



Modifikasi *Chute* dan *Skirt Board* di L21-BC 3 Untuk Mengurangi *Dust Spillage* dan Potensi *Belt Sobek*

Fendi Saputra¹, Seto Tjahyono², dan Essa Abubakar Wahid³

¹Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³Maintenance Department, PT. Solusi Bangun Indonesia, Jl. Glondonggede Kerek No.KM.3, Merkawang, Tambakboyo, Tuban, Jawa Timur 62352

Abstrak

Belt conveyor merupakan salah satu alat transportasi material dalam industri semen. L21-BC3 adalah belt conveyor yang difungsikan sebagai alat pengangkut bahan bakar pembuatan semen berupa batubara dari stock pile menuju coal mill. Permasalahan yang terjadi pada L21-BC3 yaitu Dust Spillage batubara yang terbentuk karena laju udara dalam hood yang tinggi dan kohesifitas rendah. Dust Spillage dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan, isu kesehatan bagi pekerja dan potensi kebakaran. Selain itu potensi Belt sobek karena material tajam dan keras seperti liner dan plat yang jatuh dari chute. Untuk mengatasi permasalahan tersebut akan dilakukan redesign ulang skirtboard dan chute. Modifikasi skirtboard dan mengganti Rubber skirt dengan model Double seal lalu memodifikasi chute dengan mengganti material dual plate dan memasang pin gate. Modifikasi profil dan penampang Skirtboard akan mengurangi laju dan proses pembentukan debu. Pemilihan model rubber skirt double seal akan meminimalkan debu yang keluar dari skirt board. Sedangkan Modifikasi chute dapat menghilangkan potensi liner chute jatuh dan merusak Belt, penambahan pin gate juga akan menghalangi material tajam dan keras yang akan menimpa Belt secara langsung sehingga kerusakan belt dapat diminimalisir.

Kata-kata kunci: Belt Conveyor, Skirt Board, Rubber Skirt, Debu Batubara, Chute

Abstract

Belt conveyor is one of the means of material transportation in the cement industry. L21-BC3 is a belt conveyor that functions as a means of transporting fuel for cement manufacture in the form of coal from the stock pile to the coal mill. The problem that occurs in L21-BC3 is the Coal Dust Spillage which is formed due to the high air velocity in the hood and low cohesiveness. Dust Spillage can cause environmental pollution, health issues for workers and the potential for fire. In addition, the potential for Belt tearing is due to sharp and hard materials such as liners and plates falling from the chute. To overcome these problems will be redesigned the skirtboard and chute. Modify the skirtboard and replace the Rubber skirt with a Double seal model and then modify the chute by changing the dual plate material and installing a pin gate. Modification of the profile and cross-section of the skirtboard will reduce the rate and process of dust formation. The selection of a double seal rubber skirt model will minimize dust coming out of the skirt board. While the chute modification can eliminate the potential for the chute liner to fall and damage the belt, the addition of a pin gate will also prevent sharp and hard materials from hitting the belt directly so that belt damage can be minimized.

Keywords: Belt Conveyor, Skirt Board, Rubber Skirt, Coal dust, Chute

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

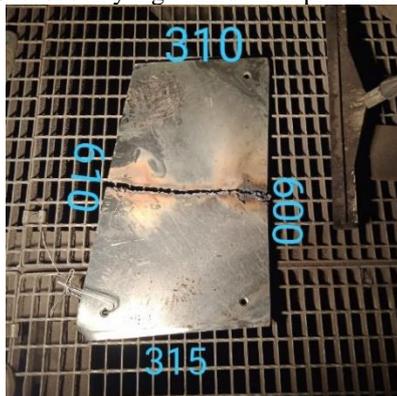
Salah satu proses yang menunjang produksi semen adalah proses transportasi material batu bara. Dimana batu bara adalah bahan bakar utama yang dimanfaatkan di proses pembakaran di *Kiln*. Jenis *conveyor* yang banyak digunakan pada saat ini adalah jenis *belt conveyor* dimana sabuk yang digunakan terdiri dari beberapa lapisan bahan katun dan karet. L21-BC 3 adalah salah satu *belt conveyor* pengangkut material batu bara yang akan langsung mengarah ke *Bin coal* L21-3B1 dimana ketersediaan batubara dalam *bin* menjadi hal penting yang akan berdampak pada produksi semen khususnya pembakaran di *kiln*.

