

# Reverse Engineering dan Evaluasi Desain pada Komponen V-Plow Conveyor Belt Jenis Bulk Material Handling menggunakan Metode Elemen Hingga

Febriyanto<sup>1\*</sup>, Sally Cahyati<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Teknik Mesin, Universitas Pamulang Kampus Serang  
Jl. Lintas Serang - Jakarta Kampung Malandang Kel. Kelodran Kec. Walantaka, Kota  
Serang, Banten 42183, Indonesia

<sup>2</sup> Teknik Mesin, Universitas Trisakti  
Fakultas Teknologi Industri, Jl. Kyai Tapa No. 1, Grogol Jakarta Barat, Indonesia

\*Corresponding author: [dosen03455@unpam.ac.id](mailto:dosen03455@unpam.ac.id)

## Abstract

This paper discusses reverse engineering and design evaluation of the V-Plow component in conveyor belt systems used for handling bulk materials in the mineral and coal industry. V-Plow functions as a carryback material cleaning tool that can be carried to the bottom of the tail pulley on the conveyor belt. The absence or non-optimality of this tool can cause extreme damage to the tail pulley due to material carryback from the head pulley. This research aims to evaluate and redesign the V-Plow so that it has a more appropriate safety factor compared to the existing design. Design changes also include the addition of springs to improve V-Plow performance. Tests were carried out using SolidWorkss software, and the stress analysis on the belt was calculated physically. The research results show that the existing design has a safety factor that is too large, namely 22.5, which indicates high production costs and over-specification. The redesign succeeded in reducing the safety factor to 6, which is still within safe limits. In accordance with CEMA standards, the optimum tension on the belt is 5 lb/in belt width. By adding a three springs design, the optimal force  $F = 355.67$  N, twisting moment  $M = 11.3$  Nm, torsion spring constant  $K_{torsion} = 28.577$  Nm/rad, and working angle of the torsion spring  $\alpha = 22.63$  degrees. The frame weight has also been reduced from +116 kg to +83 kg (28%) through the new design. This research proves that the V-Plow redesign not only increases efficiency but also reduces production costs, making it a more optimal and economical solution for the mineral and coal industry.

**Keywords:** Carryback, Conveyor Belt, Finite Element Method, Reverse Engineering, V-Plow

## Abstrak

Tulisan ini membahas tentang reverse engineering dan evaluasi desain pada komponen V-Plow dalam sistem conveyor belt yang digunakan untuk penanganan material bulk di industri mineral dan batubara. V-Plow berfungsi sebagai alat pembersih material carryback yang dapat terbawa ke bagian bawah tail pulley pada conveyor belt. Ketidakhadiran atau ketidakefektifan alat ini dapat menyebabkan kerusakan ekstrim pada tail pulley akibat material carryback dari head pulley. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan mendesain ulang V-Plow agar memiliki faktor keamanan (safety factor) yang lebih sesuai dibandingkan desain eksisting. Perubahan desain juga mencakup penambahan pegas untuk meningkatkan kinerja V-Plow. Pengujian dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks, dan analisis penekanan pada belt dihitung secara fisika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain eksisting memiliki faktor keamanan yang terlalu besar yaitu 22,5, yang menandakan biaya produksi yang tinggi dan over spesifikasi. Desain ulang berhasil menurunkan faktor keamanan menjadi 6, yang masih dalam batas aman. Sesuai dengan standar CEMA, penekanan optimum pada belt adalah 5 lb/in belt width. Dengan menambahkan desain tiga buah pegas, didapatkan gaya optimal  $F = 355,67$  N, momen puntir  $M = 11,3$  Nm, konstanta pegas torsi  $K_{torsion} = 28,577$  Nm/rad, dan sudut kerja pegas torsi  $\alpha = 22,63$  derajat. Berat frame juga berhasil dikurangi dari +116 kg menjadi +83 kg (28%) melalui desain baru. Penelitian ini membuktikan bahwa desain ulang V-Plow tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga mengurangi biaya produksi, menjadikannya solusi yang lebih optimal dan ekonomis untuk industri mineral dan batubara.

**Kata kunci:** Carryback, Conveyor Belt, Metode Elemen Hingga, Reverse Engineering, V-Plow

## 1. Pendahuluan

Dalam industri pertambangan dan manufaktur, conveyor belt menjadi elemen penting dalam mendukung operasional yang

efisien [1]. Metode Reverse Engineering (rekayasa balik) sering digunakan untuk meningkatkan kinerja sebuah mesin. Reverse engineering adalah proses analisa

produk yang akan digunakan sebagai parameter dan dalam merancang produk sejenis dengan meningkatkan kinerja produk [2][3].

