Ocean Engineering: Jurnal Ilmu Teknik dan Teknologi Maritim
Volume 5, Nomor 3, September 2026
E-ISSN: 2963-5454; p-ISSN: 2963-5012, Hal. 19-29
DOI: https://doi.org/10.58192/ocean.v5i3.5316
Tersedia: https://journal.unimar-amni.ac.id/index.php/ocean

Analisis Kekuatan Rangka Konveyor Pengangkut Sampah pada Sistem Rekayasa Air Menggunakan *Finite Element Analysis*

Fendi Eka Ardinata
Program Studi Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana, Indonesia
Penulis Korespondensi: fendieka83@gmail.com

Abstract. *The accumulation of waste in the Sunter River, particularly at the Pulogadung Pumping Station, can obstruct pump operation and increase the risk of flooding. Conventional cleaning methods using trash barriers and excavators are considered less effective because they often leave residual waste behind. This study aims to design a belt conveyor for waste transportation that is suitable for the operating conditions of the pumping station and to evaluate the structural strength of its supporting frame under the maximum working load. The conveyor was designed using the VDI 2221 design methodology, which covers the stages from planning to detailed design. The structural performance of the conveyor frame was evaluated through Finite Element Analysis (FEA) using SolidWorks simulation software. The frame was modeled using AISI 1020 low-carbon steel and subjected to a static load of 1,000 kg at a conveyor inclination angle of 20°. The selected design has an overall length of 4,458 mm and a 700 mm wide cleated rubber belt driven by a 3 HP three-phase AC motor with a belt speed of 0.5 m/s. The FEA results indicate a maximum von Mises stress of 132.8 MPa, which is well below the yield strength of AISI 1020 steel (351.6 MPa). The maximum displacement was 1.71 mm, while the calculated factor of safety reached 2.6. These results demonstrate that the proposed belt conveyor frame satisfies the structural strength requirements and provides an adequate level of safety, making it a feasible alternative for improving waste transportation at the Pulogadung Pumping Station.*

Keywords: *AISI 1020; Belt Conveyor; FEA; VDI 2221; Waste Transport.*

Abstrak. Penumpukan sampah di Kali Sunter, khususnya pada Rumah Pompa Pulogadung, dapat menghambat kinerja mesin pompa dan meningkatkan risiko banjir. Proses pembersihan yang masih dilakukan secara konvensional menggunakan trash barrier dan ekskavator dinilai kurang efektif karena masih menyisakan residu sampah. Penelitian ini bertujuan merancang *belt conveyor* pengangkut sampah yang sesuai dengan kondisi operasional rumah pompa serta menganalisis kekuatan rangkanya terhadap beban kerja maksimum. Perancangan dilakukan menggunakan metode VDI 2221 yang meliputi tahapan perencanaan hingga perancangan detail, sedangkan analisis kekuatan struktur dilakukan dengan metode *Finite Element Analysis* (FEA) menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*. Rangka conveyor menggunakan material AISI 1020 dengan pembebanan statis sebesar 1.000 kg pada sudut kemiringan 20°. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain terpilih memiliki panjang 4.458 mm, lebar belt 700 mm tipe *cleated rubber*, digerakkan oleh motor AC tiga fasa berdaya 3 HP dengan kecepatan belt 0,5 m/s. Hasil analisis FEA menunjukkan tegangan *von Mises* maksimum sebesar 132,8 MPa, lebih rendah dari tegangan luluh material AISI 1020 sebesar 351,6 MPa. *Displacement* maksimum yang terjadi sebesar 1,71 mm dengan nilai *safety factor* sebesar 2,6. Berdasarkan hasil tersebut, rancangan *belt conveyor* memenuhi kriteria kekuatan struktur dan memiliki tingkat keamanan yang baik, sehingga layak dijadikan sebagai alternatif sistem pengangkutan sampah pada Rumah Pompa Pulogadung.

Kata Kunci: AISI 1020; *Belt Conveyor*; FEA; Pengangkutan Sampah; VDI 2221.