Proses transport material batu bara di L21-BC 3 sering kali mengalami banyak kendala. *Dust spillage* batu bara dan adanya material asing yang ikut dalam transport batu bara adalah masalah yang sering dijumpai di L21-BC 3. *Dust spillage* seperti pada Gambar 1 akan menyebabkan pencemaran lingkungan, kondisi kurang sehat bagi pekerja, dan adanya potensi kebakaran.



Gambar 1. Pencemaran akibat debu batubara saat transfer material

Material asing seperti *liner* dan plat yang jatuh dari *chute* akan mengakibatkan kerusakan yaitu *belt* sobek. Pada Gambar 2.(a) merupakan plat *liner* penyebab kerusakan *belt*, sedangkan Gambar 2.(b) memperlihatkan kondisi *belt* sobek yang diakibatkan plat *liner*.



(a)



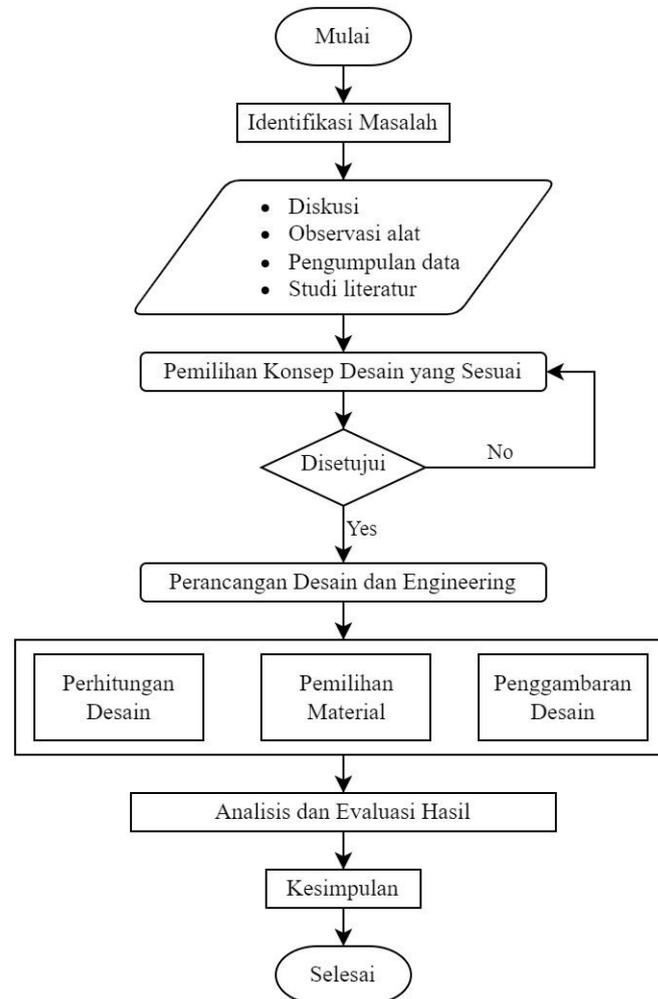
(b)

Gambar 2. Temuan plat *liner* terjatuh dari *chute* yang menyebabkan *belt* sobek (a). Gambar (b) menunjukkan kondisi *belt* sobek.

Untuk mengatasi permasalahan di atas, maka akan dilakukan *redesign* pada *skirtboard* dan juga *chute*. Dari desain modifikasi ini dapat mengantisipasi dan mengurangi pembentukan debu di *chute transfer* L21-BC 3 yang menimbulkan potensi kebakaran dan juga menjadi isu pencemaran lingkungan dan juga mampu meminimalisir kerusakan *belt* sobek yang disebabkan material *liner* jatuh dari *chute*.

2. METODE PENELITIAN

Berikut adalah diagram alir dari metode modifikasi untuk mengatasi permasalahan *dust spillage* dan *belt sobek*.

