

MODIFIKASI LINER PADA CHUTE TRANSFER CONVEYOR ABC

Dicky¹⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal

Dicky@gmail.com

Ilham Taufik Maulana²⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal

ilham.tmaulana@gmail.com

Keywords :

Ceramic Alumina
Chute
Wear
Bolted Connection
Welded Connection

Abstract :

CC Company is a coal mining company operating in East Kalimantan Province. Machine maintenance and repair are necessary to ensure smooth production processes. The fixed plant department area is located at the port, where the process of transferring coal from hauling to barges takes place. The coal transfer process to the barges uses a conveyor, followed by a chute that transports coal at a rate of 2000 Tph (tons per hour) with a conveyor speed of 3.2 m/s. This results in friction between the chute walls and the coal entering the chute, causing the chute walls to wear out. The objective of the research is to modify the chute liner and calculate the material strength, especially the weld joints, bolt connections, and friction velocity. The researcher uses an experimental research method by modifying the chute walls, which originally used ASTM A36 material, to ceramic alumina. Based on calculations, it can be concluded that the bolt connections, weld joints, load analysis, and wear velocity produce safe values. The bolt connection strength is 4.191 N/mm² with an allowable stress value of 90.9 N/mm²; the weld joint strength is 226,650 N with an actual load of 4,359.996 N; the load simulation results in a stress value of 0.10108 N/mm² with a material yield strength value of 250 N/mm²; and the comparison of material wear velocity before and after modification is 3.959×10^{-8} grams/second.mm² and 0.10599×10^{-8} grams/second.mm², respectively.

PENDAHULUAN

Dalam industri pertambangan batu bara potensi cadangan terbesar berada di provinsi Kalimantan Timur. Daerah ini menjadi pusat perhatian bagi Perusahaan pertambangan, salah satu Perusahaan yang beroperasi di Kalimantan Timur adalah Perusahaan CC. Perusahaan CC pada tahun 2024 mengalami kenaikan jumlah produksi, dengan target pertahun adalah 30 juta ton pada tahun sebelumnya Perusahaan CC target produksi sebesar 22 juta ton. PT.CC memproduksi Batu bara dengan kategori HBA 3. Dalam proses produksi untuk memenuhi target tentu perlu dilakukan berbagai aspek, mulai dari peningkatan sarana, penambahan *man power* dan juga melakukan perbaikan mesin untuk memastikan proses produksi lancar. *Maintenance* adalah salah satu faktor kunci keberhasilan produksi dalam memenuhi target, untuk itu perlu dilakukan perawatan mesin yang terjadwal [1].

Fixed plant maintenance adalah departemen yang bertanggung jawab untuk melakukan segala

aktivitas perbaikan dan pemeliharaan pada proses produksi yang melibatkan peralatan yang tidak bergerak atau tidak mobile seperti alat berat atau alat pengangkut [2]. *Area Department fixed plant maintenance* berada di *port* atau Pelabuhan, bertugas memastikan segala peralatan dan komponen Perusahaan aman dan dapat dioperasikan. *Area department fixed plant* sendiri terletak di *port* atau Pelabuhan, area ini merupakan lokasi dimana proses pemindahan Batu bara dari *hauling* (alat pengangkut) menuju ke tongkang. Proses transfer batu bara menuju ke tongkang sendiri menggunakan *conveyor*.

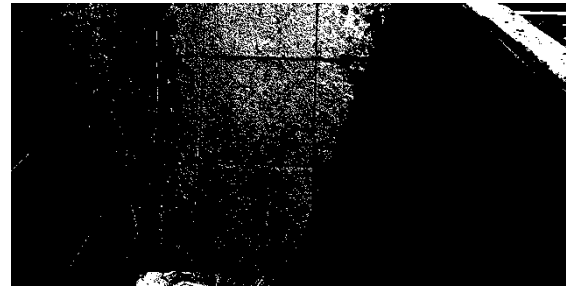
Proses transfer dari *conveyor* menuju *chute* dapat mengangkut batu bara sebesar 2000 Tph (ton per jam) dan kecepatan *conveyor* dapat mencapai 3,2 m/s. Hal tersebut akan mengakibatkan gesekan antara dinding chute dengan batu bara yang masuk ke dalam *chute*. Gesekan tersebut membuat dinding *chute* menjadi berlubang atau mengalami keausan. Dinding *chute* terbuat dari material plat besi ASTM A36 *steel*. Pengertian *chute* dalam hal ini adalah corong yang

terletak pada ujung *belt conveyor* yang berfungsi sebagai tempat jatuhnya batu bara untuk proses selanjutnya [3]. Kerusakan dinding *chute* menghasilkan keausan yang membuat proses produksi menjadi terganggu. Penghentian produksi atau *downtime* dapat terjadi berkisar 3-5 jam atau bahkan 4 hari tergantung dengan kerusakan yang terjadi. Adapun data kerusakan dinding *chute* dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data *Maintenance Chute*

Nomor Perbaikan	Schedule Maintenance	Description	Asset Number
Perbaikan 1	18 Februari 2020	Plat rusak	Chute Liner 01
Perbaikan 2	23 Juni 2020	Plat rusak	Chute Liner 01
Perbaikan 3	15 desember 2020	Plat rusak	Chute Liner 01
Perbaikan 4	12 April 2021	Plat rusak	Chute Liner 01
Perbaikan 5	5 Desember 2021	Plat rusak	Chute Liner 01
Perbaikan 6	29 Mei 2022	Plat rusak	Chute Liner 01
Perbaikan 7	02 November 2022	Plat rusak	Chute Liner 01
Perbaikan 8	14 Mei 2023	Plat rusak	Chute Liner 01
Perbaikan 9	29 Oktober 2023	Plat rusak	Chute Liner 01

Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui bahwa perbaikan yang terjadi dikarenakan plat *chute* yang rusak. Kerusakan tersebut disebabkan oleh batu bara yang bergesekan dengan dinding *chute*, sehingga dinding *chute* yang bermaterial ASTM A36 Steel tidak dapat menahan gesekan batu bara. Kerusakan pada dinding *chute* dapat dilihat pada Gambar 1.

