



PAPER – OPEN ACCESS

Perancangan Fasilitas Transport Fine Coal dengan Teknologi Pneumatics Conveyor (Studi Kasus di PT XYZ)

Author : Mardian dan Nilda Tri Putri
DOI : 10.32734/ee.v4i1.1267
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 4 Issue 1 – 2021 TALENTA Conference Series: Energy and Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).
Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Perancangan Fasilitas Transport Fine Coal dengan Teknologi Pneumatics Conveyor (Studi Kasus di PT XYZ)

Mardian^a, Nilda Tri Putri^a

^aProgram Profesi Insinyur- Program Pasca Sarjana, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

mardian95.sp@gmail.com, nildatp@eng.unand.ac.id

Abstrak

PT XYZ memiliki Pabrik A dan Pabrik B, dimana Pabrik A mengalami penurunan kapasitas produksi klinker disebabkan oleh penurunan kapasitas *Coal Mill* dan Pabrik B memiliki kelebihan kapasitas *Coal Mill*. Oleh karena itu diperlukan sistem transport *fine coal* yang tepat dari pabrik B ke pabrik A. Agar peralatan ini dapat dioperasikan sesuai tujuannya maka perlu dilakukan perancangan yang benar yang dimulai dari survei, konsep disain, pemilihan peralatan, serta kegiatan engineering meliputi lay out engineering, basic design, detail design dan gambar teknis. Tipe sistem transport *fine coal* yang dirancang adalah sistem *pneumatics conveyor* dengan pertimbangan kemudahan instalasi, operasi, pemeliharaan, kehandalan, *safety* dan ketersediaan *spare part*. Diharapkan dengan adanya rancangan sistem sarana pengangkutan *fine coal* ini dapat bermanfaat dan memiliki nilai ekonomis untuk meningkatkan keunggulan bersaing PT XYZ.

Kata Kunci: Pneumatics Conveyor Sistem; Dilute Phase; Fine Coal; Batu bara berkalori rendah; Pabrik Semen.

Abstract

PT XYZ has Plant A and Plant B, that Plant A had decreased clinker production capacity due to decreasing coal mill capacity. Coal mill at Plant B has excess capacity 30. Therefore it is necessary to design fine coal transport system from Plant B to Plant A appropriately. In order to the equipment can be operated and to keep this system can run properly so that is required the step of design starting from the survey, design concept, equipment selection, as well engineering such as lay out engineering, basic design, detail design and technical drawing. The type of fine coal transport system designed is pneumatics conveying system with consideration are easy to install, operate and maintenance, reliable, safety aspect, easy to get spare part. It is hoped that the fine coal transport facility system can be useful and had economic value to improve competitive advantage to pt xyz.

Keywords: Pneumatics Conveyor System; Dilute Phase; Fine Coal; Low Calorie value Coal; Cement Plant.

1. Pendahuluan

PT XYZ memiliki Pabrik A dan Pabrik B, dimana Pabrik A mengalami penurunan kapasitas produksi akibat keterbatasan kapasitas *fine coal* di *Coal Mill* sedangkan Pabrik B memiliki kelebihan kapasitas produksi *fine coal* di *Coal Mill*. Kelebihan produksi *fine coal* dari Pabrik B dapat dimanfaatkan untuk mencukupi kebutuhan *fine coal* di Pabrik A. Oleh karena itu diperlukan sistem transport *fine coal* yang tepat dari pabrik B ke pabrik A. Agar sistem ini bisa diterapkan maka perlu dilakukan kegiatan perencanaan dalam bentuk perancangan dan engineering yang sesuai.

Agar perancangan ini dapat dioperasikan sesuai dengan target yang diinginkan maka diperlukan tahapan perancangan yang tepat yang dimulai dari survei, konsep disain, pemilihan peralatan dan perhitungan teknis. Sementara itu kegiatan engineering yang dilakukan antara lain *plant lay out*, *lay out engineering*, *basic design*, *detail design*, gambar teknis sampai ke dokumen *engineering cost estimate*. Selain itu pemilihan komponen dalam perancangan mempertimbangkan pemakaian komponen dari dalam negeri sehingga biaya investasi lebih wajar.

Manfaat dari perancangan ini adalah ditemukan sistem sarana pengangkutan batubara *fine coal* yang tepat, optimal dan memiliki nilai ekonomis yang dapat meningkatkan keunggulan bersaing PT XYZ.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi perancangan yang dipakai dalam merancangan sistem alat transport yang dipakai adalah menetapkan konsep rancangan, mengumpulkan data masukan, melakukan perhitungan teknis, analisa dan pemilihan peralatan, melakukan *lay out engineering*, melakukan *basic design* dan *detail design* serta melakukan penggambaran teknis.

