

Perancangan Semi Automatic Material Handling and Feeding Machine pada Industri Pembuatan Baut

Widya Prapti Pratiwi¹, Bustami Ibrahim², dan Mohammad Haryst Daryaly¹

¹Prodi Teknik Rekayasa Perancangan Manufaktur, Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung, Bandung, Indonesia

²Prodi Rekayasa Perancangan Mekanik, Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung, Bandung, Indonesia

widyapp@de.polman-bandung.ac.id, bustami@de.polman-bandung.ac.id, harystdaryaly@gmail.com

Abstrak

Industri manufaktur dan konstruksi di Indonesia menyumbang persentase kecelakaan kerja tertinggi yaitu 63,6%. Salah satu jenis kecelakaan kerja yang umum terjadi adalah terjepit dan tergores. Kedua jenis kecelakaan tersebut berisiko terjadi pada proses *material handling* dan pemotongan benda. Upaya untuk meminimalisir risiko kecelakaan tersebut berdasarkan hirarki pengendalian risiko adalah dengan mensubstitusi mesin atau proses yang kurang aman dengan mesin atau proses yang lebih aman. Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan mesin semi otomatis untuk *material handling* dan *feeding system*, menggantikan proses manual yang digunakan saat ini di industri terkait. Rancangan mesin yang dihasilkan tidak hanya dapat meminimalisir risiko keamanan tetapi juga meningkatkan efisiensi produksi. Proses perancangan dilakukan menggunakan metode VDI 2222 meliputi tahap merencana, mengonsep, merancang, dan melakukan penyelesaian desain. Metode VDI 2225 digunakan untuk menentukan konsep rancangan terpilih yang paling optimal secara teknis dan ekonomi. Analisis kekuatan rangka mesin untuk memastikan rangka dapat menopang mesin sehingga mesin dapat beroperasi dengan aman, dilakukan menggunakan *software Solidworks*. Penelitian ini menghasilkan rancangan *semi-automatic material handling and feeding machine* menggunakan *roller conveyor*. Mesin hasil rancangan ini mampu beroperasi dengan lebih efisien yaitu sebesar 72% dibandingkan dengan proses sebelumnya. Mesin hasil rancangan juga mampu meningkatkan kapasitas produksi sebesar 29,75%.

Kata kunci: perancangan, *roller conveyor*, VDI 2222, penanganan material

Abstract

The manufacturing and construction industry in Indonesia accounts for the highest rate of work accidents for approximately 63,6%. The most common accidents that occur are being pinched and scratched. Both types occur most frequently during material handling and cutting activity. In order to minimize any risks in accordance with the risk control hierarchy, is to substitute the less safe machine or process with the safer one. The objection of this research is designing a semi-automatic machine for material handling and feeding system process, replacing the existing manual process. The designed machine is not only minimize the safety risk but also increase production efficiency. The design process is carried out using the VDI 2222 method: planning, conceptualizing, designing, and finishing the design. The VDI 2225 method is used to determine the most optimal design concept in perspective of technical and economic aspect. Strength analysis is carried out using Solidworks to ensure the frame can support the machine safely. The results of the design process is a semi-automatic material handling and feeding machine using the roller conveyor which able to operate 72% more efficiently compared to the existing process. The designed machine is also able to increase production capacity by 29,75%.

Keywords: design, roller conveyor, VDI 2222, material handling

1. Pendahuluan

Jumlah kasus kecelakaan kerja di Indonesia meningkat sebesar 5,6% dari tahun 2020 hingga tahun 2021 (Naurah, 2023). Laporan dari BPJS Ketenagakerjaan bahkan menyebutkan bahwa kasus kecelakaan kerja pada semester pertama 2024 mencapai lebih dari 160 ribu kasus (Indonesia Safety Center, 2024). Secara lebih rinci, BPJS Ketenagakerjaan melaporkan persentase terbesar, yaitu 20% merupakan kecelakaan kerja di sektor manufaktur (Indonesia Safety Center, 2024). Risiko kecelakaan yang umum terjadi adalah terjepit, tertimpa, terpotong, dan

tersengat listrik. Kecelakaan kerja tidak hanya merugikan pekerja terkait, tetapi juga perusahaan secara umum. Kerugian tersebut antara lain produktivitas kerja yang turun akibat *downtime* karena kecelakaan kerja (Khoerularifudin, 2022) dan pengeluaran biaya penanganan kecelakaan kerja (Lazuardi et al., 2022). Berdasarkan Standar ISO45001 tentang Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja, terdapat lima kegiatan pengendalian risiko sesuai dengan hirarki pengendalian risiko: eliminasi, substitusi, perencanaan, administrasi,

Info Makalah:

Dikirim : 12-05-24;
Revisi 1 : 03-11-25;
Revisi 2 : 04-14-25;
Diterima : 04-17-25.

Penulis Korespondensi:

Telp : -
e-mail : widyapp@de.polman-bandung.ac.id

dan alat pelindung diri (APD) (ISO T/C 298 Occupational Health and Safety Management, 2018). Salah satu kegiatan dalam hirarki tersebut adalah substitusi, yaitu mengganti alat atau proses yang kurang aman menjadi alat atau proses yang lebih aman (Aruan & Singgih, 2021).