*Reverse engineering* dan evaluasi desain komponen *conveyor belt* merupakan langkah penting dalam meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem penanganan material curah, khususnya dalam industri mineral dan batubara. Dipasang di sisi atas *return belt* tepat sebelum memasuki *tail pulley*, *V-Plow* atau *tail protection plow* (or *return belt scraper*) menghilangkan material apa pun yang tumpah ke jalur *return*. *V-Plow* berfungsi sebagai alat pembersih material *carryback* yang dapat terbawa ke bagian bawah *tail pulley* pada *conveyor belt*. Ketidakhadiran atau ketidakefektifan alat ini dapat menyebabkan kerusakan ekstrim pada *tail pulley* akibat material *carryback* dari *head pulley*[4]. Dengan demikian, *V-Plow* mencegah material yang tumpah ini terperangkap di antara *belt* dan *tail pulley*. Tergantung pada konfigurasi dan beban konveyor, mungkin disarankan untuk memasang *return belt plows* atau dikenal dengan *V-Plow* untuk melindungi *pulley*. *Scraper* ini biasanya berupa *plow* diagonal atau "*V*"-*plow* yang menggunakan *blade* dari *rubber* atau *uretan* untuk mendorong material yang lepas dari *belt*. Dalam kebanyakan kasus, *plow* berjalan diatas *belt*, dikencangkan pada *belt* baik dengan alat penegang atau hanya dengan beratnya sendiri, bebas melayang ke atas dan ke bawah dengan fluktuasi apa pun dalam perjalanan *belt*. Kedua jenis *plow* pelindung *tail pulley* harus ditempatkan di antara *tail pulley* dan *return idler* pertama, lihat Gambar 1. *Plow* harus diamankan dengan *safety* kabel untuk mencegahnya terbawa ke dalam *pulley* jika *plow* tersebut diturunkan. Pada konveyor *belt* yang bergerak hanya dalam satu arah, *plow*nya bisa berupa *plow* "*V*". Titik "*V*" diarahkan ke *head pulley* sehingga material lepas yang terbawa pada permukaan bagian dalam *belt* dibelokkan dari konveyor oleh sayap *V-plow* [5].

Pendekatan *reverse engineering* memungkinkan untuk mengidentifikasi dan

memperbaiki kelemahan dalam desain eksisting. Metode ini melibatkan pembongkaran produk untuk memahami komponen-komponennya dan kemudian membuat versi baru yang lebih efisien dan ekonomis. Dalam konteks *V-Plow*, *reverse engineering* dapat membantu menemukan solusi desain yang mengurangi material *carryback* dengan lebih efektif, mengurangi keausan pada *conveyor belt*, dan memperpanjang umur operasional sistem.



Gambar 1. Tail Protection V-Plow pada Conveyor Belt jenis Bulk Material Handling

Penelitian ini berfokus pada evaluasi desain *V-Plow* yang ada saat ini dan mengidentifikasi *safety factor* yang lebih sesuai. Studi ini juga mengeksplorasi penambahan komponen pegas untuk meningkatkan kinerja *V-Plow*, memungkinkan alat ini beradaptasi lebih baik dengan perubahan kontur pada *conveyor belt*. Penggunaan *software SolidWorkss* dalam simulasi desain memberikan gambaran rinci mengenai penekanan dan distribusi beban, yang sangat penting dalam memastikan bahwa desain baru tidak hanya efisien tetapi juga aman [6].

Pengujian dimulai dengan melakukan desain pada *v-plow* eksisting, yang selanjutnya dilakukan dengan melihat *safety factor* pada desain eksisting. Standar minimum *safety factor* untuk jenis beban statis, yaitu di angka 1,25 - 2,00 [7]. *Safety factor* yang tinggi ini menunjukkan bahwa desain tersebut terlalu mahal dan berlebihan untuk kebutuhan operasional yang sebenarnya. Sedangkan desain dibawah standar *safety factor* memungkinkan desain tersebut tidak layak untuk digunakan. Dengan menggunakan *SolidWorks* dan metode elemen hingga, analisis kekuatan akan memberikan pemahaman yang mendalam tentang respons *structural* [8]. Selain itu, direncanakan *reverse engineering*

dengan penambahan sistem pegas dalam desain baru memungkinkan *V-Plow* menyesuaikan diri dengan lebih baik terhadap variasi dalam *belt conveyor*. Dengan menggunakan pegas, penelitian ini diharapkan sesuai dengan standar *CEMA* sebesar 5 lb/in *belt width*. Desain baru ini seharusnya juga menunjukkan penurunan berat *frame* karena terdapat beberapa optimasi material yang digunakan.

Metode Elemen Hingga (*MEH*) adalah metode perhitungan yang paling banyak dipakai saat ini untuk menyelesaikan masalah analisis struktur. Metode ini terkandung dalam banyak *software* komersial analisis struktur yang digunakan sehari-hari dalam pekerjaan desain para insinyur dalam bidang teknik sipil, teknik mesin, teknik aeronautika, teknik perkapalan, dan bidang-bidang teknik lainnya [9].

*FEM* bekerja dengan mendiskretisasi domain menjadi elemen-elemen kecil dan mendefinisikan fungsi interpolasi (fungsi bentuk) untuk memodelkan variasi variabel dalam setiap elemen.