Konsep perancangan yang dipilih dengan mempertimbangan kebutuhan operasi, kesederhanaan dalam melakukan penyusunan peralatan, kemudahan dalam memasang atau mengkontruksi, kemudahan pemeliharaan, kehandalan, pemakaian energi, *safety*, perkembangan teknologi dan kesamaan *spare part* atas pertimbangan teori dan pengalaman yang ada.

Sumber data masukan diperoleh melalui data primer dan data sekunder. Sumber data primer yang diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung dipabrik antara lain data kapasitas produksi coal mill Pabrik B dan Pabrik A untuk menentukan kapasitas peralatan transport yang akan didisain berdasarkan data operasi aktual yang ada di *central control room*, data pengukuran terhadap jarak dan elevasi untuk penempatan peralatan yang akan dirancang yang diambil secara langsung melalui pengukuran dengan menggunakan alat ukur *theodolite*, data sifat fisik dari material fine coal yang akan ditransport antara lain densitas dan kehalusan yang dilakukan dengan menggunakan uji laboratorium. Sedangkan sumber data sekunder diperoleh dari data empiris yang berasal dari riset perpustakaan (*library research*), data dari *manufacture*, publikasi resmi dari pihak ahli, catatan lapangan dan informasi penting dari pemasok. Data tersebut antara lain densitas udara pada berbagai pressure dan viskositas udara pada tabel sifat udara, standar dimensi pipa sesuai standar pasar di Indonesia, rentang kapasitas blower dari manufaktur, konstanta gesek pipa yang diambil dari literatur.

Perhitungan teknis yang dipakai berdasarkan rumusan atau persamaan pada tinjauan pustaka untuk mendapatkan spesifikasi peralatan utama blower yaitu untuk kapasitas dan *pressure drop* total. Dalam perhitungan teknis ada beberapa parameter yang ditetapkan diawal sesuai dengan persyaratan sistem yang dipilih antara lain kapasitas, jarak dan elevasi, diameter pipa, kecepatan aliran udara dalam pipa, rasio material terhadap udara.

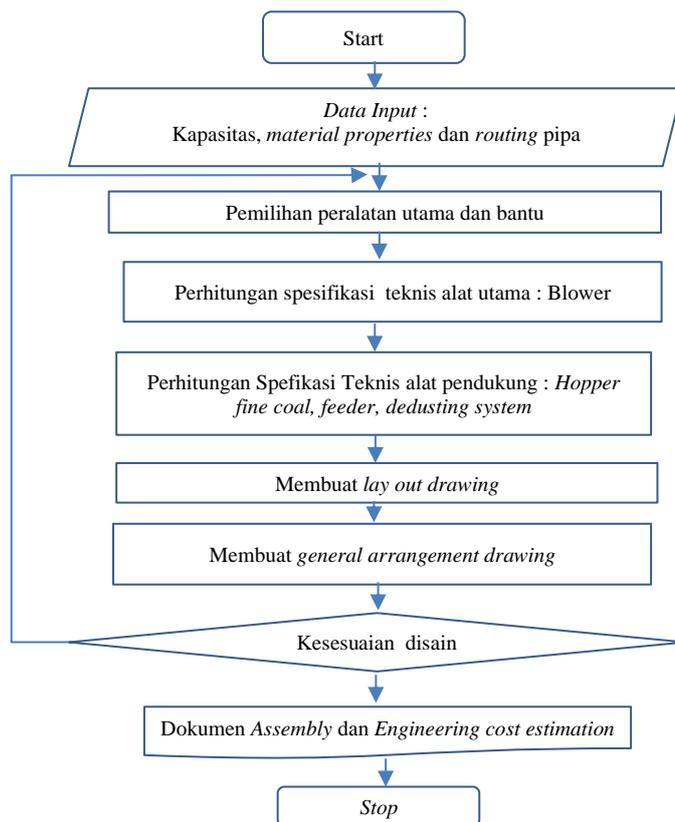
Analisa dan pemilihan peralatan utama ditentukan berdasarkan pertimbangan pada fungsi dan tipe peralatan yang akan dipakai. Setelah ditetapkan peralatan utama maka dilakukan perhitungan teknis untuk mendapatkan spesifikasi teknisnya. Pemilihan peralatan utama dilakukan dengan mereferensi pada standar produk yang tersedia dipasaran. Sementara itu peralatan bantu juga menjadi hal penting sebagai satu kesatuan sistem yang dibentuk oleh *pneumatics conveyor* sehingga dapat berjalan secara lancar tanpa kendala [8]. Peralatan bantu dipilih dipertimbangan berdasarkan kesesuaian fungsinya seperti tipe dan dimensi *hopper*, tipe *feeder*, tipe *dedusting*.