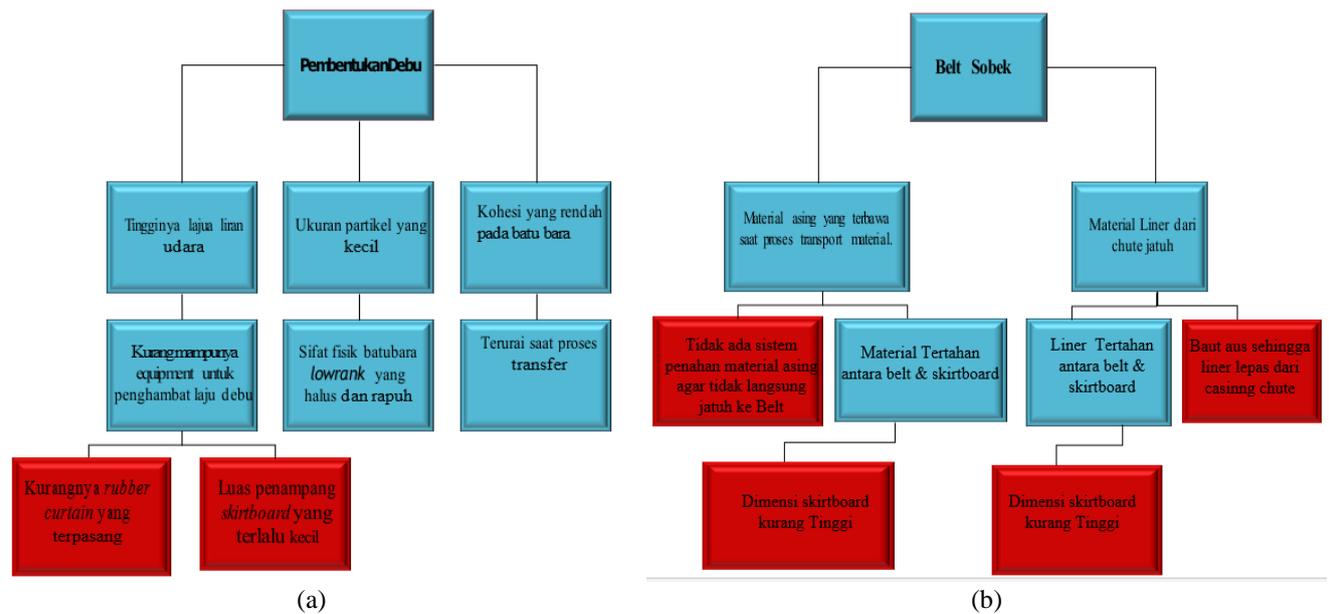


Gambar 3. Diagram alir metode modifikasi

3. DATA DAN PEMBAHASAN

Pemecahan masalah

Untuk mengetahui akar masalah penyebab dari permasalahan yang sedang terjadi, dalam hal ini permasalahan *dust spillage* dan *belt sobek* pada *transfer chute* L21-BC 3 maka dilakukan analisa menggunakan metode *root cause analysis*, berikut adalah analisa akar masalah dari *dust spillage* dan *belt sobek*:



Gambar 4. (a) Root Cause Analysis penyebab pembentukan debu. Gambar (b) Root Cause Analysis penyebab kerusakan belt

Berdasarkan pemaparan Gambar 2.(b) Penyebab penumpukan debu didominasi dari desain *existing* yang belum mampu untuk memaksimalkan pengendalian debu. Diantaranya adalah kurangnya *rubber curtain* atau *rubber skirt* yang masih menggunakan model *single lip*. Selain itu penampang *skirtboard* yang terlalu sempit juga menjadi faktor utama penyebab tumpahan debu di L21-BC 3.

Sedangkan pemaparan Gambar 2.(a) Penyebab kerusakan *belt* sobek di *transfer chute* L21-BC 3 didominasi karena penggunaan liner sebagai lapisan dalam *chute* yang masih menggunakan sistem pengencangan baut. Dimana *liner* yang jatuh secara langsung ke *belt* akan tertahan oleh dimensi *skirtboard* yang terlalu sempit. Kondisi tersebut mengakibatkan liner akan merusak *belt* jika tidak adanya operator ataupun petugas patrol yang *stand by* di area tersebut. Sehingga dari permasalahan di atas, untuk mengurangi kerusakan *belt* dapat dilakukan dengan cara berikut:

1. Mengganti material *chute* dengan material *dual plate* sehingga penggunaan material *liner* dengan pengencangan baut dihilangkan.
2. Memperbesar dimensi tinggi dari *skirtboard* dengan tujuan jika terdapat material asing seperti plat, material tersebut tidak akan tertahan diantara *chute* dan *skirtboard*.
3. Menambahkan sistem penahan material asing seperti *pin gate* sehingga material asing seperti plat tidak langsung menimpa *belt*.