1. LATAR BELAKANG

Sampah yang menumpuk di aliran sungai menjadi salah satu penyebab terganggunya sistem drainase perkotaan dan meningkatkan risiko banjir. Salah satu lokasi yang mengalami permasalahan tersebut adalah Rumah Pompa Pulogadung di Kali Sunter, DKI Jakarta. Sampah yang terbawa aliran sungai dapat menumpuk di sekitar rumah pompa sehingga menghambat proses penyedotan air, terutama saat debit air meningkat. Oleh karena itu, diperlukan sistem

Naskah Masuk: 16 Mei 2026; Revisi: 30 Juni 2026; Diterima: 30 Juli 2026; Terbit: 01 September 2026

pengangkutan sampah yang mampu membantu proses pembersihan secara lebih efektif dan menjaga kinerja rumah pompa.

Konveyor merupakan salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mengangkut sampah dari aliran sungai menuju tempat penampungan. Namun, rangka konveyor harus memiliki kekuatan yang memadai agar mampu menahan beban operasional secara aman. Kegagalan struktur dapat menyebabkan kerusakan peralatan, mengurangi keandalan sistem, serta meningkatkan biaya perawatan. Oleh karena itu, analisis kekuatan struktur menjadi tahapan penting sebelum proses manufaktur.

Finite Element Analysis (FEA) merupakan metode numerik yang banyak digunakan untuk mengevaluasi respons struktur terhadap pembebanan, seperti distribusi tegangan, perpindahan (*displacement*), dan faktor keamanan (*safety factor*). Dengan simulasi FEA, potensi kegagalan struktur dapat diidentifikasi sejak tahap desain sehingga kebutuhan pengujian fisik dapat diminimalkan.

Penelitian ini bertujuan menganalisis kekuatan rangka konveyor pengangkut sampah menggunakan simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) pada perangkat lunak SolidWorks. Hasil analisis berupa nilai *von Mises stress*, *displacement*, dan *safety factor* digunakan untuk mengevaluasi kelayakan struktur rangka konveyor sebagai sistem pengangkut sampah pada Rumah Pompa Pulogadung.

2. KAJIAN TEORITIS

Sampah

Pengertian sampah menurut *World Health Organization* (WHO) adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari aktivitas manusia dan tidak terjadi secara alami.Menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008, sampah merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia dengan volume dan konsentrasi tertentu sehingga memerlukan pengolahan secara khusus (Asmi Malina, 2017).

Mesin Pemindah Bahan

Mesin pemindah bahan (*material handling equipment*) adalah alat yang digunakan untuk memindahkan material dari satu tempat ke tempat lainnya dalam jarak yang relatif dekat (Soufi et al., 2021). Mesin ini dapat bergerak secara horizontal, vertikal, maupun kombinasi keduanya. Mesin pemindah bahan umumya digunakan untuk proses pemindahan dalam area terbatas, berbeda dengan alat transportasi yang digunakan untuk jarak jauh.

Konveyor

Konveyor merupakan alat angkut sederhana yang banyak digunakan dalam dunia industri, baik di perusahaan maupun di pergudangan (Zeng et al. 2020). Konveyor berfungsi untuk mempermudah proses pemindahan dan penyimpanan material secara efisien. *Belt* merupakan bagian utama konveyor yang berfungsi sebagai media pembawa material sepanjang lintasan secara terus menerus. Komponen ini sering mengalami kerusakan karena bersentuhan langsung dengan material yang diangkut.

Rumah Pompa

Pompa merupakan salah satu mesin fluida yang termasuk dalam golongan mesin kerja. Pompa berfungsi untuk mengubah energi mekanis (putaran poros) menjadi energi fluida berupa tekanan. Rumah Pompa adalah bangunan yang digunakan sebagai tempat instalasi pompa untuk memindahkan atau menaikkan debit air serta mengatur jumlah air yang dialirkan. Dalam mengatasi permasalahan banjir, salah satu solusi yang diterapkan adalah pembangunan rumah pompa yang diharapkan mampu mengurangi volume genangan air di suatu wilayah (Alinti, 2016).