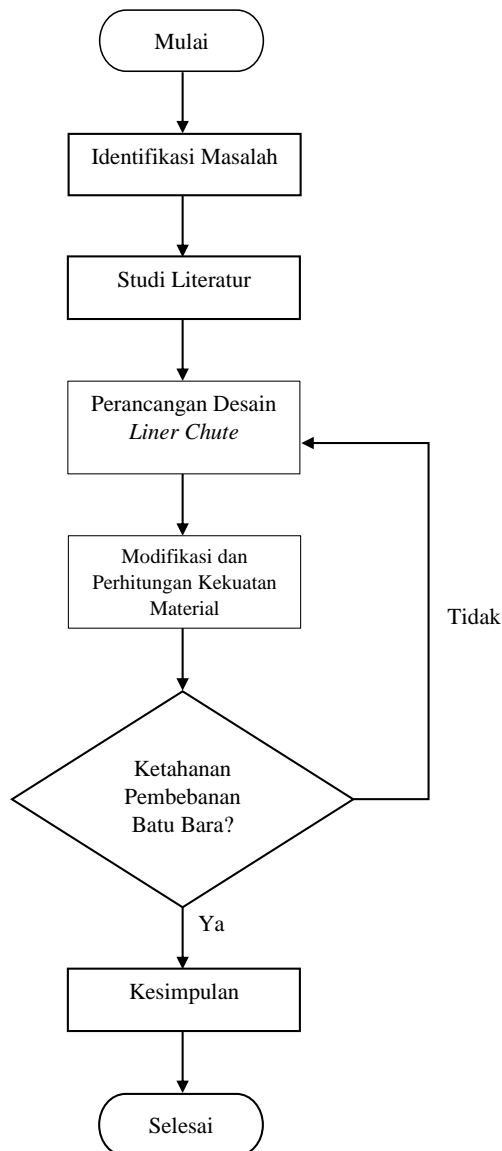
Gambar 1. Kerusakan pada Dinding *Chute*

Maka dari itu, untuk mencegah adanya *downtime* yang terjadi pada proses produksi diperlukan pergantian atau modifikasi dinding *chute*. Pada penelitian ini, peneliti mengamati dan menganalisis penelitian sebelumnya yang serupa. Penelitian tersebut digunakan sebagai dasar teori atau pedoman modifikasi dinding *chute*. Adapun penelitian tersebut seperti yang dilakukan oleh Saputra, dkk. (2022) yang memodifikasi *chute* dan *skirt board* di L21-BC 3 untuk mengurangi *dust spillage* potensi *belt* sobek [4]. Penelitian tersebut membahas terkait terjadinya permasalahan pada L21-BC3 yaitu *Dust Spillage* batu bara yang terbentuk karena laju udara dalam hood yang tinggi dan kohesivitas rendah. 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*. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Putri, dkk. (2024) yang menganalisis *hardfacing* HV 800 sebagai pengganti CTC 6000 pada discharge *chute dump hopper* [5]. Penelitian tersebut membandingkan kekerasan material untuk menggantikan material lama pada CTC 6000. Uji kekerasan Vickers menunjukkan bahwa jenis polaritas mempengaruhi nilai kekerasan pada material hasil pengelasan *hardfacing*. Pengelasan menggunakan polaritas AC memiliki nilai kekerasan lebih tinggi daripada menggunakan polaritas DCEP. 2. Dari hasil pengujian ketahanan aus menunjukkan bahwa jenis polaritas mempengaruhi nilai ketahanan aus pada material hasil *hardfacing*. Pengelasan menggunakan polaritas AC memiliki nilai laju keausan lebih kecil daripada menggunakan polaritas DCEP. Selain itu, dari hasil pengujian ketahanan aus menunjukkan bahwa nilai ketahanan aus sebanding dengan nilai kekerasan. Dengan demikian, tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk memodifikasi *liner chute* dan melakukan perhitungan kekuatan material yang terjadi pada dinding *chute*, terutama sambungan las, sambungan baut, dan kelajuan gesekan. Pergantian *liner chute* ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan *downtime* akibat kerusakan dinding *chute* yang secara terus-menerus.