Langkah pertama perhitungan *MEH* adalah mendiskretisasi model struktur kontinu menjadi model diskrit. Setelah menjadi model diskrit, langkah-langkah perhitungan selanjutnya mengikuti langkah-langkah perhitungan metode kekakuan langsung (*Direct Stiffness Method*, disingkat *DSM*). Untuk analisis statik linier, langkah-langkah itu adalah sebagai berikut:

1. Menghitung matriks kekakuan dan vektor gaya untuk setiap elemen.
2. Merakit matriks dan vektor itu menjadi matriks kekakuan dan vektor gaya struktur.
3. Mengenakan gaya-gaya terpusat yang bekerja pada titik-titik nodal (ditambahkan pada vektor gaya struktur).
4. Mengenakan kondisi batas esensial (kondisi tumpuan) pada persamaan kekakuan struktur.
5. Menyelesaikan persamaan kekakuan struktur untuk memperoleh vektor perpindahan titik-titik nodal struktur.
6. Menghitung reaksi perletakan dan tegangan atau gaya-gaya dalam struktur[9].

Metode elemen hingga (*finite element*) biasa dipandang sebagai perluasan dari metode perpindahan (untuk struktur rangka) ke masalah kontinum berdimensi dua dan tiga seperti pelat, struktur selaput (*shell*) dan benda pejal. Dalam metode ini, kontinum sebenarnya diganti dengan sebuah struktur ideal ekuivalen yang terdiri dari elemen-elemen unik (*discrete element*). Elemen ini disebut elemen berhingga dan dihubungkan bersama-sama di sejumlah titik simpul. Metode elemen hingga telah digunakan secara luas untuk menyelesaikan berbagai persoalan mekanika dengan geometri yang kompleks [10].

Pada *V-Plow Conveyor Belt*, *FEM* dapat digunakan untuk mengevaluasi distribusi tegangan dan deformasi akibat beban dinamis atau statis pada komponen. Dengan menggunakan pendekatan *FEM*, area dengan konsentrasi tegangan dapat diidentifikasi sehingga desain dapat dievaluasi untuk mengurangi kemungkinan kegagalan material [11].

*FEM* juga memungkinkan simulasi perilaku material *non-linear*, analisis fatik dan optimasi desain. Kombinasi antara metode ini dan pendekatan *reverse engineering* membantu memahami kinerja aktual komponen di lapangan dan memberikan dasar ilmiah untuk perbaikan desain.

Selain perihal simulasi desain dengan *FEM* untuk mendapatkan 3 data nilai diatas yang berkaitan dengan material komponen, juga akan dilakukan perhitungan secara fisika dan matematis untuk mendapatkan beberapa nilai yang diharapkan lebih meningkatkan efektivitas kinerja *v-plow* pada area *conveyor belt*, yaitu akan diberikan 3 buah pegas pada bagian *v-plow*. Beberapa parameter akan digunakan untuk menghitung efektifitas penekanan menggunakan penambahan pegas pada *V-Plow* terhadap *Belt* yaitu :

Perhitungan *Tension* (gaya kerja) sesuai standar *CEMA* [4]

$$T \text{ per plow} = 5 \text{ lbs per inch diameter} \quad (1)$$

$$F = 5 \text{ lb/in} \times \text{belt width} (48 \text{ in})$$

$$F = 240 \text{ lbs}$$

$$F = 1067 N$$

Perhitungan Moment Puntir

$$M = Fxr \quad (2)$$

Perhitungan Konstanta Pegas Torsi

$$K_{torsion} = (d^4 \times E) / (64 \times D \times N_a) \quad (3)$$

Perhitungan Sudut Kerja Pegas Torsi

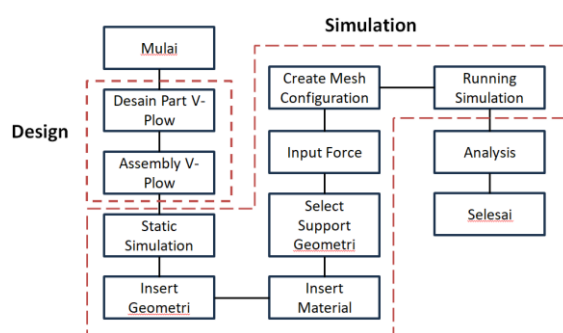
$$M = K_{torsion} \times \alpha \quad (4)$$

$$\alpha = M / K_{torsion}$$

Secara keseluruhan, penelitian ini menyoroti pentingnya *reverse engineering* dalam pengembangan produk, evaluasi dan inovasi dalam desain komponen *conveyor belt* untuk industri mineral dan batubara. Dengan pendekatan *reverse engineering* berbasis metode elemen hingga, *V-Plow* yang lebih efisien dan ekonomis dapat dikembangkan, memberikan manfaat signifikan bagi industri ini dalam hal pengurangan biaya dan peningkatan keandalan operasional.

