

PERANCANGAN HEAVY DUTY CONVEYOR PENGANGKUT PASIR RESIN DI PT XYZ MENGGUNAKAN METODE ULRICH

Bimanda Muhammad Riska¹, Dhika Aditya Purnomo^{1*}, Fipka Bisono¹

¹Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

*Email: adityadhika@ppns.ac.id

Abstrak

Seiring berkembangnya industri manufaktur, efisiensi dan produktivitas menjadi aspek krusial dalam mendukung proses produksi, termasuk dalam pengelolaan material. PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang pengecoran logam menggunakan metode *sand casting*, yang melibatkan pemakaian pasir resin furan. Pengangkutan pasir yang telah mengeras menuju mesin *sand crusher* selama ini masih menggunakan *forklift*, sehingga menimbulkan permasalahan dalam efisiensi waktu, ketergantungan pada alat berat, serta potensi hambatan operasional pada area produksi lain. Kondisi ini menunjukkan perlunya sistem material *handling* yang lebih otomatis dan berkelanjutan. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan perancangan sistem *conveyor* yang mampu mengangkat pasir resin dengan kapasitas 10 ton/hari menuju mesin *sand crusher* setinggi 5 meter. Metodologi yang digunakan meliputi studi literatur, penyusunan daftar kebutuhan, pengembangan konsep desain, serta pemilihan konsep berdasarkan kriteria perawatan, kekuatan struktur, kemudahan manufaktur, dan biaya produksi. Perhitungan teknis seperti daya motor, dimensi *belt*, dan analisis kekuatan struktur menggunakan metode elemen hingga (FEM) turut dilakukan untuk memastikan kekuatan struktur aman terhadap beban kerja. Dari hasil perancangan diperoleh *conveyor* dengan kapasitas jauh melebihi target awal. Dimensi *conveyor* memiliki panjang 8 meter dengan tinggi 3 meter, digerakkan oleh motor listrik berdaya 1,8 kW. Biaya total yang dibutuhkan untuk pembuatan mesin *conveyor* ini yaitu sebesar Rp 37.923.000. Hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi di area pengecoran, tetapi juga menjadi referensi bagi pengembangan sistem material *handling* serupa di industri manufaktur Indonesia.

Kata kunci: analisis struktur, *conveyor*, metode elemen hingga, *sand crusher*

Abstract

As the manufacturing industry continues to grow, efficiency and productivity have become crucial aspects in supporting production processes, including material handling. PT. XYZ is a manufacturing company engaged in metal casting using the sand casting method, which involves the use of furan resin sand. Currently, the transportation of hardened sand to the sand crusher machine is still carried out using forklifts, which poses issues in time efficiency and limited equipment availability. To address this, a conveyor system was designed to lift furan resin sand with a capacity of 10 tons/day to a sand crusher machine with a height of 5 meters. The methodology includes literature studies, needs identification, concept development, and concept selection based on criteria such as maintenance, structural strength, manufacturability, and production cost. Technical calculations such as motor power, belt dimensions, and structural strength analysis using the Finite Element Method (FEM) were carried out to ensure the structural safety. The final design resulted in a conveyor with a capacity that significantly exceeds expectations. The conveyor has a total length of 8 meters and a height of 3 meters, driven by a 1.8 kW electric motor. The total cost required to build this conveyor system is IDR 37,923,000.

Keywords: conveyor, finite element method, sand crusher, structural analysis

PENDAHULUAN

Industri manufaktur Indonesia menghadapi tantangan persaingan yang semakin ketat di pasar domestik dan internasional. Produktivitas menjadi indikator utama efektivitas proses produksi, di mana semakin tinggi produktivitas menunjukkan kinerja produksi yang semakin baik. PT XYZ sebagai salah satu perusahaan manufaktur terbesar di Indonesia bergerak dalam bidang otomotif dan memiliki diversifikasi usaha dalam proses pengecoran logam menggunakan metode *sand casting*. Dalam proses ini, cetakan pasir yang telah digunakan mengalami pengerasan dan harus dihancurkan kembali melalui mesin *sand crusher* setinggi 5 meter sebelum dapat digunakan kembali.