Analisis Elemen Hingga

Analisis elemen hingga atau *Finite Element Analysis* merupakan metode yang digunakan untuk memprediksi respons suatu produk atau struktur terhadap berbagai pengaruh fisik seperti gaya, getaran, aliran fluida, dan panas. Agar hasil simulasi mendekati kondisi aktual, analisis FEA memerlukan beberapa parameter, antara lain sifat material, kondisi batas (*boundary condition*), serta pembebanan (*loading*). Pembebanan dalam analisis FEA menentukan besarnya gaya yang bekerja pada struktur.

SolidWorks

SolidWorks merupakan perangkat lunak CAD 3D yang digunakan untuk membuat *part, assembly,* dan *drawing*. Dalam pengunaannya, proses kerja biasanya dimulai dari pembuatan sketsa (*sketch*), kemudian dikembangkan menjadi model 3D (*part*), dilanjutkan dengan proses perakitan (*assembly*), dan diakhiri dengan pembuatan gambar teknik (*drawing*) (Abraham et al. 2022).

Menurut Kurniawan et al. (2022), analisis ini digunakan untuk menghitung beberapa parameter penting dalam evaluasi struktur, yaitu tegangan Von Mises, perpindahan (displacement), deformasi (deformation), dan faktor keamanan (safety factor). Tegangan Von Mises merupakan tegangan ekuivalen yang digunakan untuk mengetahui kondisi material apakah telah mendekati batas luluh atau belum. Sementara itu, perpindahan (displacement)

merupakan besaran yang menunjukkan perubahan posisi suatu titik pada struktur dari kondisi awal sebelum diberikan beban hingga kondisi akhir setelah menerima beban.

Deformasi (deformation) menggambarkan perubahan bentuk atau dimensi suatu struktur, seperti memanjang, memendek, melengkung, atau mengalami puntiran akibat adanya gaya eksternal. Selain itu, faktor keamanan (safety factor) digunakan untuk mengetahui tingkat keamanan suatu komponen terhadap beban kerja yang diterima. Secara umum, nilai safety factor lebih besar dari 1 menunjukkan bahwa komponen berada dalam kondisi aman, nilai sama dengan 1 menunjukkan kondisi tepat pada batas kekuatan material, sedangkan nilai kurang dari 1 menunjukkan bahwa komponen berada dalam kondisi tidak aman.

Safety Factor menunjukkan perbandingan antara kekuatan material dengan tegangan maksimum yang terjadi pada struktur. Nilai *safety factor* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_{vm}} \quad (2.5) \ldots\ldots (i)$$

di mana:

SF = *Safety Factor* (faktor keamanan)

σ_y = Tegangan luluh material (*yield strength*) (MPa)

σ_{vm} = Tegangan *Von Mises* maksimum (MPa)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian numerik yang menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) untuk menganalisis kekuatan rangka konveyor pengangkut sampah pada Rumah Pompa Pulogadung. Model tiga dimensi rangka konveyor dibuat menggunakan SolidWorks 2024, kemudian dianalisis dengan modul SolidWorks Simulation melalui simulasi statik. Material rangka yang digunakan adalah Aluminium 7075-T6 sesuai dengan spesifikasi desain. Tahapan penelitian meliputi pemodelan geometri, penentuan sifat material, pemberian kondisi batas (*boundary conditions*), pembebanan, proses *meshing*, serta simulasi untuk memperoleh respons struktur.