Menentukan Langkah Untuk Penanganan Debu

Adapun opsi untuk mengantisipasi pembentukan debu, bisa dilakukan dengan cara:

1. Menurunkan kecepatan udara
2. Menaikkan ukuran partikel material
3. Meningkatkan kohesivitas material

Berdasarkan opsi diatas dapat dibandingkan sebagai berikut :

Tabel 1. Penentuan langkah modifikasi penanganan debu

NO	Aspek Penilaian	Bobot	Solusi					
			Opsi 1		Opsi 2		Opsi 3	
			nilai	bobot	nilai	bobot	nilai	bobot
1	Biaya	25%	3	0,75	1	0,25	3	0,75
2	Desain	25%	5	1,25	2	0,5	5	1,25
3	Pengadaan	25%	2	0,5	1	0,25	4	1
4	Waktu	25%	4	1	5	1,25	4	1
Total		100%	3,5		2,25		4,0	
Rank			1		2		1	
Decision								

Dari tabel diatas maka opsi 1 dan opsi 3 akan menjadi prioritas dalam menentukan *improvement*. Yaitu menurunkan kecepatan udara dan meningkatkan kohesivitas material. Dalam kasus ini, untuk menurunkan kecepatan udara dalam *skirtboard* perlu dilakukan penambahan luas penampang *skirtboard*.

Sedangkan untuk meningkatkan kohesivitas material dengan menggunakan *water suppression*. Dengan penambahan percikan air diharapkan material memiliki tingkat kohesivitas yang lebih tinggi sehingga mengurangi kemungkinan material akan membentuk debu.

Adapun poin-poin yang akan yang akan menjadi dasar untuk mendapatkan *improvement* yang lebih aplikatif diantaranya sebagai berikut:

1. Melakukan perhitungan ulang secara teoritis untuk mendapatkan luas penampang yang lebih aplikatif.
2. Mempertahankan *dust suppression* dan mengeleminasi *Passif dust collector* dikarenakan akan menyebabkan masalah baru yaitu penumpukan debu di *bag dust collector*.
3. Target untuk laju udara setelah modifikasi adalah kurang dari 1 m/s.
4. Memaksimalkan penggunaan *rubber skirt double seal* untuk menghalangi debu yang keluar dari belt conveyor ke lingkungan.

Perhitungan Laju Debu Ketika Transfer Material

Laju debu saat material ditransfer adalah penyebab utama terjadinya luapan material berupa debu batu bara, untuk mengetahui laju debu maka perlu di cari debit, untuk mengetahui debit maka dapat di tentukan sebagai berikut:

Menghitung Debit Aliran Material Pembawa Debu

Berdasarkan *Martin Engineering*, 2009 Untuk mendapatkan nilai debit dapat diketahui dengan persamaan di bawah ini:

$$Q_1 = Q_{total} = Q_{dis} + Q_{ind} + Q_{gen}$$

Dimana debit total akan didapat dari menjumlahkan 3 faktor yaitu, *displaced air*, *induced air* & *generated air*.

1. *Displaced Air*: Udara yang mengisi saluran didorong keluar, digantikan oleh material. Jumlah udara yang dipindahkan dari saluran sama dengan volume bahan yang ditempatkan ke saluran. *Displaced Air* dapat dicari dengan persamaan:

$$Q_{dis} = \frac{K \times L}{\rho}$$

K = load pada bc (t/h)
L = faktor konversi (0,277)
 ρ = density (kg/m³)

2. *Induced air* adalah Udara terinduksi hadir di zona pemuatan conveyor setiap kali material curah dipindahkan. *Induced air* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{ind} = k \times Au \times \sqrt[3]{\frac{R \times S^2}{D}}$$

Dimana:

k = faktor konversi (0,078)
Au = luasan chute (m²)
R = rata rata material ditransfer (t/h)
S = tinggi jatuhnya material (m) 3,640 m
D = diameter rata rata material (m)

3. *Generated air* adalah udara yang dihasilkan dari alat berputar yang terpasang pada jalur transport. Di *transfer chute L21-BC 3* tidak terdapat equipment lain yang nantinya dapat mempengaruhi dalam laju udara dengan muatan debu, sehingga *air generated* dapat di abaikan.