METODOLOGI KAJIAN

Alur Penelitian

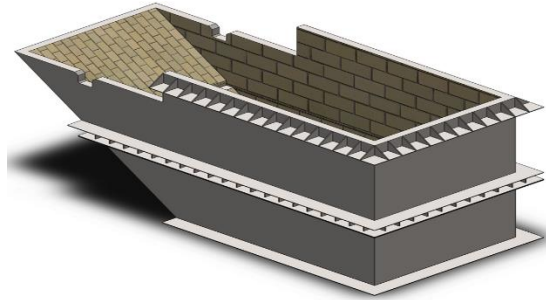
Penelitian ini menggunakan metode penelitian berupa eksperimen dengan memodifikasi dinding *chute* yang semula menggunakan material ASTM A36 menjadi material baru, yaitu *ceramic alumina*. Setiap tahapan penelitian yang dilakukan, telah peneliti masukkan pada alur penelitian. Adanya alur penelitian tersebut berfungsi sebagai pedoman peneliti dalam melakukan modifikasi. Adapun alur penelitian tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur Penelitian

Berdasarkan Gambar 2, dapat diketahui bahwa penelitian diawali dengan identifikasi masalah yang mana peneliti melakukan observasi di lapangan dan melakukan pengamatan terkait proses yang terjadi. Setelah menemukan permasalahan, peneliti melakukan pengkajian terhadap studi literatur ilmiah

yang ada. Peneliti menggunakan jurnal-jurnal nasional dan internasional, buku-buku, dan literatur ilmiah lainnya. Selanjutnya penulis melakukan perancangan desain *liner chute* dengan menggunakan *software design*. Pada *software* tersebut dapat dilakukan suatu pemodelan desain secara 3D maupun 2D dengan karakteristik material yang diinginkan [6]. Adapun desain *liner chute* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Liner Chute

Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa dinding *liner chute* terbuat dari *ceramic alumina* sebagai pengganti material sebelumnya. Perancangan desain *liner chute* disesuaikan dengan lebar, panjang *conveyor*, dan jarak tumpuan *chute*. Setelah dilakukan perancangan desain, peneliti melakukan modifikasi terhadap *liner chute*. Sebelum dilakukan modifikasi, peneliti melakukan persiapan alat dan bahan. Adapun data terkait bahan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.

1. Plat Besi 10 mm
Plat besi 10 mm adalah lembaran atau plat yang terbuat dari besi dengan ketebalan sekitar 10 milimeter [7]. Plat ini juga sering digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi, pembuatan mesin, otomotif, dan industri lainnya.
2. Megapoxy
Perekat yang banyak digunakan di industri karena memiliki kemampuan memanggag pada suhu tinggi, sistem epoksi dua komponen dapat disembuhkan pada suhu sekitar dan bahkan nol derajat dengan bantuan katalis dan pengeras. Setelah pengeras ditambahkan ke epoksi, proses kimia pengikatan silang dimulai beradaptasi dengan kondisi lingkungan dan dapat diformulasikan untuk aplikasi apapun.
3. Kawat Las
Kawat las adalah sebuah material yang digunakan dalam proses pengelasan untuk menghubungkan dua material logam dengan cara melelehkan kawat las bersama-sama dengan permukaan material yang akan disambungkan menggunakan panas tinggi dari busur listrik [8].
4. Angle Siku
Angle siku atau Angle Bar adalah material dari logam besi yang dibentuk sehingga memiliki

siku 90% derajat [9]. Dengan ukuran *angel* siku 4x4 dan panjang 10 m.

5. Baut M12

Baut M12 adalah jenis baut standar yang memiliki diameter nominal 12 mm. Istilah "M" dalam "baut M12" menunjukkan bahwa baut tersebut adalah baut metrik, yang berarti ukurannya diukur dalam sistem metrik [10]. Baut M12 umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi dan mekanis di mana kekuatan dan keandalan diperlukan. Baut M12 biasanya tersedia dalam berbagai panjang dan material, seperti baja karbon, baja paduan, dan stainless steel, sesuai dengan kebutuhan spesifik aplikasi. Berikut adalah spesifikasi baut M12 dengan satuan milimeter.

Modifikasi dilakukan untuk meminimalisir terjadinya kerusakan pada dinding *liner chute*, sehingga proses produksi berjalan dengan baik. Tidak hanya modifikasi, peneliti juga melakukan perhitungan terkait kekuatan material terutama sambungan las, sambungan baut, dan kelajuan gesekan pada material *dinding chute*. Perhitungan sambungan las berfungsi untuk mengetahui kekuatan sambungan las terhadap beban aktual yang diterima *liner chute*.

Sebelum dilakukan perhitungan sambungan las, dibutuhkan data-data terkait tegangan geser dan tegangan tarik ijin. Adapun rumus perhitungan tegangan tarik ijin dapat dilihat pada persamaan 1 [11].

$$\sigma_i = \frac{\sigma}{f_s} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

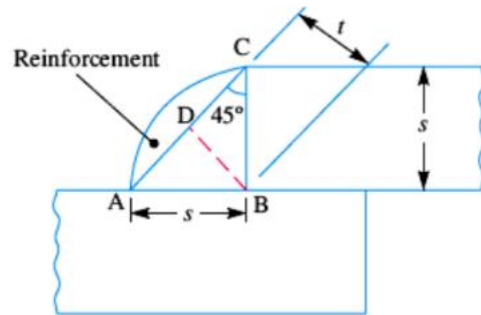
- σ_i = Tegangan Ijin
- σ = Tegangan Luluh
- f_s = Faktor Safety

Berdasarkan persamaan 1, dibutuhkan nilai tegangan luluh atau *yield strength* dari material yang digunakan. Pada sambungan las menggunakan elektroda nomor E10013 yang memiliki *ultimate tensile strength* sebesar 102 Ksi atau 427,47 N/mm² dan dengan penetapan *factor of safety* untuk beban yang didapat pada desain adalah *shock load* atau beban kejut sebesar 14 [12], [13].