Analisis dilakukan terhadap distribusi *von Mises stress*, *displacement*, dan *safety factor* untuk mengevaluasi kemampuan rangka dalam menahan beban kerja. Hasil simulasi kemudian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan nilai tegangan maksimum terhadap kekuatan luluh (*yield strength*) material guna menentukan tingkat keamanan dan kelayakan struktur rangka konveyor.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Visualisasi Desain Terpilih

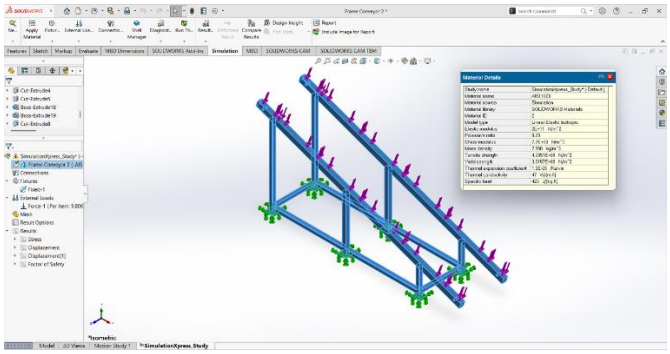
Tahap perancangan wujud (*embodiment design*) merupakan langkah lanjutan untuk mengaplikasikan pemilihan konsep pada bab sebelumnya kemudian diwujudkan menjadi model geometri 3 dimensi yang sudah dirancang menggunakan aplikasi perangkat lunak *solidworks.* Gambar 1 menunjukkan bentuk 3 dimensi dari konveyor pengangkut sampah yang akan dianalisis.



Gambar 1. Bentuk 3D Desain Terpilih.

Analisis Kekuatan Struktur Rangka Utama

Rangka utama (*main frame*) merupakan penopang yang berfungsi untuk menahan seluruh beban statis (berat komponen) dan beban dinamis (saat sabuk dan material bergerak). Analisis dilakukan berdasarkan metode *Finite Element Analysis* (FEA) untuk mengetahui distribusi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan struktur. Gambar 2 menunjukkan material yang akan digunakan sebagai rangka utama konveyor.



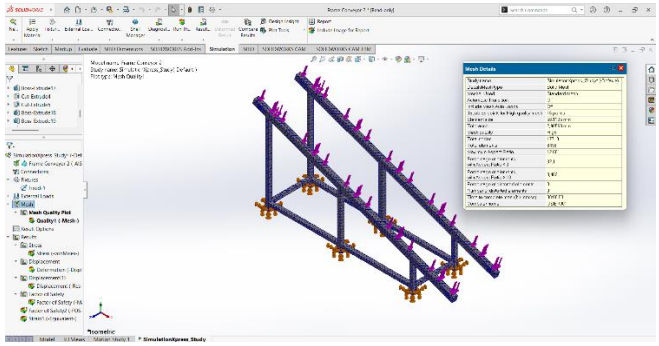
Gambar 2. Material AISI 1020 Sebagai Rangka Utama.

Simulasi pada model *Frame Conveyor* menggunakan material baja karbon rendah AISI 1020 dengan asumsi *linear elastic isotropic*. Material ini dipilih karena memiliki kombinasi kekuatan dan kekakuan yang baik serta mudah difabrikasi. Nilai *yield strength* sebesar 351,57 MPa menjadi batas agar struktur tidak mengalami deformasi permanen, sedangkan *tensile strength* sebesar 420,51 MPa menunjukkan batas maksimum sebelum patah. Modulus

elastisitas sebesar 200 GPa memberikan kekakuan yang memadai terhadap lendutan, dan massa jenis 7.900 kg/m³ digunakan untuk memperhitungkan beban sendiri rangka dalam simulasi.

Analisis *Meshing* Pada Struktur Rangka Utama

Proses *meshing* berpengaruh langsung terhadap akurasi hasil simulasi, karena ukuran elemen yang lebih kecil akan menghasilkan hasil yang lebih presisi namun membutuhkan waktu komputasi lebih besar. Analisis *meshing* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Hasil Meshing Saat Simulasi.