Pada industri pembuatan baut yang menjadi objek penelitian ini, proses produksi terdiri atas 5 (lima) tahap: pemotongan, pemanasan, *forging*, *CNC machining*, dan pembuatan ulir. Tahap pemotongan terdiri dari proses penempat material dan pemotongan oleh *bandsaw*. Tahap pemotongan masih dilakukan secara manual oleh operator. Kondisi ini menimbulkan risiko kecelakaan berupa terjepit dan teriris dalam prosesnya. Oleh karena itu, langkah yang akan dilakukan untuk meminimalisir risiko kecelakaan kerja, yakni dengan substitusi proses pemindah dan penempatan material menuju mesin pemotong yang semula dikerjakan secara manual menjadi semi otomatis.

Perancangan sistem pemindah dan penanganan material semi otomatis telah dilakukan pada beberapa penelitian terdahulu. Konveyor dirancang untuk meningkatkan efisiensi pekerjaan manusia dan meningkatkan keergonomian operator saat bekerja (Al Ayyubi & Sidik, 2020). Sistem pengangkut dan penanganan material semi otomatis banyak dimanfaatkan dalam berbagai sektor. Pada sektor pertanian dan peternakan, penanganan material menggunakan *roller conveyor* digunakan untuk menangani hasil pertanian dan peternakan berupa jeruk (Luthdin & Wilujeng, 2023), kentang (Agil & Sunaryo, 2022), dan telur (Siahaan et al., 2022). Pada industri perkebunan, *belt conveyor* digunakan sebagai alat penanganan material berupa karet dengan kapasitas 6 ton/jam (Silaen & Chaidir, 2021). *Belt conveyor* juga digunakan pada industri perdagangan untuk menangani peti kemas dengan kapasitas 150 ton/jam (Garside et al., 2019).

Konveyor juga dimanfaatkan pada sektor industri manufaktur untuk menangani dan mengangkut material dari satu proses menuju proses manufaktur berikutnya. Penelitian yang dilakukan oleh Rohman, et.al (Rohman et al., 2021) merancang *conveyor* pada industri manufaktur kanal C untuk mengangkut kanal C yang telah dibentuk menuju mesin *auto-stacking*. Alat pengangkut tersebut digerakkan oleh motor listrik dengan kapasitas angkut 900 kg kanal C berbahan galvalume. Penelitian yang dilakukan oleh Pramono, et.al (Pramono et al., 2022) merancang alat *packing* pipa baja otomatis menggunakan *gravity roller conveyor* dan *belt conveyor* yang digerakkan oleh motor listrik.

Perkembangan perancangan konveyor sebagai alat pemindah dan penanganan material telah dilakukan oleh beberapa penelitian. Perkembangan penelitian lanjutan tersebut meliputi penambahan sistem otomasi dan optimasi desain konveyor. Ariwibowo, et.al (Ariwibowo et al., 2021) merancang konveyor semi otomatis yang dilengkapi dengan *proximity sensor* untuk keperluan pengamplasan kayu. Sementara itu, Cronin, et.al (Cronin et al., 2021) merancang konveyor yang diintegrasikan dengan *Autonomous Intelligent Vehicles* (AIV) yang dapat mendukung perkembangan Industri 4.0. Optimasi desain konveyor meliputi optimasi penggunaan material untuk *roller* (Nangare & Sonawane, 2022) dan *shaft* (Gulmire et al., 2020), serta optimasi ukuran rangka konveyor untuk menghemat biaya produksi (Boslovyak & Lagerev, 2019).

Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan mesin semi otomatis untuk proses penanganan dan pemindah *raw material* baut (*material handling and feeding machine*) menuju *bandsaw machine* untuk proses pemotongan. Mesin yang dirancang diharapkan dapat memenuhi aspek-aspek teknis seperti ketercapaian fungsi *material handling* dan *feeding system*; memiliki konstruksi yang *rigid* dan dapat menahan beban; serta memiliki proses pembuatan, perakitan, dan perawatan yang mudah. Kegiatan perancangan yang akan dilakukan meliputi perancangan sistem mekanikal dan analisis perhitungan kekuatan material. Mesin hasil rancangan tersebut diharapkan dapat meminimalisir risiko kecelakaan kerja karena adanya substitusi dari proses manual menjadi semi otomatis. Selain itu, mesin tersebut juga diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dengan mengurangi waktu penanganan material.

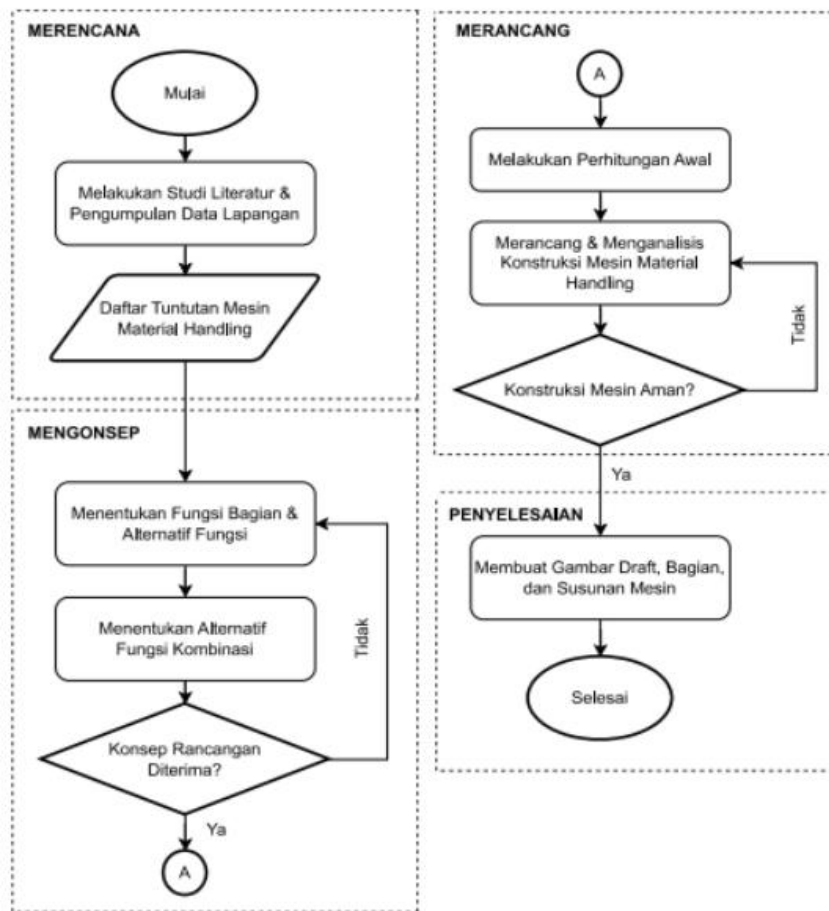
2. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode VDI 2222 untuk menentukan konsep rancangan dan VDI 2225 untuk membandingkan konsep-konsep dan memilih konsep yang paling optimal. Metode VDI 2222 terdiri dari empat tahapan utama : merencana, mengonse, merancang, dan melakukan penyelesaian desain. Masing-masing tahapan proses tersebut terdiri atas beberapa kegiatan pendukung. Secara spesifik, metode yang dilakukan pada penelitian ini ditampilkan dalam Gambar 1.