Setelah peralatan utama dan bantu ditetapkan serta dimensi sudah diketahui maka dilanjutkan dengan melakukan kegiatan engineering antara lain melakukan *layout engineering* berdasarkan lokasi yang tersedia di pabrik, jarak dan elevasi yang dibutuhkan untuk menyusun peralatan yang akan dirancang sesuai dengan dimesi sebenarnya. Perancangan *lay out* ini harus mempertimbangkan *lay out engineering* untuk *pneumatics conveyor* supaya dapat dioperasikan sesuai dengan perhitungannya. Hal lain yang diinformasikan dalam *lay out* ini juga terkait dengan fasilitas untuk operasional dan pemeliharaan antara lain lokasi untuk pekerja, penempatan peralatan kerja dan penempatan akses kerja.

Perancangan dilanjutkan dengan melakukan *basic design* yang mengintegrasikan antar perancangan yang terlibat seperti perancangan proses, mekanikal, sipil dan elektikal. Jika dalam *basic design* sudah selesai maka dilanjutkan dengan *detail design* pada masing masing perancangan.

Produk perancangan ini dalam bentuk dokumen gambar teknis antara lain *lay out drawing*, *general arrangement drawing*, *assembly drawing*, *shop drawing* dan *engineering cost estimate*.

Pelaksanaan perancangan yang dilakukan mengikuti diagram alir sebagai berikut:

Gambar 1. Diagram alir perancangan *pneumatic conveyor*

Pneumatics conveyor adalah jenis alat transport material dengan tipe *bulk* yang ukurannya seragam dengan mempergunakan udara sebagai media transportnya dalam pipa dari suatu poin asal ke poin tujuan. Alasan utama pemilihan *pneumatics conveyor* ini adalah [1] :

- Biaya investasi awal yang lebih murah
- Pengelolaan operasi dan pemeliharaan yang lebih mudah
- Material mengalir dalam ruang tertutup dan tidak ada *rotating part* sehingga dalam operasinya lebih bersih untuk lingkungan
- Lebih *flexible* dalam routing jalur transport dari poin ke poin

Tipe dari *pneumatics conveyor* ini adalah [2] :

- *Dilute-phase*
Sistem ini bekerja dengan mempertimbangkan jumlah material yang terlarut dalam udara dengan ratio yang rendah (~ 0.5), kecepatan aliran udara yang tinggi (16-40 m/s) dan tekanan udara rendah (0.35 – 0.85 barg) yang bekerja mentransport material secara *continuous*.
- *Dense-phase*
Sistem ini bekerja dengan mempertimbangkan jumlah material yang terlarut dalam udara dengan ratio yang tinggi (min. 2), kecepatan aliran udara yang rendah (1-10 m/s) dan tekanan udara tinggi (5-6 bar). Merupakan proses transport material secara batch, material diisi kedalam vessel, setelah penuh baru aliran udara bertekanan dijalankan sampai seluruh material teralirkan dari satu poin ke poin tujuan, dan begitu seterusnya jalankan.
- *Air-actived gravity*
Sistem ini bekerja untuk mentransport material dalam satu kanal yang mempergunakan lapisan udara yang mengalir. Perancangan *pneumatics conveyor* ditentukan berdasarkan kapasitas material, jarak pengiriman secara horizontal maupun vertikal [3]. Hasil perancangan yang diharapkan adalah ditemukan kapasitas udara transport, tekanan udara transport serta susunan peralatan dari pipa transport sehingga bisa ditetapkan spesifikasi teknis peralatan utamanya. Disain *pneumatics conveyor* haruslah mempertimbangkan boundry yang diperlukan dan perhitungan secara detail untuk pressure drop pada jalur pemipaan sebagai parameter kunci. Kesalahan dalam perhitungan terhadap parameter kunci ini maka terjadi permasalahan serius dalam operasi seperti konsumsi power yang lebih tinggi, keausan yang berlebihan, material blok, ketidakcocokan

kapasitas. Pressure drop yang terjadi secara kritis pada pneumatics conveyor adalah pada jalur pipa yang lurus dan belokan [1]. Perhitungan yang paling penting dari pneumatics conveyor untuk mentransport material adalah tahanan aliran material yang terjadi. Semakin tinggi tahanan aliran material dari sistem maka semakin tinggi pressure drop-nya sehingga membutuhkan tekanan blower/fan yang lebih tinggi [4]. Aliran 2 fasa (material dan udara) dalam pneumatic conveyor dipengaruhi oleh densitas udara, densitas partikel, fluid viscosity, distribusi partikel, kondisi operasi seperti kecepatan aliran, rasio partikel dengan udara. Penurunan tekanan dalam aliran dikarenakan oleh kecepatan material dan udara dalam pipa, gaya gravitasi material, gaya gesek material ke dinding pipa [5]