Berdasarkan hasil simulasi pada model *Frame Conveyor*, proses *meshing* menggunakan metode *Solid Mesh* standar dengan ukuran elemen 58,1135 mm dan toleransi 2,90568 mm serta kualitas tinggi (*High*) dengan 16 titik *Jacobian*, sehingga mampu mengikuti bentuk geometri dengan baik. Proses ini berlangsung cepat, hanya sekitar 4 detik, dan menghasilkan 17.710 *nodes* serta 8.438 elemen. Dari segi kualitas, *mesh* tergolong sangat baik karena 87,1% elemen memiliki *Aspect Ratio* di bawah 3 yang menunjukkan bentuk elemen proporsional, sementara hanya 0,462% elemen yang memiliki nilai di atas 10 (dengan nilai maksimal 12,601). Selain itu, tidak terdapat elemen terdistorsi (0%), sehingga *mesh* dinilai stabil dan layak digunakan untuk analisis *Finite Element Analysis* (FEA).

Pengujian Dengan Pembebanan Sebesar 10.000 kg (10 Ton)

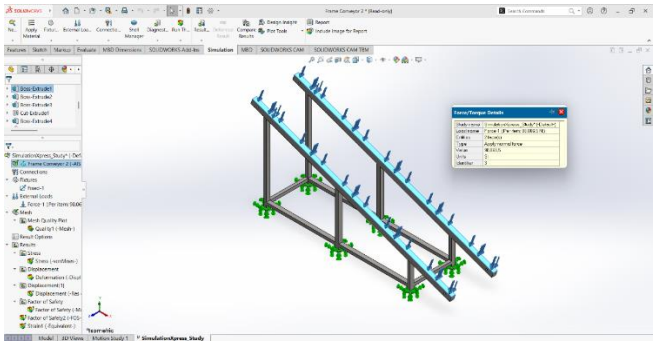
Simulasi tegangan statis ini dilakukan dengan mengaplikasikan beban uji sebesar 10.000 kg atau 10 ton. Besaran angka ini dipakai sebagai gambaran beban dari sampah, lumpur, atau material lainnya yang terangkut.

Dengan menggunakan Persamaan berikut, beban sebesar 10 ton dikonversi menjadi newton dan dapat dihitung sebagai berikut.

$$F = 10\,000 \times 9{,}80665$$

$$F = 98\,066{,}5\ \text{N}$$

Beban 10 ton dikonversi menjadi gaya sebesar 98.066,5 N dan diaplikasikan pada titik tumpuan rangka. Gambar 4 menunjukkan beban yang diberikan sebesar 98.066,5 N atau 10 ton.

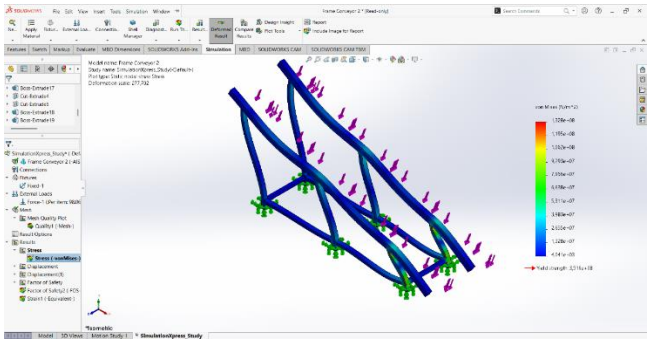


Gambar 4. Pembebanan Sebesar 10 Ton Pada Rangka Utama.

Dalam simulasi, gaya tersebut didistribusikan secara merata dan tegak lurus pada dua permukaan tumpuan atas yang ditunjukkan pada panah berwarna biru tua dan permukaan berwarna biru sebagai titik kontak utama penopang konveyor.

Analisis Tegangan Maksimum *(Von Mises Stress)*

Pengujian yang pertama dilakukan yaitu *von mises* yang bertujuan untuk mengetahui titik paling kritis dari struktur rangka akibat beban yang diterima sebesar 10 ton, serta memastikan tegangan yang terjadi tidak melampaui batas luluh material *(yield strength)*. Distribusi tegangan pada struktur rangka akibat beban statis ditunjukkan pada Gambar 5.