Permasalahan yang dihadapi PT XYZ adalah pengangkatan pasir masih menggunakan metode konvensional dengan *forklift*. Keterbatasan jumlah *forklift* menyebabkan proses penghalusan pasir hanya dapat dilakukan pada *shift* 2 dan 3, yang berdampak pada penurunan efisiensi waktu pembuatan cetakan dan mengganggu operasional area lain yang membutuhkan *forklift* tersebut.

Dalam mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan perancangan sistem *conveyor* yang dapat mengangkut pasir resin ke mesin *sand crusher* secara efisien. Sistem *conveyor* ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada *forklift*, meningkatkan efisiensi proses produksi, dan hanya memerlukan 2 operator untuk pengoperasiannya. Penelitian ini akan membandingkan tiga desain *conveyor* berdasarkan kriteria biaya manufaktur, kapasitas output, dan *lifetime* struktur untuk menghasilkan solusi optimal bagi PT XYZ.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini mencakup aspek praktis dan akademis. Secara praktis, penelitian ini akan menghasilkan rancangan *conveyor* yang dapat mempermudah dan mempercepat proses produksi, mengurangi ketergantungan pada *forklift*, serta meningkatkan efisiensi operasional di area furan. Secara akademis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk pengembangan penelitian serupa di masa mendatang, khususnya dalam perancangan sistem *material handling* untuk industri manufaktur.

Penelitian ini dibatasi pada perancangan *conveyor* untuk mengangkat pasir resin dengan berat maksimal 100 kg, dengan mengabaikan aspek kelistrikan *conveyor* dalam analisis. Selain itu, analisis kekuatan struktur hanya difokuskan pada bagian struktur tengah *conveyor* sebagai komponen yang paling kritis dalam menahan beban operasional. Batasan ini memungkinkan penelitian dilakukan secara mendalam pada aspek-aspek yang paling berpengaruh terhadap kinerja *conveyor*.

TINJAUAN PUSTAKA

(A) Kapasitas Conveyor

Kapasitas *belt conveyor* dipengaruhi oleh jenis material, lebar *belt*, serta daya motor yang menentukan kecepatan sabuk dan jarak perpindahan. Penentuan kapasitas dilakukan dengan menghitung waktu pemindahan material (Rudenko, 2012).

(B) Belt

Sabuk merupakan komponen utama pada *belt conveyor* yang terdiri dari lapisan atas, karkas, dan lapisan bawah. Berdasarkan jenis karkasnya, sabuk terbagi menjadi *textile fabric belt* dan *steel cord belt* (Spivakovsky & Dyackov, 1987).

(C) Metode Elemen Hingga (FEM)

Metode elemen hingga merupakan pendekatan numerik yang digunakan untuk menyelesaikan berbagai persoalan dalam bidang teknik dan matematika, khususnya yang berkaitan dengan fenomena fisika seperti tegangan, regangan, kekuatan struktur, hingga analisis getaran. Metode ini memungkinkan dilakukannya pembandingan antara hasil perhitungan secara manual dengan hasil dari simulasi menggunakan perangkat lunak. Kelebihan utama dari metode ini terletak pada kemampuannya dalam merepresentasikan kondisi fisik struktur mendekati kondisi nyata dengan menggunakan pembentukan *mesh* atau elemen yang saling terhubung. Meskipun demikian, *mesh* tersebut bersifat abstrak dan memerlukan pemahaman khusus untuk divisualisasikan. Kekurangan dari metode ini adalah hasil yang diberikan bersifat numerik, sehingga tidak menghasilkan rumus eksplisit yang dapat langsung diterapkan pada kasus lain dengan parameter berbeda. Dalam penelitian ini, digunakan metode elemen hingga dua dimensi (2D) dengan elemen segitiga tiga simpul (*three-node triangular element*), yang digunakan untuk menganalisis kontur bidang. Elemen ini cocok untuk memecahkan masalah seperti matriks kekakuan, tegangan bidang (*plane stress*), regangan bidang (*plane strain*), serta gaya-gaya yang bekerja pada elemen dalam sistem koordinat lokal maupun global.