Tahapan perancangan *pneumatics conveyor* dengan *dilute-phase* adalah sebagai [4] :

- Tahap 1. Data-data input, antara lain kapasitas yang dibutuhkan, Panjang pipa dari *suction* poin ke *discharge* poin, diameter pipa (tergantung *pressure drop* yang terjadi), kecepatan aliran (sesuai standar terhadap jenis material).
- Tahap 2. Perhitungan *flow* udara yang dibutuhkan
Perhitungan berdasarkan pada pemilihan diameter pipa yang berdampak pada besarnya *pressure drop* yang diterjadi dan kecepatan aliran yang ditetapkan dengan jenis materialnya.

$$Q = V_g \cdot A \quad (1)$$

- Tahap 3. Hitung *pressure drop* total untuk berbagai kondisi
Pressure drop disebabkan percepatan material *solid* dari kondisi saat diam pada saat material bertemu dengan kecepatan aliran udara

$$\Delta P_{acc} = \frac{W \cdot V_p}{144 \cdot g} = \frac{W \cdot V_p}{4640} \text{ (Psi)} \quad (2)$$

Pressure drop gas disebabkan rugi rugi gesekan antara gas dan pipa, belokan, valve serta flexible hose

$$\Delta P_g = \frac{4f \cdot L \cdot \rho_g \cdot V_g^2}{2g \cdot D \cdot 144} = \frac{4f \cdot L \cdot \rho_g \cdot V_g^2}{9266 \cdot D} \text{ (Psi)} \quad (3)$$

Pressure drop disebabkan rugi rugi gesekan antara material *solid* dan pipa, belokan, valve serta flexible hose

$$\Delta P_s = \Delta P_g \cdot K \cdot R \text{ (Psi)} \quad (4)$$

$$\text{dimana, } R = \frac{m}{A \cdot V_g \cdot \rho_g} \quad (5)$$

K adalah konstanta gesekan padatan yang tergantung pada kondisi gesekan material *solid* dengan pipa, tiap material berbeda, nilainya 0,4 s/d 4. Penelitian lain, konstanta ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang telah diuji secara eksperimental dengan deviasi 15% [6]

Pressure drop disebabkan oleh elevasi gas

$$\Delta H_g = \frac{\Delta Z \cdot \rho_g}{144 \cdot g_c} \text{ (Psi)} \quad (6)$$

Pressure drop disebabkan oleh elevasi material *solid*

$$\Delta H_s = \frac{\Delta Z \cdot W \cdot g}{144 \cdot V_p \cdot g_c} \text{ (Psi)} \quad (7)$$

Pressure drop disebabkan oleh asesories part dalam sistem conveying, merupakan *pressure drop* yang ditetapkan jika diketahui dan dijadikan sebagai input data. ΔP_{misc} .

Sehingga, *pressure drop* total adalah sebagai berikut

$$\Delta P_T = \Delta P_{acc} + \Delta P_g + \Delta P_s + \Delta H_g + \Delta H_s + \Delta P_{misc} \quad (8)$$

Beberapa ketentuan praktis dalam *plant lay out* dan *lay out engineering* sehingga sistem *pneumatics conveyor* dengan *dilute phase* dapat berfungsi secara optimal antara lain [7] :

- Rasio antara aliran *massa solid* dengan aliran massa udara *conveying* khususnya untuk *fine coal* dapat mencapai maksimal 6

- Kecepatan aliran udara *conveying* dalam pipa pada bagian awal pemipaan adalah min. 22 m/s.
- Penentuan kecepatan aliran dalam pipa akan mempengaruhi jumlah kebutuhan power yang dibutuhkan yang berkorelasi secara lurus, oleh karena itu penentuan kecepatan aliran dipilih secara optimal karena jika terlalu rendah juga akan berpotensi terjadinya blok dalam aliran. [11]
- Kecepatan aliran udara *conveying* dalam pipa pada yang lurus adalah 28-32 m/s.
- *Slope* pipa alir tidak lebih dari 1% untuk menghindari separasi material dari alirannya.
- Radius dari pipa belokan adalah min. 10x dia. Pipa dan lapisi dengan *wear protection*.
- Jarak antara dua belokan, merupakan pipa lurus dengan panjang sebaiknya 40x dari dia. pipa, minimal 4 meter.
- Jika memakai pipa *seamless* harus mengikuti standar DIN 1629 untuk kualitas permukaan dan toleransi diameter, jumlah bend minimum dan panjang maks 150 meter
- Blower yang terpasang, seharusnya *pulsation-free flow*
- Pada bagian *feed material*, dipasang *reducer* untuk meningkatkan kecepatan aliran saat berkontak dengan material.
- *Arrangement* pipa dilengkapi dengan *expansion joint*, *fix support* dan *slide support*.
- Instalasi pipa secara inklinasi tidak dibolehkan, yang diperbolehkan dalam *arrangement* adalah horizontal atau dan vertikal