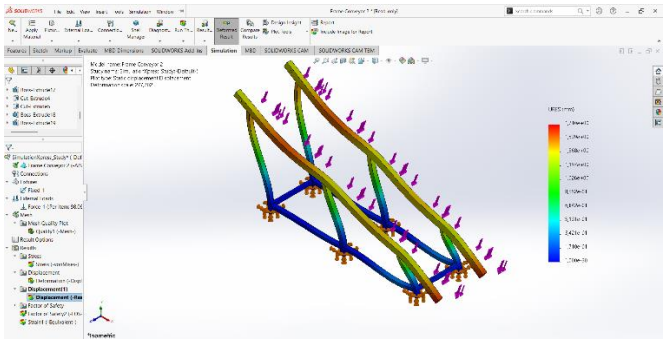


Gambar 5. Distribusi Tegangan *Von Mises* Pembebanan 10 Ton.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa rangka dengan material AISI 1020 memiliki batas luluh sebesar $3{,}516 \times 10^8$ N/m² (351,6 MPa). Pada pembebanan 10 ton, tegangan maksimum (von Mises) yang terjadi adalah $1{,}328 \times 10^8$ N/m² (132,8 MPa). Nilai ini masih jauh di bawah batas luluh material, sehingga struktur rangka dinyatakan aman dan tidak mengalami deformasi permanen maupun kegagalan struktural saat menerima beban kerja.

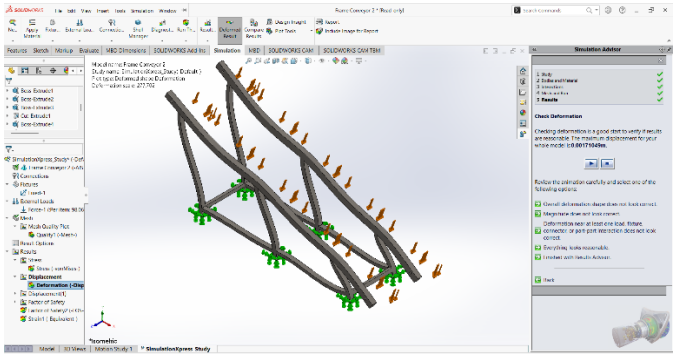
Analisis Perpindahan (*Displacement*) dan Deformasi (*Deformation*)

Setelah nilai tegangan ditentukan, pemberian beban sebesar 10 ton pada rangka akan membuat struktur baja akan melengkung (deformasi). Perlu dipastikan agar lengkungan ini tidak terlalu besar agar saat beroperasi sabuk tidak miring atau keluar dari jalurnya. Hasil pembacaan dari perpindahan dan perubahan bentuk dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Nilai *Displacement* Rangka Utama dengan Beban 10 Ton.

Hasil analisis *displacement* menunjukkan bahwa lendutan maksimum (warna merah) pada rangka konveyor akibat beban 10 ton adalah sebesar 1,71 mm ($1{,}710 \times 10^{-1}$ mm), yang terjadi pada batang profil miring penopang lintasan atas. Sementara itu, lendutan minimum (warna biru tua) sebesar 0 mm ($1{,}000 \times 10^{-30}$ mm) terjadi pada bagian kaki rangka yang berfungsi sebagai tumpuan tetap (*fixed geometry*).