Tahapan merencana terdiri atas kegiatan studi literatur dan studi lapangan untuk menentukan daftar tuntutan (spesifikasi) mesin yang disyaratkan. Studi lapangan dilakukan pada industri pembuatan baut dengan mengamati proses yang ada saat ini, pengambilan data, dan wawancara dengan pekerja pada industri tersebut. Berdasarkan observasi lapangan tersebut, didapatkan data kapasitas produksi harian untuk proses penempatan dan pemotongan material baut yang ada saat ini yaitu 372 pcs/hari. Pengamatan juga dilakukan pada proses pemindahan *raw material* baut saat ini yang masih dilakukan secara manual dengan cara diangkat oleh operator. Hal tersebut akan menimbulkan risiko kecelakaan kerja yaitu terjepit atau tertimpa *raw material* dengan massa 23,12 kg per batang. Luaran dari tahapan merencana ini adalah daftar tuntutan untuk mesin *material handling and feeding* yang akan dirancang. Adapun daftar tuntutan disajikan pada Tabel 1.

Tahapan mengonse terdiri atas perumusan mekanisme kerja mesin dan perincian cara kerja mesin berdasarkan fungsi-fungsi bagiannya. Mesin *material handling and feeding* yang akan dirancang memiliki fungsi utama untuk menempatkan *raw material* baut berupa batang dengan diameter 25 mm dan panjang 6 m pada alat pemotong yaitu

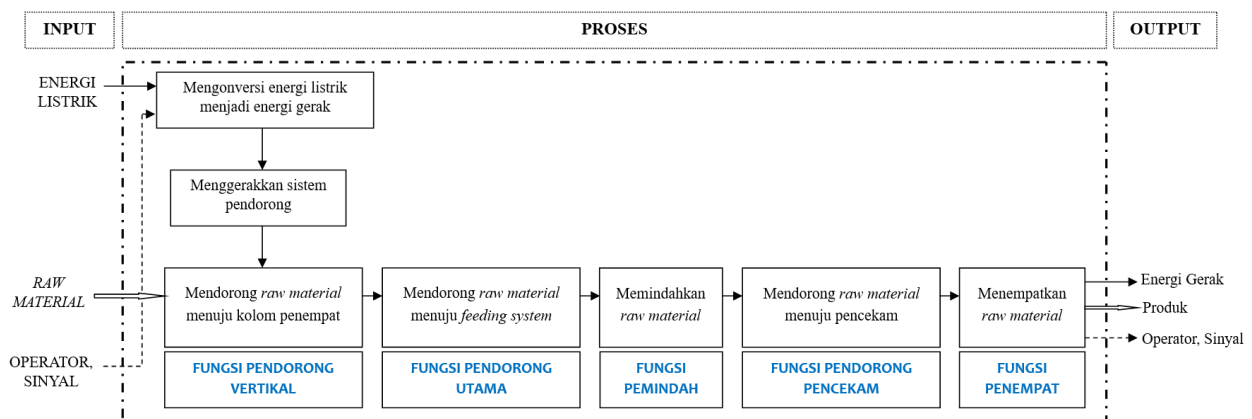
bandsaw machine. Cara kerja mesin ini adalah dengan menempatkan batang *raw material* baut pada kolom penempat kemudian mendorong dan menempatkannya pada mesin *bandsaw*. Rincian cara kerja mesin *material handling and feeding* per fungsi bagian ditampilkan dalam Gambar 2.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Tabel 1. Daftar Tuntutan *Material Handling and Feeding Machine* untuk Industri Pembuatan Baut

Tuntutan	Keterangan
Jenis material mentah baut (<i>raw material</i>)	SCM 435
Ukuran material mentah baut (<i>raw material</i>)	Ø 25 x 6000 mm
Panjang hasil potongan	93 mm – 165 mm
Dimensi mesin (p x l x t)	8000 x 1535 x 760 mm
Kapasitas produksi	> 372 pcs / hari