## 2. Metode Penelitian

Bab ini berisi tentang data-data penting penelitian, peralatan yang digunakan dan lokasi penelitian. Metode penelitian yang digunakan *research & development*. Pengembangan dilakukan dalam beberapa tahapan pada gambar 2 dibawah ini :



Gambar 2. Flow Chart penelitian pada Tail Protection V-Plow

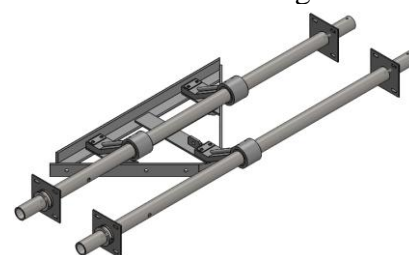
Dilakukan desain *frame V-Plow* dengan *reverse engineering* dari versi desain eksisting. Pengujian dan simulasi untuk mendapatkan beberapa data terkait: *Stress analysis, Displacement, Factor of safety* dan mengembangkan mekanisme *tension* pada sistem *frame V-Plough existing* sesuai dengan standar *CEMA*.

Pembuatan 3D desain dan simulasi dilakukan menggunakan *Software SolidWorks 2022* pada komponen *Frame heavy dut v-plow BW 1200*. Setelah desain 3D dilanjutkan dengan simulasi pengujian maka didapatkan 3 data nilai yaitu *Stress analysis, Displacement, Factor of safety* pada desain eksisting, kemudian akan dilakukan *reverse engineering* untuk mendapatkan desain yang lebih optimal, dan kembali dilakukan simulasi menggunakan *Software SolidWorks 2022* pada desain hasil evaluasi atau desain yang baru. Material yang digunakan pada *V-Plow* terdiri dari 4 material dari 4 komponen utama, yaitu bagian *Holder Fram (SS400), Shaft (Stainless steel A316), Arm bar (Cast Iron)* dan *Frame (SS 400)*. Simulasi statis pada *software* adalah salah satu bentuk penyelesaian metode elemen hingga, dimana Metode Elemen Hingga (MEH) atau *FEM (Finite Element Method)* adalah metode numerik untuk penyelesaian masalah teknik dan fisika matematis, penyelesaian menghasilkan persamaan dari masalah yang dianalisa dalam sistem persamaan serentak yang harus diselesaikan, penyelesaian ini memberikan hasil atau penyelesaian pendekatan dari nilai yang tidak diketahui pada titik tertentu dalam sistem yang kontinyu.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian dimulai dengan membuat desain *3D V-Plow* eksisting, kemudian dilakukan simulasi statis menggunakan *Software SolidWorks 2022* dengan parameter sebagai berikut :

### 1. Desain Geometri Eksisting



Gambar 3. Desain Assembly Heavy Duty Frame V-Plow eksisting

Desain 3D dibuat menggunakan *Software SolidWorks 2022*, sesuai gambar 3

diatas berdasarkan desain drawing eksisting. Dimenasi dan geometri secara keseluruhan dibuat sesuai dengan gambar eksisting.

## 2. Desain Reverse Engineering dan Perhitungan Tekanan Pegas/Spring

Tabel 1. Parameter yang digunakan dalam penyusunan desain pegas

No.	Parameter	Nilai
1.	Standar <i>tension</i> CEMA	5 lbs/in <i>belt width</i>
2.	Tipe <i>spring</i>	<i>Torsion spring</i>
3.	Diameter kawat <i>spring</i> (d)	0.25 in (6,35 mm)
4.	Jarak dari gaya kerja ke <i>center point spring</i> (r)	1.25 in (31,75 mm)
5.	<i>Mean diameter</i> (D)	2 in (44,45 mm)
6.	Material pegas	<i>Carbon steel</i> , <i>Modulus elastisitas</i> (E) 200 Gpa

Perhitungan *Tension* (gaya kerja) sesuai standar CEMA

$$T \text{ per plow} = 5 \text{ lbs per inch diameter}$$

$$F = 5 \text{ lb/in} \times \text{belt width} (48 \text{ in})$$

$$F = 240 \text{ lbs}$$

$$F = 1067 \text{ N}$$

Pada sistem digunakan 3 buah pegas, sehingga  $F = 355,67 \text{ N}$

Perhitungan Moment Puntir

$$M = F \times r$$

$$M = 355,67 \text{ N} \times 31,75 \text{ mm}$$

$$M = 11.292,4 \text{ Nmm}$$

$$M = 11,3 \text{ Nm}$$

Perhitungan Konstanta Pegas Torsi

$$K_{\text{torsion}} = (d^4 \times E) / (64 \times D \times N_a)$$

$$K_{\text{torsion}} = ((6,35 \text{ mm})^4 \times 200 \text{ Gpa}) / (64 \times 44,45 \text{ mm} \times 4)$$