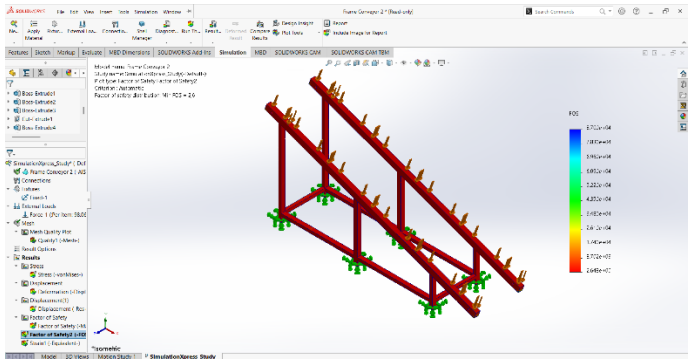


Gambar 7. Bentuk Lengkungan atau Deformasi Pada Rangka.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa deformasi maksimum yang terjadi pada struktur rangka adalah sebesar 0,00171049 m (1,71 mm). Lendutan ini terjadi pada bagian tengah rangka dan mengikuti arah pembebanan vertikal ke bawah. Visualisasi deformasi diperbesar sebesar 277,702 kali untuk memudahkan pengamatan. Nilai deformasi yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa struktur memiliki kekakuan yang baik dan masih dalam batas aman.

Analisis Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Langkah terakhir dari simulasi pembebanan struktur adalah penentuan nilai *safety factor.* Analisis ini bertujuan untuk memastikan bahwa rancangan terhindar dari risiko kegagalan seperti deformasi atau patah saat menerima beban. *Safety factor* dari hasil simulasi pembebanan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. *Safety Factor* pada Rangka Utama.

Nilai *safety factor* diperoleh dari perbandingan antara tegangan luluh (*yield strength*) material dengan tegangan kerja maksimum (*von Mises stress*) yang terjadi pada struktur. Semakin besar nilai *safety factor*, maka semakin besar pula kemampuan struktur dalam menahan pembebanan tanpa mengalami kegagalan.

Material rangka *belt conveyor* pada penelitian ini menggunakan baja AISI 1020 yang memiliki nilai *yield strength* sebesar 351,6 MPa. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *SolidWorks Simulation*, diperoleh tegangan *Von Mises* maksimum sebesar 132,8 MPa. Dengan menggunakan Persamaan (2.5), nilai *safety factor* dapat dihitung sebagai berikut.

$$SF = \frac{351,6}{132,8}$$

$$SF = 2,65$$

Hasil perhitungan manual menunjukkan nilai *safety factor* sebesar 2,65, sedangkan hasil simulasi *SolidWorks* menunjukkan nilai minimum *factor of safety* sebesar 2,6. Dengan demikian, hasil perhitungan manual memiliki kesesuaian dengan hasil simulasi perangkat lunak.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, perhitungan, dan analisis menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA), maka dapat disimpulkan sebagai berikut. Hasil analisis struktur menggunakan FEA menunjukkan bahwa rangka utama yang menggunakan material AISI 1020 mampu menahan beban maksimum sebesar 10.000 kg (98.066,5 N). Tegangan *von Mises* maksimum yang diperoleh sebesar 132,8 MPa, masih berada di bawah tegangan luluh material sebesar 351,6 MPa. *Displacement* maksimum sebesar 1,71 mm terjadi pada batang penopang lintasan atas, sedangkan nilai *safety factor* sebesar 2,6 menunjukkan bahwa rangka memiliki nilai yang aman dan layak digunakan sebagai struktur belt conveyor pengangkut sampah.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut: a.) Pada proses fabrikasi, kualitas sambungan las pada batang penopang lintasan atas dan titik tumpuan utama perlu diperhatikan karena bagian tersebut mengalami tegangan dan *displacement* terbesar berdasarkan hasil analisis FEA; b.) Mengingat konveyor akan beroperasi pada lingkungan yang lembap, rangka berbahan AISI 1020 disarankan diberi lapisan pelindung, seperti cat antikarat atau pelapisan galvanis, untuk mengurangi risiko korosi dan memperpanjang umur pakai struktur; c.) Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan analisis dengan menambahkan simulasi getaran (*vibration analysis*) dan kelelahan material (*fatigue analysis*) untuk mengevaluasi respons struktur serta memperkirakan umur pakai konveyor pada kondisi operasi berulang.