Tegangan geser yang diizinkan (τ) diambil 30% dari batas *modulus young* (σ_{el}), tetapi dilarang melebihi 18% tegangan tarik *ultimate* (σ_u). Maka tegangan geser yang diizinkan [11] adalah

$$\tau = 0,3 \sigma_{el} \text{ atau } 0,18 \sigma_u \dots\dots\dots(2)$$

Sambungan las menggunakan jenis *fillet weld* yang mana jenis las tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema dan dimensi *fillet weld*

Untuk menentukan kekuatan sambungan las, diasumsikan bahwa bagian *fillet* adalah segitiga ABC dengan sisi miring AC seperti terlihat pada Gambar 4 panjang setiap sisi diketahui sebagai ukuran las dan jarak tegak lurus kemiringan BD adalah tebal leher. Luas minimum las diperoleh pada leher BD, yang diberikan dengan hasil dari tebal leher dan panjang las [11].

Misalkan

- t = Tebal leher (BD)
- s = Ukuran las = Tebal pelat
- l = Panjang las

Maka perhitungan ketebalan leher menjadi:

$$t = s \cdot \sin 45^\circ = 0,707 \cdot s \dots\dots\dots(3)$$

Luas minimum las atau luas leher adalah

$$A = t \cdot l = 0,707 \cdot s \cdot l \dots\dots\dots(4)$$

Jika σ_t adalah tegangan tarik yang diijinkan untuk las logam, kemudian kekuatan tarik sambungan untuk las *fillet tunggal* (*single fillet weld*) adalah:

$$P = 0,707 \cdot s \cdot l \cdot \sigma_t \dots\dots\dots(5)$$

Dan kekuatan tarik sambungan las *fillet ganda* (*double fillet weld*) adalah

$$P = 2 \times 0,707 \times s \times l \times \sigma_t = 1,414 \cdot s \cdot l \cdot \sigma_t \dots\dots\dots(6)$$

Selain itu, peneliti juga melakukan perhitungan terkait sambungan baut. Baut yang digunakan pada penelitian ini adalah baut M12. Sambungan baut menerima beban *eksternal* yang diterima. Hal ini menimbulkan tegangan yang terjadi pada sambungan baut. Sambungan baut biasanya menopang beban sesuai arah aksial baut yang mengindikasikan *tensile stress* (σ_t) baut. Tegangan yang terjadi tergantung pada diameter baut, material baut, dan beban yang diterima. Pada umumnya diameter luar (d) dapat diketahui dengan menggunakan alat ukur. Untuk menentukan diameter dalam ulir pada baut 0,84 kali diameter luar baut atau diameter nominal baut. Diameter dalam ulir baut (d_c) diketahui melalui persamaan sebagai berikut:

Sehingga beban eksternal dapat dirumuskan dalam persamaan berikut :

$$W = \pi^4 d_c = 0,84 \times d \dots \dots \dots (7)$$

Jika beban eksternal diambil berdasarkan jumlah baut, maka persamaan sebagai berikut:

$$W = \frac{\pi}{4} \times (d_c)^2 \times \tau \times n \dots \dots \dots (8)$$

Apabila terdapat lebih dari satu beban yang diterima dan terdapat banyak beban pada sistem, maka perhitungan beban total adalah sebagai berikut:

$$W_{total} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots \dots + W_n \dots \dots \dots (9)$$

Selain tegangan tarik baut juga dapat mengalami tegangan geser. Tegangan geser dapat dihindari sebisa mungkin. Sebagai catatan bahwa saat baut dikenakan beban geser secara langsung, baut harus diberi jarak sehingga gaya pemotongan diarahkan ke badan baut. Jika beberapa baut dipakai untuk mendistribusikan beban geser, baut yang sudah jadi dikenakan lubang. Beban geser yang diterima oleh baut dapat dirumuskan menggunakan persamaan 10.

$$P_s = \frac{\pi}{4} \times (d_c)^2 \times \tau \times n \dots \dots \dots (10)$$

Pada penelitian ini juga dilakukan perhitungan kelajuan gesekan yang terjadi pada material sebelum dilakukan modifikasi dengan material sesudah modifikasi. Adapun perhitungan kelajuan keausan dapat menggunakan persamaan 11 [14].

$$N = \frac{W_0 - W_1}{t \cdot A} \dots \dots \dots (11)$$

Keterangan:

- W_0 : Berat mula benda uji (gram)
- W_1 : Berat benda akibat Pengausan (gram)
- N : Nilai laju keausan (gram/detik)
- t : Waktu Pengausan (detik)
- A : Luas Pengausan (mm^2)

HASIL KAJIAN DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Sambungan Baut