Gambar 2. Rincian Cara Kerja Mesin dan Fungsi Bagian Utama

Secara garis besar, fungsi-fungsi bagian yang terdapat pada mesin *handling material and feeding* terdiri atas dua jenis : fungsi bagian utama dan fungsi bagian pendukung. Fungsi bagian utama terdiri dari fungsi pendorong, fungsi pemindah, dan fungsi penempat. Kinerja mesin ditentukan terutama dari kinerja fungsi-fungsi bagian utama tersebut. Sementara yang tergolong dalam fungsi bagian pendukung adalah fungsi rangka. Fungsi bagian pendukung memiliki fungsi untuk menopang keseluruhan badan mesin agar mesin dapat beroperasi dengan aman dan stabil. Tahapan selanjutnya adalah mencari alternatif dari tiap fungsi bagian dengan memetakan kelebihan dan kekurangan masing-masing fungsi bagian untuk mencari komponen yang paling sesuai. Alternatif dari tiap fungsi bagian tersebut kemudian dikombinasikan hingga menjadi alternatif-alternatif variasi konsep yang utuh. Tabel alternatif fungsi bagian dan alternatif variasi konsep mesin *material handling and feeding* ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Alternatif Variasi Konsep Mesin *Material Handling and Feeding*

No.	Fungsi Bagian	Alternatif Konstruksi Fungsi Bagian		
		Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
1.	Fungsi Rangka			
2.	Fungsi Pemindah			
3.	Fungsi Pendorong Utama			
4.	Fungsi Pendorong Vertikal			
5.	Fungsi Pendorong Pencekam			
6.	Fungsi Penempat			
Alternatif Variasi Konsep		 AVK 1	 AVK 2	 AVK 3

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pemilihan Alternatif Variasi Konsep

Pemilihan alternatif variasi konsep dilakukan menggunakan metode Pahl Beitz (Pahl et al., 2007), yaitu dengan melakukan penilaian terhadap aspek teknis (Tabel 3) dan aspek ekonomis (Tabel 4). Skala penilaian berada pada rentang 0 (sangat kurang) sampai dengan 4 (sangat baik). Hasil penilaian kedua aspek tersebut kemudian diberikan pembobotan dan menghasilkan penilaian akhir. Pembobotan aspek teknis lebih besar daripada aspek ekonomis karena capaian aspek teknis lebih diutamakan dalam kegiatan perancangan ini. Berdasarkan penilaian tersebut, diketahui bahwa Alternatif Variasi Konsep 1 merupakan alternatif variasi konsep yang paling optimum. Tabel penilaian akhir dan alternatif variasi konsep terpilih ditunjukkan pada Tabel 5 dan Gambar 3.

Tabel 3. Penilaian Aspek Teknis

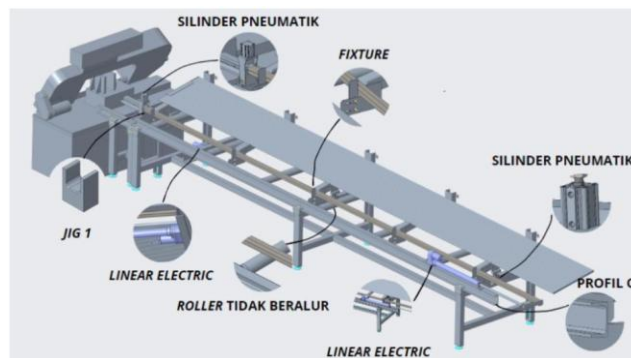
Aspek Penilaian Teknis		Bobot (%)	Alternatif Variasi Konsep						Nilai Ideal	
			Alternatif 1		Alternatif 2		Alternatif 3			
1	Ketercapaian Fungsi	25	4	100	4	100	4	100	4	100
2	Konstruksi	10	3	30	2	20	3	30	4	40
3	Perawatan	15	3	45	3	45	2	30	4	60
4	Perakitan	20	3	60	3	60	3	60	4	0
5	Pengoperasian	20	3	60	2	40	2	40	4	80
6	Pembuatan	10	3	30	2	20	3	30	4	40
Nilai Total		100		325		285		290		400
Persentase (%)		100		81.2		71.2		72.5		100

Tabel 4. Penilaian Aspek Ekonomis

Aspek Penilaian Teknis		Bobot (%)	Alternatif Variasi Konsep						Nilai Ideal	
			Alternatif 1		Alternatif 2		Alternatif 3			
1	Biaya Pembuatan	30	3	90	3	90	3	90	4	120
2	Biaya Perawatan	35	3	105	2	70	3	105	4	140
3	Penggunaan Komponen Standar	35	3	105	3	105	2	70	4	140
Nilai Total		100		300		265		265		400
Persentase (%)		100		75,0		66,3		66,3		100

Tabel 5. Penilaian Akhir Alternatif Variasi Konsep

Aspek yang Dinilai		Bobot (%)	Alternatif Variasi Konsep		
			Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
1	Aspek Teknis	65	81,2	71,2	72,5
2	Aspek Ekonomis	35	75,0	66,3	66,3
Persentase Akhir		100	79,0	69,5	70,3



Gambar 3. Alternatif Variasi Konsep Terpilih

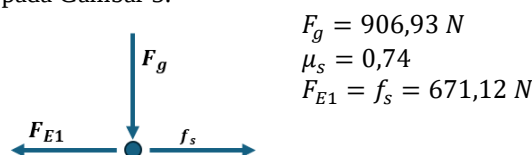
Variasi Konsep terpilih menggunakan aktuatur pneumatik sebagai penggerak vertikal untuk memindahkan *raw material* dari penampung menuju bagian pemindah pada mesin. *Linear electric actuator* sebagai penggerak mula akan memindahkan *raw material* pada *roller conveyor* menuju alat pemotong. *Raw material* kemudian akan dicekam oleh pencekam dengan penggerak pneumatik agar tidak berpindah posisi ketika melalui proses pemotongan. *Raw material* yang sedang dicekam kemudian didorong maju menuju alat potong oleh *linear electric actuator* kedua. Seluruh konstruksi mesin ditopang oleh rangka besi jenis profil C yang mampu menahan beban dengan tekanan tinggi akibat proses produksi yang berlangsung.