DAFTAR PUSTAKA

Adin, A. A. S. (2025). Design of conveyor using finite element method and finite element analysis. *JTTM: Jurnal Terapan Teknik Mesin, 6*(2), 252–259. https://doi.org/10.37373/jttm.v6i2.1633

Aranda, I. (2024). Disain dan analisa rangka *belt conveyor* pemilah manual kapasitas 8 ton m³/jam. *Jurnal Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, 5*(2), 82–90. https://doi.org/10.32493/jipt.v5i2.40077

Chu, C. H., & Kao, E. T. (2020). A comparative study of design evaluation with virtual prototypes versus a physical product. *Applied Sciences, 10*(14), Article 4723. https://doi.org/10.3390/app10144723

Conveyor Equipment Manufacturers Association. (2020). *Belt conveyors for bulk materials* (7th ed.). CEMA.

Elfajry, A. E., Nurhaji, S., & Abdillah, H. (2024). Perancangan *incline belt conveyor* dengan beban maksimal 150 kg pada PT. Mustika Agung Teknik. *Motor Bakar: Jurnal Teknik Mesin, 8*(1), 35–42. https://doi.org/10.31000/mbjtm.v8i1.10988

Hunde, B. R., & Woldeyohannes, A. D. (2022). Future prospects of computer-aided design (*CAD*): A review from the perspective of artificial intelligence (*AI*), extended reality, and 3D printing. *Results in Engineering, 14*, Article 100478. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100478

Irwan, H., Fattah, M. R., Tarigan, R. D. G., Aritonang, F. M. S., & Sumarya, E. (2025). Application of the VDI 2221 method in the design of 3D printer machines utilizing additive manufacturing technology. *OPSI, 18*(1), 126–135. https://doi.org/10.31315/opsi.v18i1.13477

Kristiawan, T., Setiyawan, T., & Yanuar, P. (2023). Analisa penggunaan *support frame* lama pada desain baru *screw conveyor machine* menggunakan metode elemen hingga. *Jurnal Mesin Nusantara, 6*(1), 50–61. https://doi.org/10.29407/jmn.v6i1.18847

Kurniawan, R. N. A., Romahadi, D., Fitri, M., & Karim, M. R. (2023). Implementation of the finite element method in SolidWorks to optimize the front cast wheel design for

motorcycles. *International Journal of Innovation in Mechanical Engineering and Advanced Materials*, *4*(3), 66–73. https://doi.org/10.22441/ijimeam.v4i3.18794

Muzakky, M. K. (2020). Design of *belt conveyor* to increase the efficiency of finishing good product transfer from Warehouse 1 to Warehouse 2 in PT XY. *Transmisi*, *15*(2), 400–405. https://doi.org/10.26905/jtmt.v15i2.4767

Ruiz, C. G. R., Cardeña, M. A. T., & Fonfría, J. J. J. de C. (2020). Design and analysis of an automatic shell cracking machine of metohuayo (*Caryodendron orinocense* Karst) with a capacity of 50 kg/h. *Agriculture*, *10*(11), Article 537. https://doi.org/10.3390/agriculture10110537

Soufi, Z., David, P., & Yahouni, Z. (2021). A methodology for the selection of material handling equipment in manufacturing systems. *IFAC-PapersOnLine*, *54*(1), 122–127. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.193

Tzotzis, A., García-Hernández, C., Huertas-Talón, J. L., & Kyratsis, P. (2020). CAD-based automated design of FEA-ready cutting tools. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, *4*(4), Article 104. https://doi.org/10.3390/jmmp4040104

Wahyudianti, N. C., Purnama, D., & Nugroho, R. (2023). Modifikasi sistem penggerak *belt conveyor* T92-BC1. *Jurnal Mekanik Terapan*, *4*(1), 33–43.

Zeng, F., Yan, C., Wu, Q., & Wang, T. (2020). Dynamic behaviour of a conveyor belt considering non-uniform bulk material distribution for speed control. *Applied Sciences*, *10*(13), Article 4436. https://doi.org/10.3390/app10134436