$$K_{\text{torsion}} = 28,577 \text{ Nm/rad}$$

Perhitungan Sudut Kerja Pegas Torsi

$$M = K_{\text{torsion}} \times \alpha$$

$$\alpha = M / K_{\text{torsion}}$$

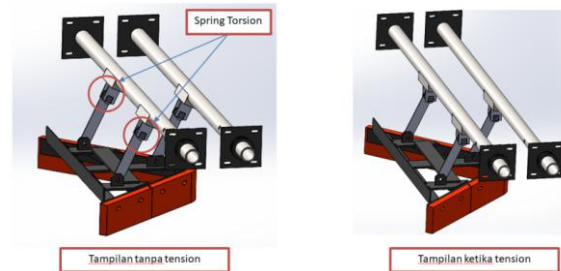
$$\alpha = 11,3 \text{ Nm} / (28,577 \text{ Nm/rad})$$

$$\alpha = 0,395 \text{ rad}$$

$$\alpha = 22,63 \text{ degree}$$

Setelah kebutuhan pegas dihitung, maka *reverse engineering* berupa desain baru yang lebih efektif dilakukan, diharapkan dengan penambahan sistem pegas dalam desain baru memungkinkan *V-Plow* menyesuaikan diri dengan lebih baik terhadap variasi dalam *conveyor belt*. Dengan menggunakan tiga buah pegas sesuai perhitungan diatas, penelitian ini

diharapkan sesuai dengan standar CEMA sebesar 5 *lb/in belt width*. *Reverse engineering* dalam pengembangan produk *V-Plow* ini, dilakukan untuk evaluasi dan inovasi *V-Plow* yang lebih efisien dan ekonomis, memberikan manfaat signifikan bagi industri yang menggunakan *Conveyor Belt* jenis *Bulk Material Handling*.



Gambar 4. Desain Reverse Engineering pada Assembly Heavy Duty Frame V-Plow dengan Pegas

Perubahan desain pada gambar diatas telah disertai dengan penambahan 3 buah pegas atau *spring* untuk memudahkan *tension V-Plow* terhadap perubahan kontur dan gerakan pada *belt*. Gambar sebelah kiri menunjukkan ketika *V-Plow* dalam kondisi tidak *tension* terhadap *belt*, sedangkan gambar sebelah kanan menunjukkan kondisi *V-Plow* yang sedang *tension* terhadap *belt*, simulasi ini adalah kondisi yang lebih ideal dibandingkan ketika *V-Plow* tidak disertai dengan Spring.

## 3. Material Assignment Eksisting dan Reverse Engineering

Material menjadi parameter yang penting pada saat akan melakukan simulasi statis hasil desain 3D. Berikut disampaikan material yang digunakan pada desain *V-Plow* eksisting :

Sebelum melakukan simulasi statis pada software *SolidWorks 2022*, *material assignment* ditentukan sesuai dengan desain eksisting dari *V-Plow BW 1200*. Dimana material yang digunakan dijelaskan pada gambar 5 diatas, yaitu terdiri dari *SS400*, *Cast Iron*, *Cast Carbon Iron*, *AISI 316 Stainless Steel*. Proses pembuatan atau fabrikasi *V-Plow* dilakukan dimulai dari desain, *marking*, *cutting*, *welding*, *assembly*, *painting* dan proses lainnya yang dibutuhkan dalam proses pembuatan produk. Simulasi nantinya dilakukan pada

desain eksisting dan desain *reverse engineering* dengan material yang sama.

Name: SS400 Default failure criterion: Max von Mises Stress Description: SS400 Source: Sustainability: Undefined			Name: Cast Iron Default failure criterion: Max von Mises Stress Description: Cast Iron Source: Sustainability: Undefined		
Property	Value	Units	Property	Value	Units
Elastic Modulus	19000.00256	N/mm <sup>2</sup>	Elastic Modulus	147000	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.3	N/A	Poisson's Ratio	0.3	N/A
Shear Modulus	79000.00256	N/mm <sup>2</sup>	Shear Modulus	58000	N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	7850	kg/m <sup>3</sup>	Mass Density	7150	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	510	N/mm <sup>2</sup>	Tensile Strength	496	N/mm <sup>2</sup>
Compressive Strength		N/mm <sup>2</sup>	Compressive Strength	987	N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	245	N/mm <sup>2</sup>	Yield Strength	426	N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient		/K	Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity	57	W/(m.K)	Thermal Conductivity	50	W/(m.K)
Specific Heat	473	J/(kg.K)	Specific Heat	540	J/(kg.K)
Material Damping Ratio		N/A	Material Damping Ratio		N/A

