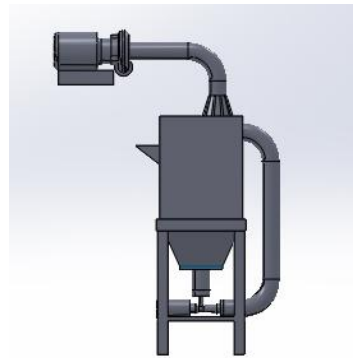
Varian 1



Gambar 5. Varian 1

Varian 1 memiliki konfigurasi konveyor pneumatik tipe positif discharge, dengan *feeding device* berupa *rotary valve*, dan pemindah bahan berupa *root blower*, dengan konfigurasi seperti ini maka bahan dapat berpindah dari posisi bawah tabung ke bagian atas seperti yang diharapkan.

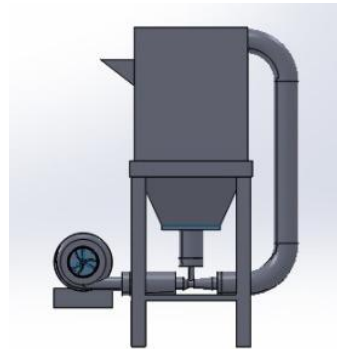
Varian 2



Gambar 6. Varian 2

Varian 2 memiliki konfigurasi konveyor pneumatik tipe hisap atau *negative discharge*, *feeding device* yang digunakan adalah *venturi feeder*, dengan pemindah bahan berupa fan sentrifugal. Varian 2 dapat memindahkan bahan sesuai dengan harapan. Namun karena letak fan berada di bagian atas bak penampung, maka fan memerlukan struktur pendukung atau dudukan.

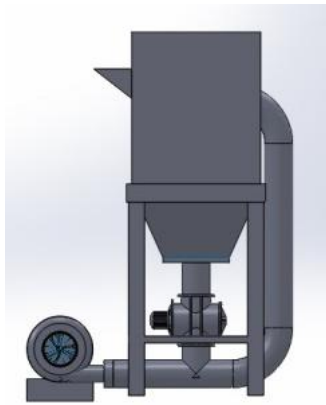
Varian 3



Gambar 7. Varian 3

Varian 3 menggunakan tipe *positif discharge* untuk memindahkan gabah dari bagian bawah ke bagian atas bak penampungan, pada bagian *feeding device* digunakan *venturi feeder* untuk mendistribusikan gabah dari bak penampungan ke saluran pipa, untuk pemindah bahannya sendiri digunakan hembusan angin dari fan sentrifugal. Varian ini dapat memindahkan gabah sesuai dengan yang diharapkan.

Varian 4



Gambar 8. Varian 4

Varian 4 menggunakan konveyor pneumatik tipe positif discharge, untuk memindahkan bahan digunakan fan sentrifugal. Pada komponen *feeding device*, varian 4 menggunakan *rotary valve* untuk menyalurkan gabah dari bak penampungan ke saluran pipa. Varian 4 dapat memindahkan bahan sesuai dengan harapan.

Varian 5



Gambar 9. Varian 5

Varian 5 menggunakan konveyor pneumatik tipe positif discharge, untuk memindahkan bahan digunakan fan sentrifugal. Pada komponen *feeding device*, varian 5 menggunakan pipa memanfaatkan bentuk *y branch*, dengan ini maka gabah akan jatuh karena gaya gravitasi dan dapat langsung dihembuskan. Varian 5 dapat memindahkan bahan sesuai dengan harapan.

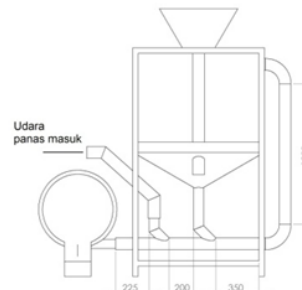
Tabel 4 : Matriks Keputusan.

Deskripsi	1	2	3	4	5
Daya yang dibutuhkan <450 watt *	Referensi	+			
Kecepatan angin desain				S	
Keandalan**				S	
Sistem kendali elektronik				S	
Harga pembuatan*		S			
Beban struktur*		-			
Jumlah komponen*		-			
Gaya bongkar pasang*				S	
Luas yang dibutuhkan*		-			
Waktu bongkar pasang*				S	
Perkakas non standar*				S	
Perkakas standar*				S	
Langkah bongkar pasang*				S	
Tingkat kebisingan*				S	
TOTAL (+)			1		
TOTAL (-)		3			
Total Keseluruhan		-			
		2			

Dalam perencanaan, blower yang digunakan tidak melebihi dari 450 watt, tentunya tekanan statis yang didapatkan tidak melebihi 2000 pa untuk produk yang ada di pasaran. Oleh karena itu dalam perancangan tidak akan digunakan varian 3, oleh karena itu varian terbaik adalah varian 5.