Dari data yang telah terkumpul maka didapat nilai sebagai berikut:

- Displaced Air:

$$Q_{dis} = \frac{k \times L}{\rho}$$

$$Q_{dis} = \frac{270 \times 0,277}{750}$$

$$Q_{dis} = 0,099 \text{ m}^3/\text{s}$$
- Induced air:

$$Q_{ind} = k \times Au \times \sqrt[3]{\frac{R \times S^2}{D}}$$

$$Q_{ind} = 0,078 \times 0,31005 \times \sqrt[3]{\frac{270 \times 3,640^2}{0,05}}$$

$$Q_{ind} = 1,0199 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sehingga nilai dari debit total di *transfer chute L21-BC 3* adalah sebagai berikut:

$$Q_1 = Q_{total} = Q_{dis} + Q_{ind} + Q_{gen}$$

$$Q_{total} = 0,099 \text{ m}^3/\text{s} + 1,0199 \text{ m}^3/\text{s} + 0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{total} = 1,1189 \text{ m}^3/\text{s}$$

Menghitung laju Aliran udara Pembawa Debu

Untuk menghitung laju kecepatan aliran udara sebelum dimodifikasi dengan persamaan kontinuitas adalah sebagai berikut:

$$Q_1 = Q_2$$

$$V_1 \times A_1 = V_2 \times A_2$$

- Luas penampang *skirtboard*:

$$A_1 = A_{existing} + A_{modif bakhtiar}$$

$$A_1 = (0,414 \times 0,270) + 0,12 \text{ m}^2$$

$$A_1 = 0,2017 \text{ m}^2$$
- Laju kecepatan aliran udara:

$$V_1 = \frac{Q_1}{A_1}$$

$$V_1 = \frac{1,1189 \text{ m}^3/\text{s}}{0,2317 \text{ m}^2}$$

$$V_1 = 4,829 \text{ m/s}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan laju kecepatan udara terhitung = 4,829m/s, Sedangkan dari hasil pengukuran langsung menggunakan *anemometer* laju aliran udara di *skirtboard chute transfer L21-BC 3* adalah 2,2 m/s. Hal itu disebabkan rugi-rugi kecepatan udara pada jalur tersebut. Sehingga persentase kecepatan terukur terhadap laju aliran udara terhitung adalah 31,21%.

Penentuan Rekomendasi Laju Aliran Udara Setelah Diadakan *Improvement*

Dari hasil perhitungan laju aliran udara di *skirtboard chute transfer L21-BC 3* maka penulis dapat menentukan rekomendasi laju udara setelah *improvement*. Sebagai bahan banding maka, penulis akan merekomendasikan $V_2 = 1 \text{ m/s}$ sesuai dengan jenis material dan juga metode penanganan debu yang diterapkan (Gambar 2.18).

Berdasarkan rekomendasi yang telah ditetapkan maka, laju udara setelah diadakan *improvement* dengan persamaan sebagai berikut:

- Laju udara setelah diadakan *improvement*:

$$V_{2, \text{ setelah modifikasi}} = V_{2, \text{ terhitung}} \times 31,21\%$$

$$V_{2, \text{ setelah modifikasi}} = 1 \text{ m/s} \times 31,21\%$$

$$V_{2, \text{ setelah modifikasi}} = 0,312 \text{ m/s}$$
- Rekomendasi luas penampang *improvement*:

$$A_{2 \text{ rekomendasi}} = \frac{V_1 \times A_1}{V_{2, \text{ Rekomendasi}}}$$

$$A_{2 \text{ rekomendasi}} = \frac{4,829 \text{ m/s} \times 0,2017 \text{ m}^2}{1 \text{ m/s}}$$

$$A_{2 \text{ rekomendasi}} = 0,965 \text{ m}^2$$

Maka untuk alternatif *improvement*, luas penampang *skirtboard* baru adalah $\pm 0,965 \text{ m}^2$.