(D) Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Faktor keamanan merupakan ukuran untuk memastikan bahwa suatu komponen mesin dapat bekerja dengan aman meskipun telah dirancang dengan dimensi yang ekonomis atau minimal. Faktor ini mempertimbangkan berbagai aspek, antara lain variasi dalam sifat material, ukuran spesimen saat dilakukan uji kekuatan, jenis beban yang diterima, dan kondisi operasional aktual yang mungkin memengaruhi performa elemen tersebut. Faktor keamanan sangat penting agar desain tetap mampu menahan beban tanpa mengalami kegagalan.

(E) Tegangan Izin

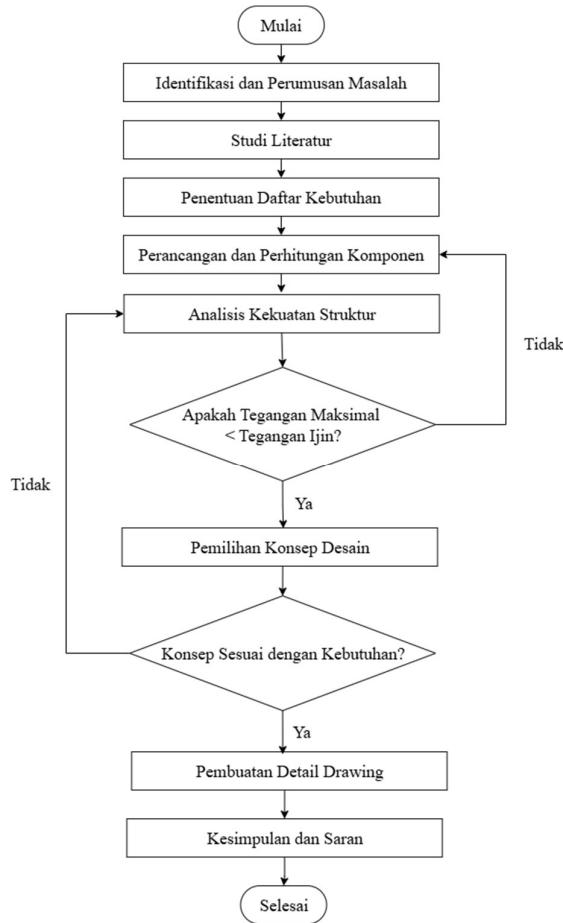
Tegangan izin didefinisikan sebagai batas tegangan maksimum yang masih dapat diterima oleh suatu komponen selama masa operasinya tanpa menimbulkan kerusakan, patah, maupun deformasi yang bersifat permanen. Penentuan ukuran elemen mesin sangat dipengaruhi oleh nilai tegangan izin yang digunakan. Oleh karena itu, sebelum struktur mengalami kegagalan, analisis terhadap tegangan izin diperlukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen berada dalam kondisi aman terhadap tegangan kerja yang diterima.

(F) Metode Ulrich

Perancangan dan pengembangan produk merupakan aktivitas yang diawali dengan analisis serta tanggapan pasar terhadap produk yang akan dibuat, dan diakhiri pada tahap produksi, penjualan, hingga pengiriman kepada pelanggan. Produk sendiri adalah benda atau alat yang dibuat untuk membantu manusia dalam aktivitasnya. Dalam prosesnya, pembuatan produk harus melalui beberapa tahapan, mulai dari pernyataan misi hingga tahap realisasi produk. Menurut Ulrich & Eppinger (2016),

keberhasilan perusahaan dalam merancang dan mengembangkan produk ditentukan oleh kemampuan tim pengembang dalam mewujudkan kebutuhan pelanggan, dengan tetap mempertimbangkan harga yang kompetitif. Produk yang mampu memenuhi kebutuhan pelanggan dengan harga terjangkau akan lebih mudah diterima pasar. Sebaliknya, meskipun produk sesuai kebutuhan, jika dijual dengan harga terlalu tinggi, akan sulit diterima pelanggan. Selain itu, kesuksesan pengembangan produk juga ditandai dengan adanya keuntungan yang dihasilkan bagi perusahaan.