3.2. Perhitungan Sistem Penggerak

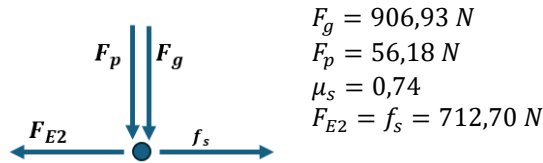
Tahapan merancang terdiri atas perhitungan awal, rancangan konstruksi, dan analisis konstruksi mesin material *handling & feeding*. Tujuan dari tahapan merancang ini adalah untuk memastikan bahwa mesin yang dirancang mampu menjalankan fungsi seperti pada daftar tuntutan serta memiliki konstruksi yang kuat dan aman untuk digunakan. Selain itu, pada tahapan merancang juga dilakukan perhitungan lanjut untuk sistem penggerak dan pendorong berupa *electric* dan *pneumatic actuator* serta perhitungan waktu penanganan material menggunakan mesin yang dirancang.

• Perhitungan Kapasitas *Electric Actuator*

Variasi konsep terpilih menggunakan dua buah *electric actuator* sebagai sistem penggerak mula dan sistem penggerak lanjut (saat *raw material* mendekati *bandsaw machine*). Pada penggerak mula, gaya dorong yang harus diberikan oleh aktuatur harus bernilai lebih besar sama dengan gaya gesek statis *raw material* dengan *roller conveyor*. Perhitungan dan diagram benda bebas sistem penggerak mula ditampilkan pada Gambar 4. Sementara pada sistem penggerak lanjut, gaya dorong yang harus diberikan harus bernilai lebih besar sama dengan gaya gesek statis *raw material* dan sistem pencekam dengan *roller conveyor*. Perhitungan dan diagram benda bebas sistem penggerak lanjut ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Diagram Benda Bebas Sistem Penggerak Mula

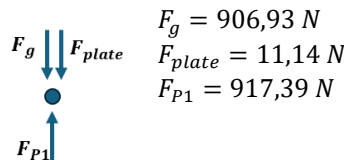


Gambar 5. Diagram Benda Bebas Sistem Penggerak Lanjut

Hasil perhitungan gaya dorong yang harus diberikan dan data panjang potongan *raw material* digunakan untuk menentukan jenis dan tipe *linear electric actuator*. Tipe aktuator yang dipilih untuk kedua sistem penggerak adalah EWELLIX CAHB 10 dengan *rated load* maksimum sebesar 1500 N, panjang *stroke* maksimum 300 mm, dan kecepatan linear maksimum 56 mm/s.

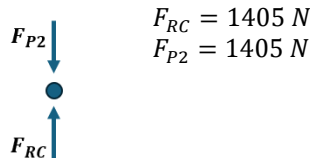
- Perhitungan Kapasitas *Pneumatic Actuator*

Variasi konsep terpilih menggunakan dua buah aktuator pneumatik yaitu sebagai penggerak vertikal dan sistem pencekam. Pada penggerak mula, gaya dorong vertikal yang diberikan oleh aktuator harus bernilai lebih besar sama dengan gaya berat *raw material* dan pelat pengangkat. Perhitungan dan diagram benda bebas sistem penggerak vertikal ditampilkan pada Gambar 6. Berdasarkan perhitungan gaya angkat yang harus diberikan oleh aktuator, maka aktuator yang dipilih adalah tipe SMC CQ2YA32-30DCMZ dengan kecepatan gerak piston 10 mm/s.



Gambar 6. Diagram Benda Bebas Sistem Penggerak Vertikal

Sementara pada sistem pencekam, gaya dorong yang diberikan harus bernilai lebih besar sama dengan gaya yang harus dilawan oleh sistem pencekam yakni gaya reaksi *raw material* terhadap gaya potong *bandsaw machine*. Perhitungan dan diagram benda bebas sistem pencekam ditampilkan pada Gambar 7. Berdasarkan perhitungan gaya angkat yang harus diberikan oleh aktuator, maka aktuator yang dipilih adalah tipe SMC CQ2YB50-30DCZ dengan kecepatan gerak piston 10 mm/s.



Gambar 7. Diagram Benda Bebas Sistem Pencekam

- Perhitungan Waktu Penanganan Material dan Produktivitas Mesin

Waktu penanganan material total adalah penjumlahan waktu penanganan material mulai dari pemindahan material dari penampungan menuju *roller conveyor*, pergerakan material dari *conveyor* menuju *bandsaw*, dan waktu pencekaman. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan bahwa waktu penanganan material per siklus (empat batang *raw material*) adalah 110,75 s. Rincian perhitungan waktu penanganan material ditampilkan dalam Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Waktu Penanganan Material

No.	Deskripsi	Waktu Penanganan (s)
1.	Waktu pendorongan <i>raw material</i> menuju pendorong utama	2,56
2.	Waktu pemindahan material pada pendorong utama	107,14
3.	Waktu proses pencekaman	37,8 – 67,2
TOTAL		147,5 – 176,19