Baut yang digunakan pada desain berasal dari material AISI 304. Berdasarkan Lampiran 3, didapatkan nilai tegangan tarik (σ_t) atau tegangan tarik *ultimate* (σ_{ul}) material sebesar 505 N/mm². Selain itu, faktor keamanan atau *factor of safety* pada sambungan baut yang terkena beban kejut (*shock load*) adalah 12-110. Dalam hal ini, penulis menerapkan factor of safety pada sambungan baut adalah 14. Maka dari itu, tegangan tarik ijin baut dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (1), yaitu

$$\sigma_i = \frac{\sigma_t}{f_s} \dots \dots \dots (1)$$

$$\sigma_i = \frac{505 \frac{N}{mm^2}}{14}$$

$$\sigma_i = 310,071 \frac{N}{mm^2}$$

Maka didapatkan nilai tegangan tarik yang diizinkan pada sambungan baut sebesar 310,071 N/mm². Berdasarkan spesifikasi material sambungan baut yang digunakan menetapkan bahwa tegangan geser yang diijinkan (τ_i) diambil 30% dari batas *elastic* tarik (σ_{el}), tetapi tidak boleh lebih dari 18% tegangan tarik *ultimate* (σ_{ul}). Untuk mencari tegangan geser baut yang diizinkan dapat menggunakan persamaan (2), yaitu

$$\tau_i = 0,3 \sigma_{el} \text{ atau } 0,18 \sigma_{ul} \dots \dots \dots (2)$$

$$\tau_i = 0,18 \sigma_{ul}$$

$$\tau_i = 0,18 \times 505 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_i = 90,9 \frac{N}{mm^2}$$

Berdasarkan perhitungan tegangan geser baut yang diizinkan didapatkan nilai sebesar 90 N/mm². Selanjutnya dilakukan perhitungan tegangan geser secara aktual yang diterima sambungan baut. Perhitungan tersebut diawali dengan mencari data nilai beban yang diterima oleh baut.

Diketahui bahwa baut yang ada pada *chute* adalah 20 baut M12 dan menerima beban yang berasal dari *chute*, keramik, dan batu bara. Adapun perhitungan beban total dapat menggunakan persamaan 9 sebagai berikut:

$$W_{total} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots \dots + W_n \dots \dots \dots (9)$$

$$W_{total} = W_{chute} + W_{keramik} + W_{Batu Bara}$$

$$W_{total} = 5.422,340 \text{ N} + 7.0103,2 \text{ N} + 4.359,9910$$

$$W_{total} = 110.845,5310 \text{ N}$$

Jadi beban total yang diterima oleh sambungan baut adalah 12.485,54 N. Maka dari itu dilakukan perhitungan tegangan geser aktual pada sambungan baut dengan menggunakan persamaan (8), yaitu

$$W = \frac{\pi}{4} \times (d_c)^2 \times \tau \times n \dots \dots \dots (8)$$

$$110.845,5310 = \frac{3,14}{4} \times (110)^2 \times \tau \times 20$$

$$\tau = 4,191 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser yang dihasilkan berdasarkan perhitungan adalah N/mm². Berdasarkan perhitungan tersebut dapat disimpulkan yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Tegangan Geser Aktual dengan Tegangan Geser Ijin

Tegangan Geser Aktual (N/mm ²)	Tegangan Geser Ijin (N/mm ²)
4,191	90,9

Berdasarkan **Tabel 2**, maka dapat disimpulkan bahwa tegangan aktual memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan nilai tegangan yang diijinkan. Hal tersebut menandakan bahwa sambungan baut mengalami pergeseran yang tidak menyebabkan kerusakan pada baut.

Perhitungan Sambungan Las

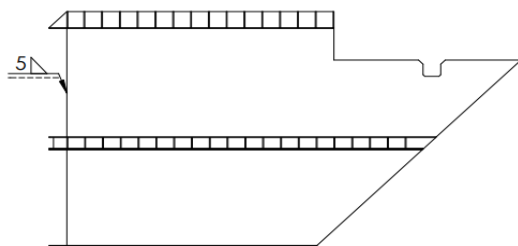
Sambungan antara tiap kerangka besi menggunakan mesin las busur listrik (*Shield Metal Arc Welding*), jenis yang digunakan yakni elektroda dengan nomor E10013 dengan kekuatan tarik sebesar 102 Ksi atau 427,47 N/mm². Dengan ketentuan 1 Ksi bernilai 10,89 N/mm². Faktor keamanan yang digunakan adalah 8, karena sambungan las menerima beban kejut (*steady load*).

$$\sigma_i = \frac{\sigma}{f_s} \dots\dots\dots(1)$$

$$\sigma_i = \frac{427,47}{14}$$

$$\sigma_i = 30,5 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan kekuatan sambungan las dapat dihitung berdasarkan Persamaan 5. Adapun salah satu sambungan las yang terdapat pada *chute* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengelasan

Pada Gambar 5, terlihat bahwa sudut yang ada pada area pengelasan adalah 45° dengan panjang 1200 mm. Selain itu, ukuran pengelasan yang dilakukan sesuai dengan tabel pengelasan (s) sebesar 5. Maka dapat dilakukan perhitungan luas area pengelasan dengan menggunakan persamaan (4).

$$A = t.l = 0,707. s.l$$

$$A = 0,707 \times 5 \times 1200$$

$$A = 4.242 \text{ mm}^2$$

Jadi perhitungan luas area pengelasan menghasilkan nilai 4.242 mm². Kemudian menghitung kekuatan las

yang terjadi pada area pengelasan dengan menggunakan persamaan (5).