3. Hasil dan Pembahasan

Peralatan transport *fine coal* antar pabrik terdapat beberapa alternatif sistem yang dipakai. Beberapa pertimbangan dalam penentuan alternatif ini antara lain memenuhi *safety*, murah dari segi investasi, kesederhanaan dalam melakukan *lay out* peralatan tanpa mempergunakan banyak peralatan dan yang bisa dipasangkan pada bangunan eksisting tanpa mengganggu operasional yang ada saat ini, kemudahan dalam memasang atau mengkontruksi, kemudahan dalam pemeliharaan, kehandalan, pemakaian teknologi terkini dan kesamaan *spare part*.

Sistem transport *fine coal* yang dipilih berdasarkan pertimbangan diatas adalah sistem *pneumatics conveyor* dengan tipe *dilute-phase conveying* dengan memanfaatkan udara tekan rendah (*low pressure*) sebagai media transport.

Tahap pengumpulan data yang diperlukan dalam perancangan adalah mengamati kapasitas rata rata aktual *coal mill* Pabrik A dan Pabrik B sebagaimana tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Perbandingan kinerja coal mill Pabrik A dengan Pabrik B

Pabrik, coal mill	Kapasitas <i>design</i>				Kapasitas saat ini			
	Kapasitas, tph	CV (adb), kkal/kg	TM Raw Coal, %	Moisture Content, %	Kapasitas, tph	CV (adb), kkal/kg	TM Raw Coal, %	Moisture Content, %
Pabrik A	55	5800	15	3	30	5000	38	22
Pabrik B	80	5000	38	12	80	5000	38	12

Berdasarkan data pada tabel 1 diatas, maka kekurangan kapasitas adalah 25 tph, dikali dengan faktor keamanan perancangan 1,2 maka kapasitas yang dirancang menjadi 30 tph.

Pelaksanaan survei untuk pengukuran jarak dan elevasi dilakukan dengan mempergunakan *theodolite*. Hasil yang diperoleh adalah Jarak antara *suction* ke *discharge* berdasarkan route pipa yang akan dibangun secara horizontal sepanjang 260 meter (853,02 ft) dan secara vertical atau elevasi setinggi 20 meter (65,62 ft). Sepanjang 260 meter diperlukan jumlah *elbow* 8 sets yang setara panjang per *elbow* 12,19 m (40 ft), sehingga panjang total untuk perhitungan adalah $L = 260 + 20 + (8 \cdot 12,19) = 377,54$ m (1238,63 ft).

Sifat sifat fisik dari *fine coal* berdasarkan hasil test laboratorium diperoleh informasi bentuk material adalah *powder* dengan tingkat kehalusan memiliki maksimum 12% ukuran 90 μ m dan densitas material adalah 0.8 ton/m³.

Sifat sifat fisik dari udara transport berdasarkan informasi dari pustaka diperoleh densitas udara, $\rho_g = 0,78$ kg/m³ (0,048 lb/ft³) (iterasi pada 1.5 bar, diasumsi min.pressure blower) dan Viskositas udara, $\mu_g = 0,0000004228$ lbs.s/ft² = 0,0000136 lbs/ft.s.

Peralatan utama untuk sistem *pneumatic conveyor* adalah instalasi *piping*, *blower/Low Pressure Compressor, Feeder, Hopper* dan *dedusting system* [9]. Peralatan yang dipilih ini disusun menyesuaikan dengan kondisi eksisting dengan memperhatikan konsep *lay out engineering* agar material ini dapat ditransport dengan lancar tanpa terjadi kendala seperti material blok, *back pressure* atau material tidak sampai kelokasi tujuan sesuai dengan kapasitasnya.

Tahap berikutnya adalah melakukan perhitungan teknis peralatan utama untuk mentransport material *powder fine coal* dari *poin suction* ke *poin discharge* tujuan dengan jarak 260 meter secara horizontal dan 20 meter secara vertikal yang melewati bangunan dan peralatan eksisting.