Proses yang ada saat ini membutuhkan waktu 420 s untuk memindahkan material dan 3 s untuk tiap penempatan material. Total waktu yang diperlukan untuk penanganan material pada proses yang ada adalah 528 s (untuk panjang pemotongan 165 cm) dan 612 s (untuk panjang pemotongan 93 mm). Waktu satu kali proses pemotongan material menggunakan *existing bandsaw machine* adalah 46 s. Tidak ada perubahan waktu pemotongan karena alat potong yang digunakan masih sama dengan yang saat ini digunakan di lapangan. Data perbandingan waktu

penanganan dan kapasitas produksi antara proses yang sudah ada dan proses menggunakan mesin yang dirancang ditampilkan dalam Tabel 7

Tabel 7. Perbandingan Waktu Penanganan dan Kapasitas Produksi *Existing* dengan Mesin Rancangan

Panjang Pemotongan (mm)	Waktu Penanganan (s)		Efisiensi (%)	Kapasitas Produksi (pcs/ hari)		Peningkatan (%)
	<i>Existing</i>	Mesin Rancangan		<i>Existing</i>	Mesin Rancangan	
93	612	176,19	71	518	620	19,69
165	528	147,50	72	474	615	29,75

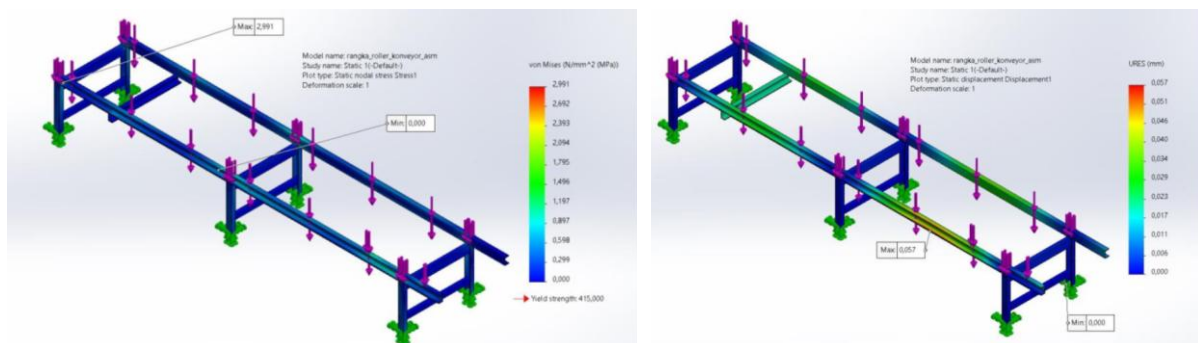
Berdasarkan data pada Tabel 7 di atas, terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara efisiensi waktu penanganan material dengan peningkatan kapasitas produksi. Perbedaan tersebut disebabkan oleh waktu pemotongan material yang masih menggunakan *existing bandsaw machine* dengan kapasitas pemotongan satu batang *raw material* dalam satu waktu. Waktu penanganan material yang ditampilkan dalam Tabel 7 tersebut hanya mencakup waktu pendorongan *raw material*, pemindahan material menuju mesin *bandsaw*, dan waktu proses pengecaman, tanpa melibatkan waktu pemotongan. Waktu pemotongan material menggunakan mesin yang dirancang akan sama dengan waktu pemotongan material pada proses yang ada, yaitu 46 s sekali potong. Kapasitas produksi dapat ditingkatkan dengan mengoptimasi konstruksi pada *bandsaw machine* sehingga dapat memotong 4 batang *raw material* sekaligus dalam satu waktu pemotongan.

3.3. Validasi Kekuatan Konstruksi

Tahapan validasi kekuatan konstruksi bertujuan untuk memastikan konstruksi rangka dapat menopang mesin dengan baik sehingga mesin aman untuk digunakan. Analisis kekuatan rangka dilakukan menggunakan *software CAE*. Analisis kekuatan dilakukan pada dua sistem rangka yaitu rangka bagian *material handling* dan *feeding system*. Material yang digunakan sebagai rangka mesin *material handling and feeding* ini adalah material AISI 1050 dengan nilai *yield strength* sebesar 355 N/mm² (335 MPa) (HILLFOOT ENGINEERING STEELS, 2024).