$$P = 0,707. s.l.\sigma_t \dots\dots\dots(5)$$

$$P = (0,707 \times 5 \times 1200 \times 53,43)$$

$$P = 226.650,1 \text{ N}$$

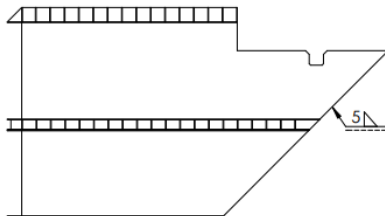
Dari perhitungan diatas, telah didapatkan bahwa kekuatan las sebesar 226.650,1 N untuk bagian pengelasan dengan panjang 1200 mm. Sedangkan beban aktual yang diterima oleh sambungan las adalah 4.359,996 N atau beban batu bara. Hal tersebut berarti sambungan las memiliki kekuatan yang lebih besar dibandingkan beban yang diterima. Maka, sambungan las dinyatakan aman dan tidak mengalami kerusakan. Secara keseluruhan perhitungan sambungan las dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Sambungan Las Komponen

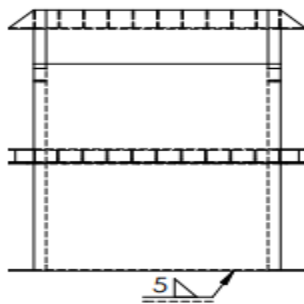
L (mm)	A (mm ²)	QTY	Kekuatan Las (N)	Total (N)
1200	4.242	2	226.650,1	453.300,1
2800	9.898	2	528.850,1	1.057.700
4000	14.140	2	755.500,2	1.511.000

Tabel 3. Lanjutan

L (mm)	A (mm ²)	QTY	Kekuatan Las (N)	Total (N)
1108	5.949,0	2	317.859,7	1035.719,
2,91	87			4

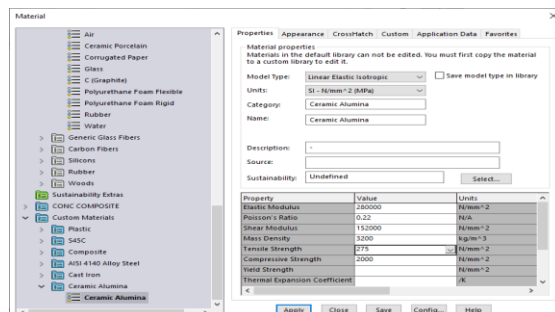


2000	7.070	4	377.750	1.511.000
------	-------	---	---------	-----------



Simulasi Pembebanan Chute

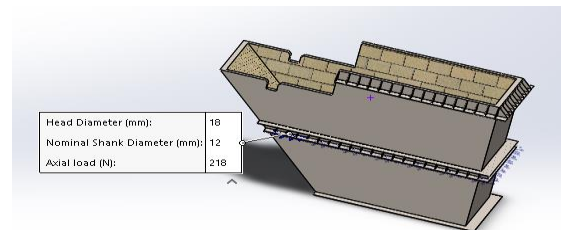
Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan keramik yang ada pada alas bagian dalam chute yang terkena benturan batu bara. Keramik yang digunakan merupakan jenis *ceramic alumina* dengan spesifikasi atau material properties yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Material Properties Ceramic Alumina

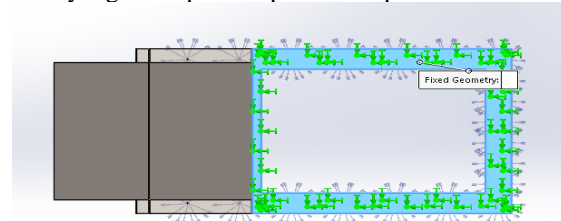
Material properties berdasarkan Gambar 6, digunakan sebagai acuan dalam melakukan

perhitungan beban keramik chute. Simulasi Pembebanan ini menggunakan *software design* yang menghasilkan nilai *stress* atau tegangan yang ada pada keramik. Sebelum mendapatkan hasil simulasi, penulis menentukan beberapa parameter simulasi sesuai keadaan aktual. Parameter tersebut antara lain *connections*, *fixtures*, *external load*, dan *meshing*. Adapun penentuan *connection* dapat dilihat pada Gambar 7.

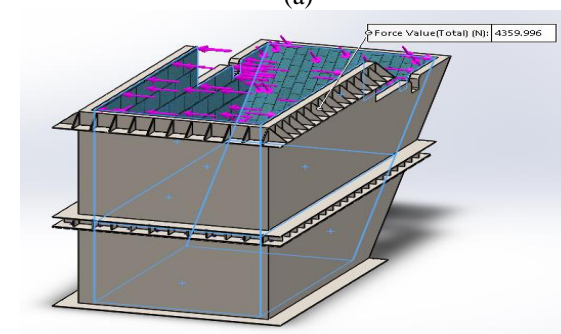


Gambar 7. Connections

Berdasarkan Gambar, dapat diketahui bahwa *connections* pada desain menggunakan fitur *bolt* atau baut. Dalam hal ini, baut yang digunakan adalah baut M12 dengan jumlah 20 pcs. Setelah itu, penulis menentukan *fixture* (tumpuan) dan *external load* (beban) pada desain. Adapun *fixture* dan *external load* yang diterapkan dapat dilihat pada Gambar 8.