Peralatan utama yang akan dilakukan perhitungan lebih detail adalah blower. Data input yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Kapasitas Transport : $m = 30 \text{ t/h}$ (18,37 lbs/s)
- Material yang ditransport : *Fine coal*
- Ukuran material : *powder*
- Kecepatan aliran, V_g : dipilih 20 m³/s (65,62 ft/s) (ditentukan sesuai standar)
- Diameter pipa : diiterasi 12 inch atau 305 mm (1 ft) $A = 0,25 \cdot \pi \cdot 0,305^2 = 0,073 \text{ m}^2$ (0,79 ft²)

Tahapan perhitungan teknis untuk spesifikasi blower adalah sebagai berikut:

- Tahap 1, Perhitungan kapasitas alir (*flow rate*)
 $Q = V_g \cdot A = 20 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 0,305^2 = 5254 \text{ m}^3/\text{h} = 1,459 \text{ m}^3/\text{s}$ (51,54 ft³/s)
- Tahap 2, Perhitungan *Pressure drop* total yang terjadi. Ada beberapa pertimbangan terjadinya *pressure drop* pada system sebagai berikut

- *Pressure drop* yang disebabkan percepatan material *solid* dari kondisi saat diam pada saat material bertemu dengan kecepatan aliran udara

$$\Delta P_{acc} = \frac{W \cdot V_p}{144 \cdot g} = \frac{W \cdot V_p}{4640}, \text{ dimana } W = \frac{m}{A} = \frac{18,37}{0,76} = 23,39 \frac{\text{lbs}}{\text{s} \cdot \text{ft}^2}$$

$$V_p = \text{faktor koreksi partikel} \cdot V = 0,95 \cdot 65,62 = 62,34 \text{ ft/s}$$

$$\Delta P_{acc} = \frac{23,39 \cdot 62,34}{4640} = 0,31 \text{ Psi}$$

- *Pressure drop* yang disebabkan rugi rugi gesekan antara gas dan pipa, belokan, valve serta *flexible hose*

$$\Delta P_g = \frac{4f \cdot L \cdot \rho_g \cdot V_g^2}{2g \cdot D \cdot 144} = \frac{4f \cdot L \cdot \rho_g \cdot V_g^2}{9266 \cdot D}, \text{ dimana } N_{Re} = \frac{D \cdot V_g \cdot \rho_g}{\mu_g} = N_{Re} = \frac{1 \cdot 65,62 \cdot 0,048}{0,0000136} = 231.367,86$$

$$f = \frac{0,331}{\log_n \left[\frac{0,00015}{3,7 \cdot 1} + \left(\frac{7}{231.367,86} \right)^2 \right]} = 0,02$$

$$\Delta P_g = \frac{4 \cdot 0,02 \cdot 1238,63 \cdot 0,048 \cdot 65,62^2}{9266 \cdot 1} = 2,12 \text{ Psi}$$

- *Pressure drop* yang disebabkan rugi rugi gesekan antara material *solid* dan pipa, belokan, valve serta *flexible hose*

$$\Delta P_s = \Delta P_g \cdot K \cdot R, \text{ dimana } R = \frac{m}{A \cdot V_g \cdot \rho_g} = \frac{18,37}{0,79 \cdot 65,62 \cdot 0,048} = 7,43 \text{ dan } K = 0,4$$

$$\Delta P_s = 2,12 \cdot 0,4 \cdot 7,43 = 6,31 \text{ Psi}$$

- *Pressure drop* disebabkan oleh elevasi gas

$$\Delta H_g = \frac{\Delta Z \cdot \rho_g}{144 \cdot g_c} = \frac{65,62 \cdot 0,048}{144 \cdot 32,174} = 0,0007 \text{ Psi}$$

- *Pressure drop* disebabkan oleh elevasi material *solid*

$$\Delta H_s = \frac{\Delta Z \cdot W \cdot g}{144 \cdot V_p \cdot g_c} = \Delta H_s = \frac{65,62 \cdot 23,39 \cdot 32,2}{144 \cdot 62,34 \cdot 32,174} = 0,17 \text{ Psi}$$

Total *pressure drop* yang terjadi adalah,

$$P_{tot} = \Delta P_{acc} + \Delta P_g + \Delta P_s + \Delta H_g + \Delta H_s = 0,31 + 2,12 + 6,31 + 0,0007 + 0,17 = 8,92 \text{ Psi} = 0,62 \text{ Bar}$$

- Tahap 3, Perhitungan teknis untuk spesifikasi peralatan lain adalah sebagai berikut:

- Perhitungan untuk hopper material umpan di pabrik Pabrik B
Perhitungan kapasitas hopper, menurut aturan praktis adalah ketersediaan buffer selama 4 s/d 5 jam terhadap kapasitas alat [3], yang berarti kapasitas hopper adalah 4 x 30 ton = 120 ton.
- Penentuan peralatan *feeder*, adalah menyesuaikan dengan kapasitas *pneumatics conveyor* yaitu 30 t/h dengan dilengkapi dengan *weighing system* untuk mengetahui besar tonase pengiriman atau pengontrol jumlah tonase pengiriman. Tipe peralatan *feeder* yang diperuntukan untuk tipe material *powder* dapat bermacam jenisnya antara lain *rotor weight feeder* seperti brand Pfister atau Coriolis, atau *rotary air sluice* dengan *weighing system* yang untuk tipe ini dapat dilakukan fabrikasi secara lokal.
- Penentuan kapasitas *dedusting* adalah sesuai dengan jumlah udara yang diperlukan untuk transport dari blower x safety factor (1.25)

$$Q = 5254 \text{ m}^3/\text{h} \times 1,25 = 6567,5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Peralatan *dedusting* yang dipergunakan dapat memakai tipe Jet Pulse Filter yang sudah banyak populasinya di PT XYZ.

Setelah memperoleh parameter perancangan maka selanjutnya ditetapkan spesifikasi peralatan yang diperlukan sesuai pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Teknis Peralatan yang dibutuhkan

No	Deskripsi	Spek Teknis	Quantity
1	Piping system		1 lot
	Panjang Pipa		
	Jarak horizontal	<i>Pipa black steel</i>	260 meter
	Jarak Vertikal	Sch. 40	20 meter
	Diameter pipa	300 mm	
	Jumlah belokan	Belokan 90 deg	8 pcs
2	Blower		1 unit
	Kapasitas flow	5254 m ³ /h (1,459 m ³ /s) (51,54 ft ³ /s)	
	Pressure drop	0,62 Bar (8,92 Psi)	
3	Hopper feed di PABRIK B		
	Kapasitas Hopper	120 ton	1 set
	Type material	Fine coal (powder)	
4	Feeder untuk material feed		1 set
	Kapasitas	30 tph	
	Type material	Fine coal (powder)	
5	Dedusting System		1 set
	Kapasitas	6567,5 m ³ /h	
	Ukuran Bag	Dia. 127 x 3060	
	Jumlah Bag	Min 75 bag.	

Penempatan peralatan yang sudah dirancang sesuai spesifikasi teknis, maka perlu dilakukan penyusunan peralatan pada lokasi yang telah ditetapkan sesuai dengan dimensi yang sebenarnya. Penempatan peralatan ini mempertimbangan kemudahan dalam pemasangan, operasional dan pemeliharaan serta aspek aspek estetika dan keselamatan.

Dalam penyusunan *lay out engineering* beberapa hal menjadi perhatian dan pertimbangan sehingga system ini dapat dioperasikan sesuai dengan kaidahnya [10]:

- Pemasangan pipa alir diantara poin *suction* ke poin *discharge* harus didudukkan pada tumpuannya dengan memperhatikan level secara horizontal haruslah sama atau tidak dibolehkan adanya gradient. Toleransi terhadap level pemasangan pipa ini tidak lebih dari 1%. Standar pemasangan pipa ini menjadi penting karena untuk menghindari separasi material dari alirannya yang memicu terjadinya blok material dalam pipa.
- Radius dari belokan pada pipa adalah minimum 10x diameter Pipa dan lapsi dengan *wear protection*. Persyaratan ini bertujuan agar material dapat mengalir melalui belokan horizontal maupun belokan vertikal dan mengurangi terjadinya impak dan gesekan aliran pada belokan tersebut.
- Antara dua pipa belokan harus terdapat pipa lurus dengan panjang minimal 4 meter
- Aliran dalam pipa untuk mencapai kondisi aliran yang stabil (steady state) membutuhkan panjang pipa lurus mencapai minimal 30D [1]
- Jika memakai pipa seamless harus mengikuti standar DIN 1629 untuk kualitas permukaan dan toleransi diameter. Jumlah bend yang diperbolehkan seminimumnya dan panjang maksimum 150 meter. Pertimbangan ini untuk menjaga agar pressure drop aliran masih memenuhi asumsi terhadap perhitungannya.
- Pada posisi pipa umpan material yang akan masuk kedalam pipa aliran udara, dipasang reducer pada pipa udara pada posisi sebelum pipa umpan. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kecepatan aliran udara saat berkontak dengan material di pipa umpan. Pada posisi pipa umpan ini dibutuhkan kecepatan udara yang lebih tinggi untuk membawa material agar bisa mengalir tanpa terjadi settling. Kecepatan yang diperlukan saat material berkontak dengan udara transport diperlukan 10 kali lebih tinggi dari kecepatan rata rata dalam pipa [11].
- *Arrangement* pipa memperhitungkan penempatan *expansion joint*, *fix support* dan *slide support* pada jarak sesuai standar praktis, untuk mengkompensasi adanya perbedaan temperature akibat dari lingkungan ataupun temperatur material.
- Instalasi pipa dengan *slope* tidak dibolehkan, secara vertical harus 90 deg. dan secara horizontal harus 0 deg.