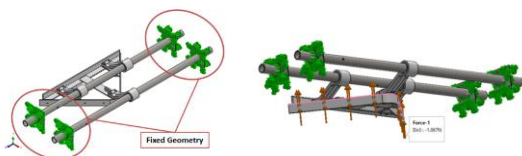
  

Name: Cast Carbon Steel Default failure criterion: Max von Mises Stress Description: Source: Sustainability: Defined			Name: AISI 316 Stainless Steel Sheet (S Default failure criterion: Max von Mises Stress Description: Source: Sustainability: Defined		
Property	Value	Units	Property	Value	Units
Elastic Modulus	200000	N/mm <sup>2</sup>	Elastic Modulus	192995.9914	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.32	N/A	Poisson's Ratio	0.27	N/A
Shear Modulus	76000	N/mm <sup>2</sup>	Shear Modulus		N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	7800	kg/m <sup>3</sup>	Mass Density	8000.000133	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	482.549	N/mm <sup>2</sup>	Tensile Strength	580.0000008	N/mm <sup>2</sup>
Compressive Strength		N/mm <sup>2</sup>	Compressive Strength		N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	248.168	N/mm <sup>2</sup>	Yield Strength	172.3689323	N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient	1.24-05	/K	Thermal Expansion Coefficient	1.64-05	/K
Thermal Conductivity	30	W/(m.K)	Thermal Conductivity	16.3	W/(m.K)
Specific Heat	500	J/(kg.K)	Specific Heat	500	J/(kg.K)
Material Damping Ratio		N/A	Material Damping Ratio		N/A

Gambar 5. Material Assignment pada Desain V-Plow Eksisting dan Reverse Engineering

#### 4. Menentukan Constraint dan Pembebanan

Pada tahap ini, tumpuan acuan beban ditentukan atau dikenal dengan istilah *constraint* berdasarkan desain yang telah dibuat, baik pada desain eksisting ataupun pada desain *reverse engineering*. Dalam simulasi statis, *constraint* dapat berupa *fixed constraint*, *pin constraint* dan juga *friction constraint*. Pada kasus desain ini digunakan *fix constraint*. Selain menentukan titik *fix constraint*, juga dilakukan pembebanan sesuai dengan kondisi aktual, yaitu berupa pembebanan pada *blade* dari V-Plow, pembebanan berupa *Input force: 1067 N*, mengacu pada *CEMA standard* untuk *BW 1200*.



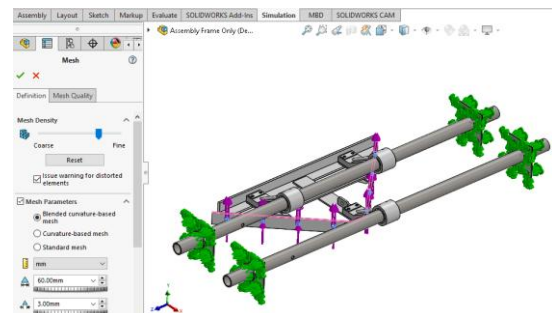
Gambar 6. Fixed Constraint dan Pembebanan pada Desain V-Plow Eksisting dan Reverse Engineering

Berdasarkan gambar 6 diatas, gambar sebelah kiri merupakan titik *fix constraint* atau *fixed geometry*, dimana titik

itulah yang menahan gerakan dalam kondisi *fix* dari pembebanan yang diberikan oleh *Belt*. Sedangkan pada gambar sebelah kanan pada gambar adalah kondisi pembebanan pada *Blade V-Plow* oleh *Belt*, dimana beban *force* yang diberikan adalah 1067 N.

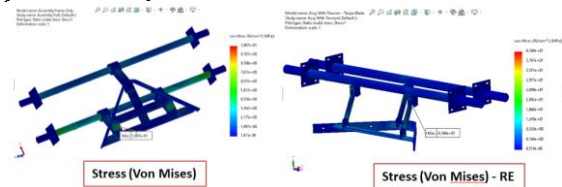
#### 5. Meshing dan Running Program

Langkah lanjutan dari simulasi statis berbasis *FEM (Finite Element Method)* atau Metode Elemen Hingga adalah dengan membuat *system meshing*, dimana untuk memecahkan masalah kekuatan material, *software Solidworks* mengecilkan struktur ukuran material menjadi elemen-elemen yang dikenal dengan istilah *meshing* [12]. Pada simulasi statis ini, digunakan dengan elemen terkecil 3 mm dan elemen terbesar adalah 60 mm.



Gambar 7. Meshing pada Desain V-Plow Eksisting dan Reverse Engineering Von-Mises Stress

Salah satu hasil yang dicari dari simulasi statis pada *Software SolidWorks* adalah hasil tegangan yang merupakan hasil perhitungan tegangan dan regangan pada suatu material. Dimana tegangan mengacu kepada teori *Von Mises*. Pada desain eksisting vs desain *reverse engineering* dari V-Plow didapatkan sebuah hasil tegangan yang berbeda, dikarenakan terdapat perubahan parameter dimensi desain.