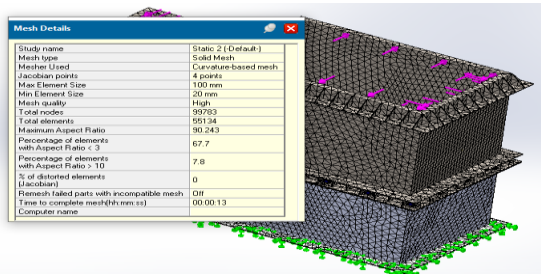
(a)



(b)

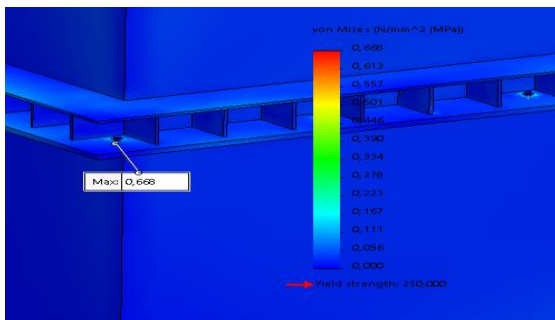
Gambar 8. (a) Fixture dan (b) External Load

Berdasarkan Gambar 8, dapat diketahui bahwa *fixture* atau tumpuan pada desain berada pada bagian alas. Selain itu, beban yang terjadi pada desain dikenai pada bagian dalam chute dengan beban yang berasal dari batu bara, yaitu 4359,9910 N. Selanjutnya, penulis menentukan parameter *meshing* pada desain. Adapun *meshing* details yang terjadi pada desain, dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Meshing Details

Berdasarkan Gambar 9, dapat diketahui bahwa jenis meshing yang digunakan merupakan high mesh. Selain itu, penentuan parameter meshing menghasilkan node sebanyak 99783 dan elemen 55134. Setelah menentukan semua parameter, simulasi statik dapat dilakukan *run study* yang mana menghasilkan nilai *stress* atau von mises. Adapun nilai *stress* atau *von mises* dari simulasi Pembebanan desain dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Nilai Stress Simulasi

Berdasarkan Gambar, dihasilkan nilai stress atau tegangan pada desain sebesar 0,10108 N/mm² dan nilai tertinggi stress terjadi pada daerah di sekitar dari baut M12. Nilai stress yang dihasilkan kurang dari nilai *yield strength* atau batas luluh dari material ASTM A310. Dengan demikian, dengan desain *chute* terutama area pengelasan dan sambungan baut aman dari kerusakan atau *deformation* yang terjadi karena Pembebanan oleh batu bara.

Perhitungan Kelajuan Keausan Sebelum Modifikasi

Batu bara setelah melewati OLC (*Out Landing Conveyor*) jatuh mengenai sisi bagian dalam *chute*. Sebelum dilakukan modifikasi, sisi bagian dalam *chute* merupakan plat dengan material ASTM A36 Steel. Untuk menghitung, harga laju keausan, maka dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 11:

$$N = \frac{W_0 - W_1}{t.A} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

- W₀ : Berat mula benda uji (gram)
- W₁ : Berat benda akibat Pengausan (gram)

- N : Nilai laju keausan (gram/detik)
- t : Waktu Pengausan (detik)
- A : Luas Pengausan (mm²)

Diketahui bahwa nilai berat plat *chute* mula-mula adalah 2.700 Kg atau 2.700.000 gram, dalam waktu 110 jam, berat plat *chute* mengalami pengikisan akibat gesekan beban batu bara, sehingga berat plat *chute* menjadi 21040 Kg. Luas pengausan plat *chute* mengikuti luas *chute* yang mana *chute* memiliki luas 210310029,59 mm². Maka perhitungan harga kelajuan keausan menjadi:

$$N = \frac{W_0 - W_1}{t.A}$$

$$N = \frac{2.700.000 - 2.1040.000}{571000 \times 210310029,59}$$

$$N = 3,959 \times 10^{-8} \text{ gram/detik.mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan kelajuan keausan, maka dihasilkan nilai sebesar 3,959 x 10⁻⁸ gram/detik.mm².

Perhitungan Kelajuan Keausan Setelah Modifikasi

Setelah dilakukan modifikasi chute, sisi bagian dalam chute menggunakan material ceramic alumina. Keausan dari ceramic alumina berasal dari pembebanan batu bara mengenai sisi bagian dalam. Perhitungan kelajuan keausan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (11) adalah sebagai berikut:

$$N = \frac{W_0 - W_1}{t.A} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

- W₀ : Berat mula benda uji (gram)
- W₁ : Berat benda akibat Pengausan (gram)
- N : Nilai laju keausan (gram/detik)
- t : Waktu Pengausan (detik)
- A : Luas Pengausan (mm²)

Data menyebutkan bahwa massa keramik mula-mula adalah 3700 Kg atau 3.700.000 gram. Setelah 110 jam, keramik mengalami pengikisan akibat gesekan batubara yang masuk ke *chute*. Hal tersebut membuat massa keramik menjadi 31090 Kg atau 3.1090.000 gram. Luas permukaan pengikisan keramik mengikuti dimensi luas *chute* yaitu 210310029,59 mm². Maka perhitungan laju keausan dari *ceramic alumina* adalah sebagai berikut:

$$N = \frac{W_0 - W_1}{t.A}$$

$$N = \frac{3.700.000 - 3.1090.000}{571000 \times 210310029,59}$$

$$N = 0,10599 \times 10^{-8} \text{ gram/detik.mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan kelajuan keausan, didapatkan nilai sebesar 0,10599 x 10⁻⁸ gram/detik.mm².