- Rekomendasi panjang *skirtboard improvement*:

Setelah mengetahui luas penampang maka panjang *skirtboard* dapat dihitung dengan:

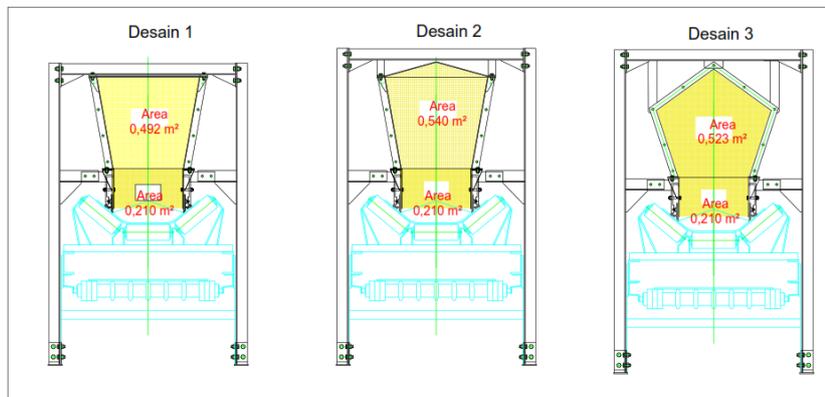
$$l_{sb} = \frac{V \times CF}{k}$$

$$l_{sb} = \frac{2 \times 0,9}{0,5} = 3,6 \text{ m}$$

Sehingga Panjang *skirtboard improvement* terhitung setelah modifikasi harus $> 3,6 \text{ m}$.

Perancangan Desain

Setelah mendapatkan rekomendasi ukuran yang akan diterapkan sebagai desain *improvement* maka selanjutnya dapat menentukan desain *aplikatif*. Penulis telah mempersiapkan 3 desain alternatif sebagai bahan pertimbangan, sebagai berikut:



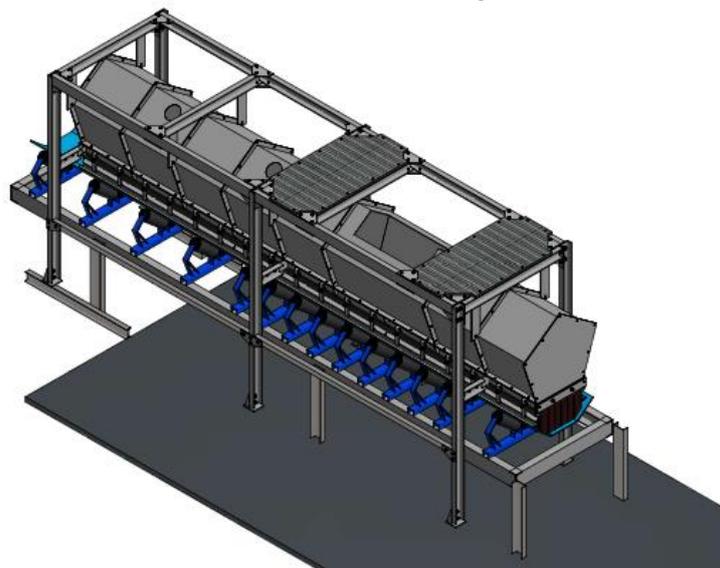
Gambar 5. Alternatif Desain

Berdasarkan opsi diatas dapat dibandingkan dengan pembobotan nilai sebagai berikut :

Tabel 2. Pembobotan Nilai Alternatif Desain Skirtboard

NO	Aspek Penilaian	Bobot	Solusi					
			Opsi 1		Opsi 2		Opsi 3	
			nilai	bobot	nilai	bobot	nilai	bobot
1	Luas penampang	40%	3	1,2	4	1,6	4	1,6
2	Proses perawatan & cleaning	25%	2	0,5	3	0,75	5	2,5
3	Kekokohan struktur	25%	4	1,0	3	0,75	5	2,5
4	Desain	10%	4	0,5	4	0,4	5	0,5
Total		100%	3,2		3,5		7,1	
Rank			3		2		1	
Decision								

Dari pembobotan nilai pada tabel di atas maka alternatif desain 1 merupakan desain paling aplikatif untuk dijadikan *improvement*. Sehingga Untuk mempermudah dalam proses visualisasi maka penulis telah merancang desain *skirtboard* berdasarkan alternatif desain 3. Sebagai berikut:



Gambar 6. Desain *Improvement Skirtboard Transfer Chute L21-BC 3*

Desain baru telah memenuhi kriteria berdasarkan poin-poin yang menjadi target *improvement*, diantaranya adalah sebagai berikut

1. Memiliki luas penampang *skirtboard* mendekati dengan rekomendasi yaitu 0,733 m².
2. Memiliki struktur yang kokoh dan mudah dalam *instalasi* dan juga *re-instalasi* dengan sistem sambungan baut untuk setiap *sub-assembly*.
3. Desain baru meminimalkan penumpukan material di sisi atas maupun samping dengan bentuk profil *pentagon*. Sehingga proses *cleaning* lebih mudah dan mengurangi potensi kebakaran.
4. Memaksimalkan penggunaan *rubber skirt model dua seal*, yang mana diharapkan dapat membatasi debu dari dalam *skirtboard* keluar ke lingkungan akibat.