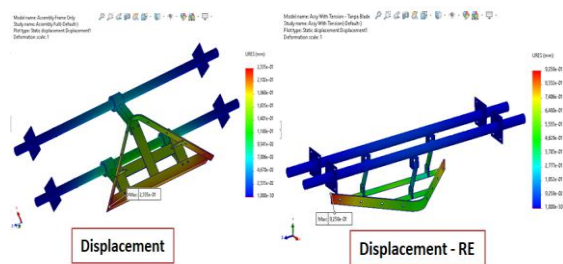
Gambar 8. Hasil Stress of Von Mises pada Desain V-Plow Eksisting vs RE (Reverse Engineering)

Hasil simulasi statis *von mises stress* pada gambar 8 sebelah kiri yaitu desain eksisting menunjukkan analisa tegangan

(*stress*), terdapat beberapa *critical point* pada desain. *Stress* terbesar terletak pada bagian *support hanger frame* dengan *max stress* sebesar 10,87 Mpa, angka *max stress* ini dibawah angka *Yield Strength material SS400*. Sedangkan pada desain sebelah kanan yang merupakan desain hasil *reverse engineering*, didapatkan *stress* terbesar terletak pada komponen *hanger bar* dengan *max stress* sebesar 41,64 Mpa, angka *max stress* ini dibawah angka *Yield Strength material Cast Iron*.

### 6. Displacement

Hasil lainnya dari simulasi statis menggunakan *Software SolidWorks* adalah nilai deformasi atau *displacement*. Nilai ini merupakan angka yang menggambarkan kondisi deformasi yang terjadi, yaitu antara deformasi plastis atau deformasi elastis.



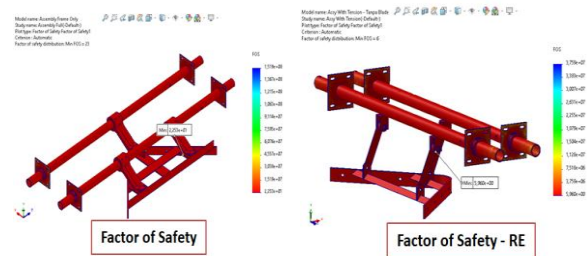
Gambar 9. Hasil *Displacement* pada Desain V-Plow Eksisting vs RE (*Reverse Engineering*)

Hasil simulasi statis *displacement* pada gambar 9 sebelah kiri yaitu desain eksisting menunjukkan analisa *Displacement* terbesar terletak pada *steel angel support* (0,23 mm). Jika mengacu pada spesifikasi material penyusunnya, maka deformasi yang terbentuk adalah deformasi elastis. Sedangkan pada desain sebelah kanan yang merupakan desain hasil *reverse engineering*, didapatkan *Displacement* terbesar juga terletak pada *steel angel support* (0,93 mm). Jika mengacu pada spesifikasi material penyusunnya, maka deformasi yang terbentuk adalah deformasi elastis.

### 7. Safety Factor

Hasil akhir dari kondisi simulasi statis berupa angka *safety factor* atau juga dikenal *factor of safety*, yaitu nilai yang aman dinyatakan oleh hasil simulasi statis pada suatu material atau suatu konstruksi.

Nilai ini muncul dari hasil perbandingan antara besaran tegangan yang diizinkan (*yield strength*) dibagi dengan besar tegangan yang terjadi pada konstruksi atau desain tersebut.



Gambar 10. Hasil *Safety Factor* pada Desain V-Plow Eksisting vs RE (*Reverse Engineering*)

Hasil simulasi statis *safety factor* pada gambar 10 sebelah kiri yaitu desain eksisting menunjukkan analisa *safety factor* berada pada angka 22,5. Hal ini menunjukkan adanya *over design* pada *frame v-plow*. Sedangkan pada desain sebelah kanan yang merupakan desain hasil *reverse engineering*, didapatkan *safety factor* berada pada angka 5,9 . Hal ini menunjukkan adanya *reduce over design*. Nilai *safety factor* diangka 22,5 pada desain eksisting menunjukkan penggunaan material yang *over* spesifikasi, hal ini berdampak pada besarnya biaya pembuatan produk. Nilai *safety factor* yang aman hanya berkisar pada angka 1,25 - 2,00. Sehingga desain hasil *reverse engineering* memiliki nilai *safety factor* yang lebih rendah namun tetap dalam batasan aman, dan hal tersebut menandakan biaya yang lebih ekonomis untuk hasil desain *reverse engineering*.



Gambar 11. Hasil *reduce of frame weight* pada Desain V-Plow Eksisting vs RE (*Reverse Engineering*)

Penurunan juga terjadi pada berat *frame* dari + 116 kg menjadi + 83 kg (28 %), hal ini juga menunjukkan efisiensi penggunaan material dan dimensi desain. Penurunan ini juga memudahkan dalam aspek pemasangan produk, karena berat

diatas 100 kg menyulitkan pada saat pemasangan alat, penurunan sebesar 28% atau menjadi 83 kg menjadikan produk lebih mudah pada saat *handling* dan pemasangan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan beberapa kesimpulan hasil analisa dan simulasi desain eksisting vs desain hasil *reverse engineering* yaitu pembebanan pada *blade* dari *V-Plow*, pembebanan berupa *Input force: 1067 N*, mengacu pada *CEMA standard* untuk *BW 1200* berlaku pada simulasi desain eksisting dan juga pada simulasi desain hasil *reverse engineering*.