3.2 Pemilihan Blower

Pemilihan fan, adalah salah satu hal terpenting yang harus diputuskan dalam membuat sebuah konveyor pneumatik, penilaian dari pemilihan fan ditunjukkan dalam besaran kebutuhan tekanan dalam sistem, dan nilai kapasitas dari fan atau CMH (*cubic meter per hour / meter kubik per jam*). Kesalahan dalam pemilihan spesifikasi akan berdampak pada sistem berupa kelebihan kapasitas, tidak mampu memenuhi laju aliran yang diharapkan, atau mengakibatkan pemampatan pipa dan tidak mampu memindahkan material sama sekali.



Gambar 6. Bentuk Saluran

Perhitungan Panjang Equivalen

Panjang ekuivalen dari saluran pipa konveyor pneumatik menjadikan bentuk saluran pipa horizontal sebagai patokan, dimana bentuk

vertikal, dan belokan dirubah menjadi horizontal sebagai panjang equivalen (Agarwal, 2005). Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$L_e = h + v + b$$

h = panjang saluran pipa horizontal (m)

v = panjang saluran pipa vertikal (m)

b = panjang equivalen dari bend (m)

dengan nilai equivalen dari 2 elbow 90° adalah 3,344 m dan dua buah tee bend 3,344 m maka total equivalen dari panjang pipa adalah sepanjang 8,5 m.

Perhitungan Kecepatan Udara (V_{udara})

Untuk menentukan dalam pengangkutan materialnya menggunakan sistem *dilute phase* yang cocok digunakan dalam jarak pengangkutan yang pendek. Dalam sistem *dilute phase* kecepatan transportnya minimal 20 m/detik. Sehingga dalam perancangan ini diambil nilai kecepatan angkut sebesar 20 m/detik.

Udara yang dibutuhkan (V_{udara})

$$V_{udara} = A \cdot v_{udara} \cdot \alpha'$$

Dengan:

A = Luas penampang saluran pipa (m²)

v_{udara} = kecepatan udara (kg/m³)

α' = faktor kehilangan dari volume udara dengan nilai 1,1 (spivakovsky) sehingga:

$$V_{udara} = \frac{\pi d_p^2}{4} \cdot v_{udara} \cdot \alpha'$$

$$V_{udara} = \frac{3,14 \cdot 0,0762^2}{4} \cdot 20 \cdot 1,1$$

$$V_{udara} = 0,1 \text{ m}^3/\text{detik} = 360 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Penurunan Tekanan Panda Pipa

Pressure drop akibat gesekan antara udara dan dinding saluran pipa

$$\Delta P_g = \frac{4f \cdot L_e \cdot \rho_{udara} \cdot V_{udara}^2}{2 \cdot D}$$

Dengan:

ΔP_g = penurunan tekanan (Pa)

f = *fanning friction factor*

ρ_{udara} = massa jenis udara (kg/m³)

Pressure drop akibat akselerasi dari material dari keadaan diam ke keadaan bergerak dalam saluran pipa

$$\Delta P_{acc} = W \times V_p$$

W = kecepatan massa material (kg/det.m²)

Pressure drop akibat gesekan antara material yang dipindahkan dan dinding pipa

$$\Delta P_s = \Delta P_g \cdot K \cdot R$$

Dengan:

K = konstanta gesekan material

R = rasio massa aliran udara dan material

Pressure drop akibat udara yang bergerak ke atas pada pipa vertical

$$\Delta H_g = \frac{\Delta Z \cdot \rho_g \cdot g}{g_c}$$

Dengan :

ΔZ = Perubahan ketinggian saluran pipa (m)

g_c = grafitasi konstan standar

Pressure drop akibat material yang bergerak ke atas pada pipa vertical

$$\Delta H_s = \frac{\Delta Z \cdot W \cdot g}{V_p \cdot g_c}$$

Total tekanan minimum yang dibutuhkan adalah sebesar:

$$\Delta P_t = \Delta P_g + \Delta P_{acc} + \Delta P_s + \Delta H_g + \Delta H_s$$

$$\Delta P_t = 466 + 484 + 726 + 10 + 19 = 1705 \text{ Pa}$$

Dengan menghitung kelebihan muatan sebesar 10%, Maka nilai tekanan minimum yang dibutuhkan untuk mampu memindahkan gabah adalah 1876 Pa

Perhitungan Daya Motor

Besarnya daya yang dibutuhkan oleh *blower* dalam perancangan ini dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Alamsyah, 2009):

$$HP = \frac{144}{33000} P_1 \cdot V_{udara} \cdot \ln(P_2/P_1)$$

Dengan:

P_1 = Tekanan awal (psi) (atmosfer)

P_2 = Tekanan dari blower (psi) (tekanan atmosfer + tekanan blower)

V_{udara} = Debit udara pada inlet blower (ft³/min)

$$HP = \frac{144}{33000} 14,7 \cdot 216 \cdot \ln(14,9/14,7)$$

$$HP = 0,19 \text{ HP} \approx 141 \text{ watt}$$

Efisiensi (η) total dari *blower* berkisar antara 0,55 – 0,75 (ASME B31.8, 2010), apabila *blower* yang digunakan dalam kondisi bagus (siap pakai) dan nilai efisiensinya mencapai 0,55 maka :

$$\text{Daya total} = \text{watt}/\eta = 204/0,55 = 257 \text{ watt}$$

Dari perhitungan tersebut, maka kipas sentrifugal yang cocok untuk memindahkan bahan pada konveyor pneumatik adalah *fan centrifugal* model CZR-370 (diameter *blade* 65 mm, 220 volt AC, 2840 rpm, tekanan 1880 pa, dan debit 690 m³/jam)

Perhitungan Kekuatan Maksimum Tekanan Internal Pada Pipa

Pipa pada konveyor pneumatik harus mampu menahan tekanan yang diakibatkan oleh tekanan udara dari *blower*, oleh sebab itu, tekanan maksimum pada pipa harus diperhitungkan terlebih dahulu, persamaan yang digunakan pada perhitungan ini adalah (Mills, 1990):

$$P_{\text{desain}} = 2000 S \frac{t}{(D_o - t)} \times 0,32$$

Dengan:

P_{desain} = tekanan maksimum dari pipa (kPa)

S = kekuatan hydrostatic (MPa)

t = ketebalan dinding pipa (mm)

D_o = diameter luar pipa (mm)

Untuk pipa PVC 2110 didapatkan nilai S sebesar 13,8 MPa, maka:

$$P_{\text{desain}} = 2000 \times 13,8 \times \frac{5,4}{(89,95 - 5,4)} \times 0,32$$

$P_{\text{desain}} = 564$ kPa

Nilai tekanan yang terjadi dari *blower* (P_2) bernilai 103 kPa, karena nilai dari tekanan $P_2 < P_{\text{desain}}$, maka pipa yang digunakan aman.

4. Kesimpulan

Berikut adalah spesifikasi dari konveyor pneumatic mesin pengering tipe hybrid:

1. Dari hasil perhitungan pada perencanaan konveyor pneumatik sebagai pemindah bahan untuk mesin pengering tipe hybrid, maka didapat bahwa bahan akan berpindah dengan tekanan minimum 1876 Pa dan kecepatan angin 20 m/s
2. Spesifikasi dari konveyor pneumatik pada pemindah bahan tipe ini adalah:
dimensi umum = panjang x lebar x tinggi = 1650 mm x 300 mm x 1650 mm
Pipa = PVC 2110
Diameter pipa = 3 inchi
Ketebalan dinding pipa = 5,4mm
Kipas sentrifugal = tipe Intermediate
Pressure Blower Iron dengan spesifikasi,
Diameter Blade = 65 mm
Tegangan Kerja = 220 volt
Daya = 370 watt
Kecepatan = 2840 Rpm
Kapasitas udara = 690 m³/jam
Tekanan statis = 1880 Pa

Daftar Pustaka

- Agarwal A.T., (2005). *Theory and Design Of Dilute Phase Pneumatik Conveying Systems*. Powder handling and processing.
- Churchill, S.W., (1977). *Friction factor equation spans all fluid-flow regimes*. Chem. Eng.
- Cook, T.M., dan Cullen, D.J., (1985). *Industri kimia operasi : aspek-aspek keamanan dan kesehatan*. Gramedia. Indonesia.
- Gunawan, I.A., (2013). *Pengeringan Gabah Dengan Menggunakan Pengering Resirkulasi Kontinyu Tipe Konveyor Pneumatik*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol. 2, No. 3, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Hanafi, Muhammad., (2006). *Analisis Model Konveyor Pneumatik Tipe Hisap Skala Laboratorium Untuk Bahan Kedelai*. Departemen Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian. Bogor.
- Mills, D., (1990). *Pneumatik Conveying Design Guide*. Elsevier Butterworth-Heinemann. Burlington.
- Moody, L. F., (1944). *Friction factors for pipe flow*. Transactions of the ASME
- Oneil A. W., (1983). *Pneumatic and Hydraulic Conveying of Solids (Chemical Industries)*. CRC press.
- Spivakovsky A. dan Dyachkov V., (1969). *Conveyor And Related Equipment*. Peace Publishers, Moscow.