Tahap akhir dalam perancangan adalah dikerjakan engineering antara *detail design* seperti *assembly drawing* dan dokumen *engineering cost estimation*. Produk perancangan yang dihasilkan berbentuk dokumen *engineering* sesuai dengan batasan masalah adalah sebagai berikut:

- Dokumen Equipment Specification
- Dokumen Lay Out Drawing
- Dokumen General Arrangement Drawing
- Dokumen Assembly Drawing
- Dokumen Engineering Cost Estimation

Sementara itu dalam penyusunan dokumen engineering cost estimation berdasarkan peralatan yang telah dirancang. Suplai peralatan yang dibutuhkan mempertimbangan ketersediaan dalam negeri, secara umum semua kebutuhan didapat dari komponen lokal. Beberapa peralatan yang belum mampu dibuat secara lokal seperti blower, motor listrik dan peralatan safety dipertimbangkan sebagai peralatan yang tersedia banyak dipasaran dalam negeri.

4. Kesimpulan

Untuk memenuhi kebutuhan fine coal di pabrik Pabrik A dipergunakan sistem *pneumatics conveyor* untuk mentransport *fine coal* dari pabrik Pabrik B ke Pabrik A dengan kapasitas 30 t/h sesuai yang dibutuhkan. Peralatan utama dari *pneumatics conveyor* ini adalah *blower* dengan kebutuhan spesifikasi teknis *flow* alir adalah 5254 m³/h dan pressure 0,62 Bar, sedangkan peralatan pendukung adalah *hopper* kapasitas 120 ton, *feeder* kapasitas 30 t/h, pipa dia. 300 mm dan *dedusting system* dengan kapasitas 6567 m³/h. Sementara itu dokumen perancangan yang telah dihasilkan antara lain *equipment specification*, *lay out drawing*, *general arrangement drawing*, *assembly drawing* dan *engineering cost estimation*. Pemilihan peralatan untuk sistem ini sebagian besar memakai komponen/peralatan yang tersedia di pasaran dalam negeri. Sistem sarana pengangkutan *fine coal* ini ditargetkan dapat memberikan bermanfaat dan memiliki nilai ekonomis untuk meningkatkan keunggulan bersaing PT XYZ.

Referensi

- [1] Sharma, A., S.S.Mallick. (2019) "Modelling pressure drop in bends for pneumatic conveying of fine powders. Powder Technology 356"
- [2] Bhatia, A. "Pneumatics Conveying System, Continuing Education and Development." Course no. M05-010.
- [3] Smidth, FL. (2015) "*Lay out Engineering*." Denmark.
- [4] Agarwal, Amrit.T. (2005) "Theory and Design of Dilute Phase Pneumatics Conveying Systems." *Powder Handling & Processing* **17** (1).
- [5] Silin, C., Y Xudong, Q.Shi, Y.Huan. (2012) "Study on speed characteristic of material in pipe pneumatics conveyor." *Procedia Engineering* **29**: 3276 – 3280.
- [6] Wei, Wang, Guan Qingliang, Zhang Jiansheng, Yang Hairui. (2011) "A modified correlation to calculate solid friction factor for horizontal dilute phase pneumatic conveying". *Powder Technology* **218**: 64–68
- [7] BV-H2011 AA. Pulverized-Coal Furnace, Pneumatics Conveyor Lines. Technical Documentation. Schenckprocess gmbh. Darmstadt, Germany
- [8] Klinzing, G. E. (2017) "A review of pneumatic conveying status, advances and projections, Powder Technology" **333**: 78–90
- [9] Klinzing, G. E., F. Rizk, R. Marcus, L.S.Leung. (2010) "Pneumatics Conveying of Solids." *Springer Science*
- [10] Deolalkar, S. P. (2009) "Handbook for Designing Cement Plant." *BS Publications*
- [11] Guner, M. (2006) "Pneumatic conveying characteristics of some agricultural seeds." *Journal of Food Engineering* **80**: 904–913.