METODE



Gambar 1. Diagram Alir

(A) Identifikasi Masalah

Ditemukan permasalahan pada penggunaan *forklift* untuk pengisian pasir resin ke *sand crusher* yang kurang efisien. Solusi difokuskan pada perancangan sistem *conveyor* agar proses lebih efektif.

(B) Studi Literatur

Dilakukan pengumpulan informasi terkait mesin *conveyor*, perhitungan komponen, serta penelitian terdahulu melalui jurnal, tugas akhir, katalog, dan referensi relevan lainnya untuk mendukung penelitian.

(C) Penetapan Daftar Kebutuhan

Daftar kebutuhan disusun berdasarkan wawancara dengan pembimbing OJT di PT XYZ. Hasil wawancara digunakan sebagai acuan spesifikasi produk yang sesuai kebutuhan perusahaan.

(D) Pembuatan Konsep dan Perancangan Desain

Beberapa konsep desain dibuat untuk dipilih yang terbaik. Perhitungan detail komponen dilakukan guna mengetahui tegangan maksimal sehingga desain aman dan sesuai spesifikasi.

(E) Analisis Kekuatan Struktur

Struktur rangka dianalisis menggunakan Autodesk Fusion 360 dengan metode FEM. Tujuannya memastikan keamanan desain melalui perbandingan *yield strength* material dengan *safety factor*, serta melihat distribusi tegangan pada rangka.

(F) Pemilihan Konsep Desain

Konsep terbaik dipilih berdasarkan kriteria biaya manufaktur, kapasitas angkut, dan daya tahan struktur. Pemilihan yang tepat akan memengaruhi keberhasilan desain dan efektivitas penerapannya di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

(A) Kajian Eksisting Produk

Pada PT XYZ yang bergerak di bidang *investment casting* proses pengangkutan pasir resin ke mesin *sand crusher* masih menggunakan *forklift* hal ini dapat menghambat proses produksi, jumlah *forklift* yang dinilai sedikit mengakibatkan proses penghalusan pasir resin ini dilakukan pada *shift 3*, dikarenakan pada *shift 1* dan *2 forklift* sering digunakan untuk produksi massal. Oleh karena itu diperlukan penggunaan *load conveyor* untuk mengangkut pasir resin yang mengeras yang kemudian dihaluskan pada mesin *sand crusher*. Mesin ini dirancang untuk memudahkan proses tersebut sehingga dapat menggantikan pekerjaan *forklift* dan tidak perlu menunggu *shift 3* untuk proses ini. Pada tahap penelitian ini, untuk mengatasi permasalahan yang ada dilakukan identifikasi dan perumusan masalah dengan mengkaji produk eksisting. Produk yang menjadi fokus pada penelitian ini adalah *load conveyor*.

(B) Penyusunan Daftar Kebutuhan

Penyusunan daftar kebutuhan merupakan tahap pengumpulan data yang diperoleh dari wawancara dengan pembimbing OJT selama periode magang di PT XYZ pada divisi *machining engineering*. Penyusunan daftar kebutuhan ini dilakukan agar dapat menentukan spesifikasi produk yang diharapkan oleh *customer* yaitu perusahaan penyelenggara alat tersebut. Dibuatnya daftar kebutuhan ini diharapkan dapat menyempurnakan produk yang akan dibuat nantinya, sehingga dapat dinyatakan daftar identifikasi kebutuhan dalam perencanaan *heavy duty conveyor* sebagai alat bantu mengangkut pasir resin untuk kebutuhan produksi.

(C) Perancangan dan Perhitungan

Dengan telah ditentukannya daftar kebutuhan, proses dilanjutkan ke tahap perhitungan komponen sebagai dasar pertimbangan dalam pemilihan konsep. Perhitungan ini mencakup analisis teknis terhadap parameter-parameter utama, sehingga konsep yang dipilih nantinya dapat memenuhi kriteria fungsional, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan.