Modifikasi Chute

Selain permasalahan debu batu bara, area *Transfer Chute L21-BC 3* juga memiliki permasalahan lain di yaitu kerusakan *belt* sobek. Berdasarkan dengan *root cause analysis* pada Gambar 4.(b) maka adapun yang akan di modifikasi adalah sebagai berikut:

1. Model *chute* dari *double layer* yaitu antara *casing* dan *liner* dalam casing yang rawan jatuh saat baut aus. Dan mengganti dengan chute model *single layer plate*, yaitu dengan menggunakan material *dualplate* atau *overlay plate 4 on 6*.



Gambar 7. Material *dual plate / overlay plate*

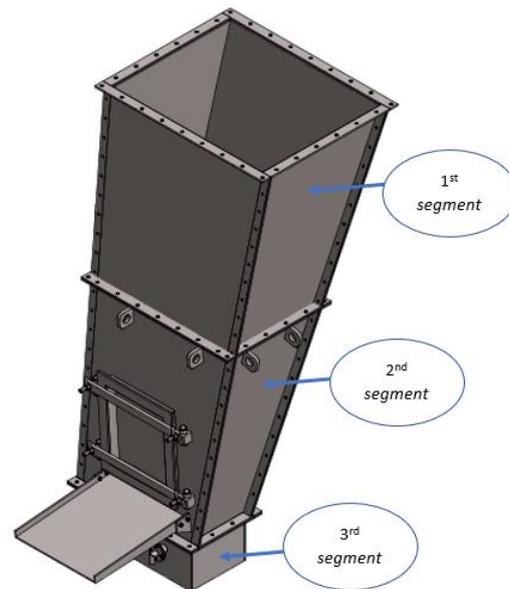
Karena jenis plat ini memiliki 2 lapisan yaitu lapisan *base* menggunakan spesifikasi Q235 atau SS400. Dan lapisan dalam yang menjadi sisi dalam *chute* adalah lapisan dengan spesifikasi material *wearplate* yang telah di *hardfacing* sehingga memiliki kekerasan antara 700 HV- 850 HV.

2. Desain *existing chute* memiliki dimensi yang terlalu panjang yaitu 2,870 m hampir 3 meter sehingga dengan dimensi tersebut akan mengalami kendala saat *instal* maupu *re-install*.



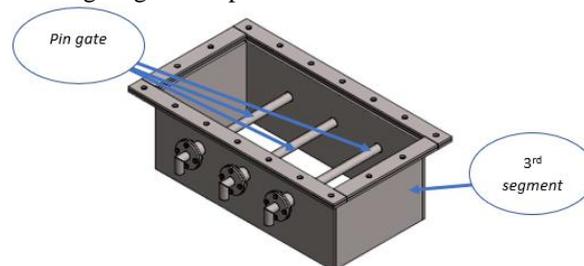
Gambar 8. *Chute Existing*

Sehingga untuk mempermudah proses *installasi* maka *transfer chute* akan di bagi menjadi 3 *segment* sebagai berikut:



Gambar 9. Desain Modifikasi Chute

3. Menambahkan fasilitas penahan material asing model *pin gate* pada *segment chute 3* sehingga material asing seperti plat tidak langsung menimpa *belt*