Dalam simulasi statis, *constraint* dapat berupa *fixed constraint*, *pin constraint* dan juga *friction constraint*. Pada kasus desain ini digunakan *fix constraint*.

Desain *v-plow existing* memiliki *design engineering* yang terlalu *over design*, ditunjukkan dengan angka *safety factor* yang sangat besar yaitu 22,5. Hal ini menyebabkan *cost* berlebih pada material produksi dan bobot *assembly* yang lebih besar 28%, yaitu total +116kg.

Desain *spring torsion frame v-plow* memungkinkan *frame* bergerak mengikuti kontur permukaan *bottom belt*, pegas torsi yang dirancang disesuaikan sedemikian rupa agar memenuhi standar *tension* yang ditetapkan oleh *CEMA* yaitu 5 lb/in *belt width*. Pada *reverse engineering* ini, digunakan 3 pegas yang dibagi dalam 3 titik desain.

Hasil desain baru berbasis *reverse engineering* menggunakan metode elemen hingga, menghasilkan *design v-plow* yang lebih efektif dalam hal *stress von mises*, *displacement* dan *safety factor*.

#### Referensi

[1] Agung Priyambada; Asmar Finali; Igna Satria Prasetya DY; Mega Lazuardi Umar; Rochmad Eko Prasetyaning Utomo;, "Analysis of the Causes of Damage To Conveyor Belt At Pt Xyz," vol. 6, no. 1, pp.

- 1015–1025, 2024.
- [2] F. J. Daywin and L. Gozali, "MODIFIKASI ALAT SEDUH KOPI MANUAL ROK PRESSO DENGAN MENGGUNAKAN METODE REVERSE ENGINEERING DAN METODE VDI 2221," vol. 1, no. 1, pp. 169–180, 2023.
- [3] S. T. P. Naibaho, S. Harun, and Y. Burhanuddin, "PEMODELAN IMPLAN PENGGANTI TULANG LUTUT (TKR) 3D DENGAN METODE REKAYASA TERBALIK BERBANTUAN PEMINDAI TOMOGRAFI KOMPUTER DAN BOUNDARY SURFACE," vol. 13, no. 01, pp. 28–35, 2024.
- [4] F. Nurrahmat and S. Safaruddin, "Analisa Kerusakan Belt Conveyor Dan Proses Penyambungan Belt Conveyor 23Bc-04 Limestone Raw Mill Di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk.," *J. Multidisipliner Bharasumba*, vol. 1, no. 04, pp. 498–511, 2022, doi: 10.62668/bharasumba.v1i04.287.
- [5] CEMA, *Belt Conveyor for Bulk Materials*, Sixth Edit. CEMA, 2007.
- [6] A. B. Mardika, R. Febritasari, and I. K. A. Widi, "Analisa Pengaruh Kekuatan Material pada Rangka Sepeda Listrik dengan Profil Rectangular Tube terhadap Material Aluminium 6061 dan Baja Aisi 1020 menggunakan Software Ansys Workbench," *J. Mesin Mater. Manufaktur Dan Energi*, vol. xx, no. x, 2022, [Online]. Available: [https://eprints.itn.ac.id/8863/9/jurnalJMMME\\_ajiman.pdf](https://eprints.itn.ac.id/8863/9/jurnalJMMME_ajiman.pdf)
- [7] G. Julio Saputra and D. Romahadi, "Analisis Komparasi Kekuatan Geometri Desain Rusuk Penguat pada Kursi Plastik menggunakan Computer Aided Engineering," *J. Tek. Mesin*, vol. 12, no. 1, 2023, doi: 10.22441/jtm.v12i1.16503.
- [8] Ahmad Saepuddin, Luchyto Chandra Permadi, and Priyo Heru Adiwibowo,

- “Analisis Kekuatan Tabung Gas Lpg Kapasitas 12 Kg Berbahan Cast Carbon Steel Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *Steam Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 24–33, 2023, doi: 10.37304/jptm.v5i1.10963.
- [9] Wong Foek Tjong, *Pengantar Metode Elemen Hingga untuk Analisis Struktur*, 1 Cetakan. Depok, 2021.
- [10] A. Alamsyah, M. D. Arwan, and A. I. Wulandari, “Analisa fatigue life konstruksi geladak pada kapal Landing Craft Tank menggunakan metode elemen hingga,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 1, pp. 77–83, 2021, doi: 10.24127/trb.v10i1.1514.
- [11] Klaus - Jurgen Bathe, *Finite Element Procedures*. USA: Prentice Hall, 1996. doi: 10.1016/B978-0-12-384984-7.00010-5.
- [12] E. Menacho-Mendoza, R. Cedamano-Cuenca, and A. Díaz-Suyo, “Stress analysis and factor of safety in three dental implant systems by finite element analysis,” *Saudi Dent. J.*, vol. 34, no. 7, pp. 579–584, 2022, doi: 10.1016/j.sdentj.2022.08.006.