- Analisis Rangka Material Handling

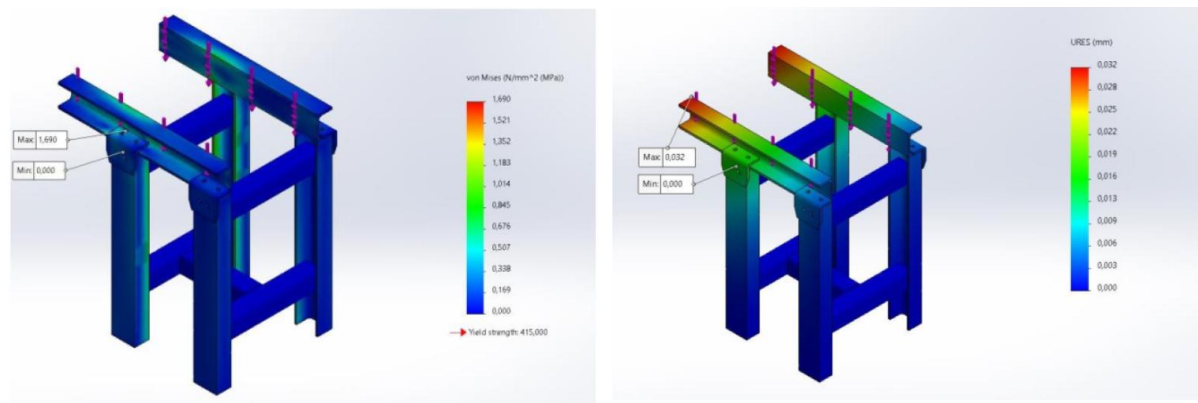
Beban yang diterima oleh rangka *material handling* antara lain *raw material*, *roller*, dan aktuator. Pembebanan dibagi menjadi enam karena rangka *material handling* memiliki enam buah kaki. Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software CAE* yaitu Solidworks, didapatkan hasil tegangan Von Mises maksimum yang terjadi sebesar 2,991 Mpa dan defleksi maksimum sebesar 0,057 mm. Tegangan Von Mises dan defleksi maksimum terjadi pada titik-titik peletakan *roller conveyor* dan *mounting* aktuator. Tegangan Von Mises yang terjadi lebih kecil daripada *yield strength* material rangka sehingga rangka dapat menopang beban dengan baik dan aman. Simulasi Tegangan Von Mises dan defleksi rangka *material handling* ditampilkan dalam Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Tegangan Von Mises (kiri) dan Defleksi (kanan) pada Rangka *Material Handling*

- Analisis Rangka Feeding System

Beban yang diterima oleh rangka *feeding system* antara lain *mounting* aktuator, silinder pneumatik, dan pembebanan oleh gaya pengecam. Pembebanan dibagi menjadi dua karena gaya pada rangka *feeding system* ditahan di kedua sisi. Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software CAE*, didapatkan hasil tegangan Von Mises maksimum yang terjadi sebesar 1,690 Mpa dan defleksi maksimum sebesar 0,032 mm. Tegangan Von Mises maksimum terjadi pada titik pengecam sementara defleksi maksimum terjadi pada titik pemotongan *raw material* oleh *bandsaw machine*. Tegangan Von Mises yang terjadi lebih kecil daripada *yield strength* material rangka sehingga rangka dapat menopang beban dengan baik dan aman. Simulasi Tegangan Von Mises dan defleksi rangka *material handling* ditampilkan dalam Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Tegangan Von Mises (kiri) dan Defleksi (kanan) pada Rangka *Feeding System*

3.4. Dimensi Mesin Rancangan

Mesin *material handling and feeding* memiliki dimensi $8000 \times 1535 \times 760$ mm sesuai dengan daftar tuntutan yang diberikan.

Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dirancang *material handling and feeding machine* dengan kapasitas produksi sebanyak 615 pcs/hari atau meningkat sebesar 29,75% dibandingkan kapasitas produksi sebelumnya. Mesin *material handling and feeding* mampu mengefisiensi waktu penanganan material sebesar 72%. Validasi kekuatan rangka yang dilakukan menggunakan *Solidworks* pada rangka *material handling and feeding machine* menghasilkan tegangan von mises maksimum yang terjadi sebesar 2,991 Mpa dan 1,690 Mpa serta defleksi maksimum yang terjadi adalah 0,057 mm dan 0,032 mm. Pada penelitian berikutnya dapat dihitung estimasi biaya pembuatan mesin agar lebih diproyeksikan analisis ekonomi terhadap mesin yang dirancang. Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan metode optimasi desain untuk menentukan material penyusun dan sistem kendali mesin secara otomatis agar mekanisme mesin dapat berjalan dengan lebih efektif dan efisien.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Pengembangan, Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Manufaktur Bandung (P4M Polman Bandung) atas dukungan pendanaan terhadap penelitian ini dalam skema pendanaan internal Penelitian Pembentukan Profil Lulusan Program Studi Polman Bandung. Penulis juga berterima kasih kepada pihak industri yang telah bersedia menjadi narasumber dan lokasi studi kasus pada penelitian ini.

Daftar Notasi

- F_g = gaya berat *raw material* [N]
- f_s = gaya gesek statis [N]
- F_{E1} = gaya dorong oleh *linear electric actuator* 1 [N]
- F_{E2} = gaya dorong oleh *linear electric actuator* 2 [N]
- F_p = gaya berat sistem pengecam [N]
- F_{plate} = gaya berat pelat penahan [N]
- F_{RC} = gaya reaksi akibat gaya potong [N]
- F_{P1} = gaya dorong oleh *pneumatic actuator* 1 [N]
- F_{P2} = gaya dorong oleh *pneumatic actuator* 2 [N]

Daftar Pustaka

- Agil, M., & Sunaryo. (2022). Rancang Bangun dan Perencanaan Sistem Transmisi pada Mesin Penyortir Kentang Berdasarkan Ukuran Menggunakan Sistem Roller Conveyor. *STORAGE - Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, 1(1), 16 - 20. <https://doi.org/10.55123>
- Al Ayyubi, M., & Sidik, J. (2020). Desain Perancangan Belt Conveyor untuk Meningkatkan Keergonomian Proses Material Handling. *INOVASI : Jurnal Manajemen Industri & Manufaktur Industri*, 1(1), 28-33. <https://doi.org/https://jurnal.uniwa.ac.id/index.php/inovasi/article/view/169/143>