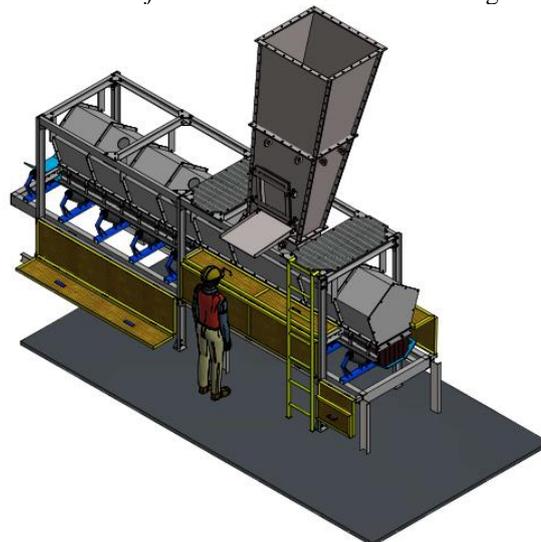


Gambar 10. Pin gate

Penambahan akses *pin gate* diharapkan mampu menahan material dengan dimensi besar untuk tidak menimpa *belt* secara langsung. Sehingga kerusakan *belt* sobek dapat di minimalisir.

Overview Keseluruhan Desain Modifikasi Skirtboard dan Chute di Transfer Point L21-BC 3

Dari kedua *improvement* di atas, yaitu *skirtboard* dan *chute* maka gambaran keseluruhan untuk Desain Modifikasi *Skirtboard* Dan *Chute* Di *Transfer Point L21-BC 3* adalah sebagai berikut:



Gambar 11. Keseluruhan Desain Modifikasi Skirtboard dan Chute Di Transfer Point L21-BC 3

Selain dari *chute* dan *skirtboard* penulis juga menambahkan beberapa *improvement* penunjang lainnya, yaitu:

1. *Guarding Belt* dimana memiliki fungsi untuk mencegah anggota tubuh manusia(operator) maupun benda lain tersangkut saat *belt conveyor* beroperasi.
2. Akses *platform* dan tangga *portable* untuk menjangkau *checkhole* chute saat akan dilakukan pembersihan material asing di *pin gate*. *Ancor point* untuk mengaitkan tali pada *full body harness operator* menaiki *platform* untuk menjaga operator tidak langsung terjatuh ke lantai.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil tugas akhir dalam Modifikasi *Skirtboard* dan *Chute* di *Transfer Point L21-BC 3*, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan analisa dan observasi, penyebab penumpukan debu di *transfer chute L21-BC 3* disebabkan tingginya laju udara di *skirtboard*. Perancangan modifikasi pada luas penampang *skirtboard* dan pengantian *rubber skirt* dengan menggunakan model *double lip* dapat menurunkan laju udara pada *skirtboard* dari 4,829 m/s menjadi 0.312 m/s.
2. Profil *skirtboard pentagon* akan meminimalisir adanya penumpukan debu batubara di sisi-sisi *skirtboard* sehingga mencegah potensi pencemaran dan kebakaran.
3. Faktor penyebab *belt* sobek diantaranya adalah karena *liner* dari *chute* jatuh dan menimpa *belt* dan juga material tajam yang didominasi material logam besi berukuran besar. Pengantian *chute* dengan menggunakan material *dualplate* atau *overlay plate* akan menghilangkan potensi *liner* jatuh dari *chute*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada PT. Solusi Bangun Indonesia Tuban Plant. Yang telah menyediakan fasilitas selama pengerjaan penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Essa Abubakar Wahid yang telah membimbing dalam penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Bakhtiar, Setiawan. (2018). Modifikasi Skirtboard Untuk Mengurangi Debu Batubara Di Area L21-BC3. Retrieved from
- [2] Cecala AB, O'Brien AD, Schall J, Colinet JF, Franta RJ, Schultz MJ, Haas EJ, Robinson J, Patts J, Holen BM, Stein R, Weber J, Strelbel M, Wilson L, and Ellis M. Pittsburgh PA. (2019). Dust control handbook for industrial minerals mining and processing (2 ed.). USA: Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH).
- [3] MarteenEngineering. (2009). FOUNDATION The practical resources for Cleaner, Safer, More productive dust & Material Control.
- [4] Setiawan, Alfian Fahmi. (2020). Modifikasi Skirtboard Untuk Mengurangi Tumpukan Debu Batubara Pada L22-BC 1. Retrieved from
- [5] Sukandarrumidi. (1995). Batubara dan gambut. Yogyakarta Gadjah Mada University Press.
- [6] Sukandarrumidi. (2006). BATUBARA DAN PEMANFAATANNYA : PENGANTAR TEKNOLOGI BATUBARA MENUJU LINGKUNGAN BERSIH: Gadjah Mada University Press.
- [7] Solutions, Conveyor (Producer). (2022). Conveyor Belt.