Dengan adanya nilai perhitungan keausan sebelum dan setelah dilakukan modifikasi, maka dapat disimpulkan bahwa setelah modifikasi sisi bagian dalam *chute* menghasilkan nilai kelajuan keausan yang lebih kecil dibandingkan sebelum dilakukan modifikasi. Sebelum dilakukan modifikasi menghasilkan nilai kelajuan sebesar $3,959 \times 10^{-8}$ gram/detik.mm², sedangkan setelah modifikasi menghasilkan nilai $0,10599 \times 10^{-8}$ gram/detik.mm².

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa modifikasi dinding *liner chute* menggunakan material *ceramic alumina* yang mana sebelumnya adalah ASTM A36 Steel. Peneliti melakukan beberapa perhitungan kekuatan material, diantaranya sambungan baut, sambungan las, analisis pembebanan secara numerik, dan kelajuan keausan akibat gesekan benda pada dinding. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dihasilkan nilai kekuatan sambungan baut sebesar 4,191 N/mm² yang berarti kategori nilai yang aman, karena nilai tersebut lebih rendah dibandingkan batas nilai tegangan yang diizinkan yaitu 90,9 N/mm²; Kekuatan sambungan las sebesar 226.650 N yang mana dalam kategori aman, karena mendapatkan beban aktual sebesar 4359,996 N yang berasal dari beban batu bara; Simulasi pembebanan menghasilkan nilai yang aman karena nilai *stress* sebesar 0,10108 N/mm² tidak melebihi nilai *yield strength* material sebesar 250 N/mm²; dan perbandingan kelajuan keausan material sebelum dilakukan modifikasi dengan sesudah dilakukan modifikasi secara berturut-turut sebesar $3,959 \times 10^{-8}$ gram/detik.mm² dan $0,10599 \times 10^{-8}$ gram/detik.mm² yang mana hal tersebut berarti setelah modifikasi sisi bagian dalam *chute* menghasilkan nilai kelajuan keausan yang lebih kecil dibandingkan sebelum dilakukan modifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- N. S. Drastiawati, R. Handiwi, J. D. Priambodo, dan Warju, "Proses Normalisasi Axial Load Kiln dan Maintenance Drag Bucket (Pan Conveyor) Untuk Menjamin Kesiapan Operasional Peralatan Produksi Semen," *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, vol. 3, no. 1, hlm. 2623–2464, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/inajet>
- A. Muhazir, Z. Sinaga, dan R. D. Setyadi, "Perencanaan Perawatan Mesin Building Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)," *Jurnal Optimalisasi*, vol. 10, no. 1, hlm. 120–131, Apr 2024.
- A. Santoso, A. R. Marzuki, dan Y. Afrida, "Analisis Keandalan Kinerja Magnet Separator Terhadap Material Logam yang Bersifat Feromagnetik di PT. Bukit Asam Tbk, Unit Pelabuhan Tarahan," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro UML (JITRO-UML)*, vol. 5, no. 1, hlm. 34–40, 2022.
- F. Saputra, S. Tjahyono, dan E. A. Wahid, "Modifikasi Chute dan Skirt Board di L21-BC 3 Untuk Mengurangi Dust Spillage dan Potensi Belt Sobek," dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, 2022, hlm. 1212–1222. [Daring]. Tersedia pada: <http://prosiding.pnj.ac.id>
- I. Putri, S. Ningrum, D. Anggara, dan R. E. Prastyawan, "Analisis Hardfacing HV 800 Sebagai Pengganti CTC 6000 Pada Discharge Chute Dump Hopper," dalam *Proceeding 1 Conference on Welding Engineering and it's Application*, Jakarta: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2023, hlm. 1–5.
- N. Hidayat, I. H. Santi, dan H. Yuana, "Rancang Bangun Prototipe Robot Pembuat Hanger Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 7, no. 5, hlm. 3516–3521, 2023.
- A. Sentana, D. Lazuardi, M. J. Maulidio, dan M. R. Hermawan, "Kaji Eksperimen Manik Las Hasil Proses Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) menggunakan Kawat Las ER 5356 untuk Manufaktur Aditif," *Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, vol. 13, no. 3, hlm. 195–200, 2023.
- B. Saputra, A. J. Kastuarie, dan A. Saputra, "Rancang Bangun Mesin Penggiling Padi," Tugas Akhir, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Bangka Belitung, 2020.
- F. Prima, "Rancang Bangun Mesin Pencuci Jahe Dengan Sistem Rotary Horizontal Kapasitas 20 Kg," Skripsi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Bukittinggi, 2023.
- R. S. Khurmi dan J. K. Gupta, *A text Book of Machine Design*, 1 ed., vol. 1. New Delhi: S. Chand & Company Ltd., 1982.
- Y. Winardi, Fadelan, Munaji, Wisnu, dan W. N. Krisdiantoro, "Pengaruh Elektroda Pengelasan Pada Baja AISI 1045 dan SS 202 Terhadap Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik," *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 8, no. 2, hlm. 86–93, Agu 2020, doi: 10.23887/jptm.v8i2.27772.
- R. L. Mott, *Elemen-elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis, Perancangan Elemen Mesin Terpadu*, 1 ed., vol. 2. Yogyakarta : Andi, 2004.
- E. Bimantoro dan Darmanto, "Analisis Pengaruh Jumlah Alur Terhadap Keausan Pada Kampas Rem," *Momentum*, vol. 18, no. 2, hlm. 151–155, 2022.