- Aribowo, D., Desmira, Ekawati, R., & Rahmah, N. (2021). Sistem Perancangan Conveyor Menggunakan Sensor Proximity PR18-8DN pada Wood Sanding Machine. *Edusaintek : Jurnal Pendidikan, Sains, dan Teknologi*, 8(1), 67-81. <https://doi.org/https://doi.org/10.47668/edusaintek.v8i1.146>
- Aruan, K., & Singgih, M. (2021). Pengendalian Risiko Kecelakaan HSSE pada Proses Pembuatan Pipa Baja. *JURNAL TEKNIK ITS Vol.10, No.2, 10(2)*, B52 - B57. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.62628>
- Boslovyyak, P., & Lagerev, A. (2019). Optimization of the Conveyor Transport Cost. *IFAC PapersOnline*, 52(25), 397-402. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.569>
- Cronin, C., Awasthi, A., Conway, A., O'Riordan, D., & Walsh, J. (2021). Design and Development of a Material Handling System for an Autonomous Intelligent Vehicle for Flexible Manufacturing. *30th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2021)*. Athens: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.069>
- Garside, A. K., Risaldi, F., & Dewi, S. K. (2019). Perancangan Belt Conveyor sebagai Alat Material Handling pada Terminal Peti Kemas Surabaya. *Buletin Profesi Insinyur*, 2(2), 69 - 75. <https://doi.org/10.20527/bpi.v2i2.44>
- Gulmire, G., Mane, V., Patel, A., & Kodle, N. (2020). Design and Analysis of Shaft for Roller Conveyor with Different Materials. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 07(08), 4543 - 4549. <https://doi.org/https://www.irjet.net/archives/V7/i8/IRJET-V7I8780.pdf>
- HILLFOOT ENGINEERING STEELS. (2024). Material Datasheet AISI 1050. England: Hillfoot .
- Indonesia Safety Center. (2024, October 2). *Kecelakaan Kerja di Indonesia: Data, Penyebab, dan Upaya Pencegahan*. Diambil kembali dari Indonesia Safety Center: <https://indonesiasafetycenter.org/kecelakaan-kerja-di-indonesia-data-penyebab-dan-upaya-pencegahan/>
- Indonesia Safety Center. (2024, September 9). *Kemnaker Catat 160 Ribu Kecelakaan Kerja 2024, Konsultan K3: Masifkan Pelatihan di Lembaga Terpercaya*. Diambil kembali dari Indonesia Safety Center: <https://indonesiasafetycenter.org/kemnaker-catat-160-ribu-kecelakaan-kerja-2024-konsultan-k3-masifkan-pelatihan-di-lembaga-terpercaya/>
- ISO T/C 298 Occupational Health and Safety Management. (2018, March). ISO 45001:2018 Occupational Health and Safety Management Systems. Geneva, Vernier, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Khoerularifudin, I. (2022). PENGARUH PROGRAM KESELAMATAN KERJA TERHADAP PRODUKTIVITAS DAN IDENTIFIKASI PENYEBAB KECELAKAAN KERJA MENGGUNAKAN METODE FAULT TREE ANALYSIS. *DINAMIKA TEKNIK*, 15(01), 29 - 38.
- Lazuardi, M., Sukwika, T., & Kholil, K. (2022). Analisis Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode HIRADC pada Departemen Assembly Listrik. *Journal of Applied Management Research*, 02(01), 11 - 20. <https://doi.org/http://jurnal.usahid.ac.id/index.php/jamr>
- Luthdin, N., & Wilujeng, A. (2023). Rancang Bangun Alat Pemilah Ukuran Buah Jeruk Menggunakan Sistem Roller Conveyor. *Jurnal Techno Bahari*, 10(2), 01 - 05. <https://doi.org/https://doi.org/10.52234/tb.v10i2.291>
- Nangare, V., & Sonawane, P. (2022). Design, Analysis and Weight Optimization of Roller Conveyor System by using Glass Fiber Composite Material. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 10(Vii), 1681 - 1687. <https://doi.org/https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.45569>
- Naurah, N. (2023, March 1). *Jumlah Korban Meningkat Konsisten, Ini Sektor Usaha dengan Kecelakaan Kerja Terbanyak*. Diambil kembali dari GoodStats: <https://goodstats.id/article/jumlah-korban-meningkat-konsisten-ini-sektor-usaha-dengan-kecelakaan-kerja-terbanyak-pMFHt>
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K. (2007). Conceptual Design. Dalam G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, & K. Grote, *Engineering Design : A Systematic Approach* (hal. 192 - 198). Springer.
- Pramono, A., Arizal, H., & Arsana, I. (2022). Perancangan Mesin Packing Pipa Baja Otomatis di PT Steel Pipe Industry of Indonesia, Tbk. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 17(2), 78-86. <https://doi.org/https://doi.org/10.36289/jtmi.v17i2.338>
- Rohman, A., Munir, M., & Indrawan, R. (2021). Perancangan Mesin Auto Stacking Kanal C dengan Kapasitas 900 kg. *Proceeding 5th Conference on Design and Manufacture Engineering and its Application*. Surabaya: Teknik Desain dan Manufaktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Diambil kembali dari <https://journal.ppns.ac.id/index.php/CDMA/article/view/1885/1228>
- Siahaan, I., Chandra, A., & Jonoadji, N. (2022). Pemanfaatan Roller dan Belt Conveyor pada Pembuatan Prototipe Mesin untuk Proses Sortasi Telur. *Jurnal Teknik Mesin*, 19(2), 40 - 44. <https://doi.org/10.9744/jtm.19.2.40-44>
- Silaen, A., & Chaidir. (2021). Perancangan Belt Conveyor Dengan Kapasitas Angkut 6 Ton/Jam pada Pabrik Karet. *Majalah Teknik SIMES*, 15(2), 41-46. <https://doi.org/https://doi.org/10.32663/simes.v15i2.2069>