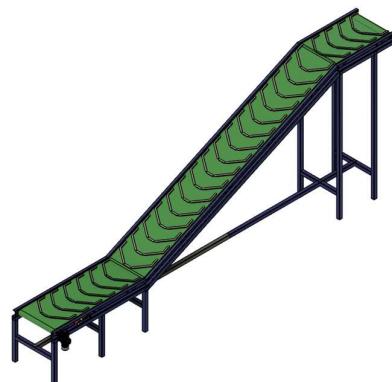
Tabel 1. Hasil Perhitungan Komponen-Komponen *Conveyor*

Kapasitas conveyor	28 ton/jam
Panjang sabuk	14,32 m
Berat sabuk per meter	52,8 kg/m
Berat <i>idler</i>	15 kg
Jumlah <i>idler</i>	10 <i>idler</i>
Daya motor penggerak	3,5 kW atau 4,6 HP
Rasio perbandingan transmisi	1 : 20
Putaran motor	1400 rpm
Jenis penggerak utama	<i>Three phase induction motors NMRV 130</i>
Torsi pada poros	7689,47 kg/mm
Diameter poros	30 mm
Ukuran pasak	(8 x 7) mm
Panjang pasak	22 mm
Gaya tangensial permukaan poros	1300,52 N
<i>Bearing</i>	UFCB 206

(D) Pembuatan Konsep Desain

Setelah menyelesaikan tabel daftar kebutuhan, maka didapatkan sebuah rancangan produk berdasarkan spesifikasi yang diharapkan. Langkah berikutnya adalah pembuatan konsep desain, pada metode ini memerlukan setidaknya 3 konsep desain. Pada metode ulrich, semakin banyak konsep desain maka lebih banyak referensi konsep desain pembanding sehingga peluang untuk mendapatkan desain terbaik lebih besar, penelitian ini dibuatkan 3 konsep desain yang nantinya dipilih 1 konsep yang terbaik sesuai aspek kriteria pemilihan konsep. Berikut ini adalah 3 konsep yang sudah dibuat:

- (1) Konsep Desain 1



Gambar 2. Konsep Desain 1

Konsep desain 1 menggunakan rangka UNP 100×75 mm dan *hollow* 75×75×4 mm dengan 5 tiang penyangga. *Belt* yang dipakai adalah *chevron belt* 800×12 mm, didukung oleh *pillow block bearing* UFCB 206 serta 10 *return roller* Ø50×820 mm. Sistem penggerak memakai *geared* motor NMRV 130 rasio 1:20.

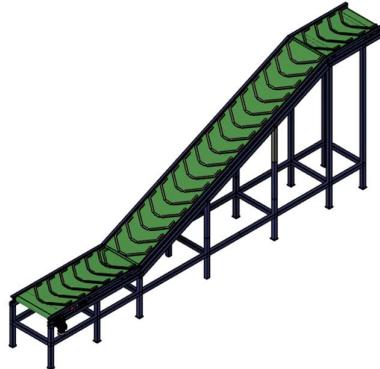
(2) Konsep Desain 2



Gambar 3. Konsep Desain 2

Konsep desain 2 menggunakan rangka UNP 100×75 mm dan *hollow* 75×75×4 mm dengan 6 tiang penyangga. *Belt* yang dipakai *chevron belt* 800×12 mm, didukung *pillow block bearing* UFCB 206 serta 10 *return roller* Ø50×820 mm. Sistem penggerak memakai *geared* motor NMRV 130 rasio 1:20.

(3) Konsep Desain 3



Gambar 4. Konsep Desain 3

Konsep desain 3 menggunakan rangka UNP 100×75 mm dan *hollow* 75×75×4 mm dengan 7 tiang penyangga. *Belt* yang dipakai *chevron belt* 800×12 mm, didukung *pillow block bearing* UFCB 206 serta 10 *return roller* Ø50×820 mm. Sistem penggerak memakai *geared* motor NMRV 130 rasio 1:20.

(E) Analisis Kekuatan

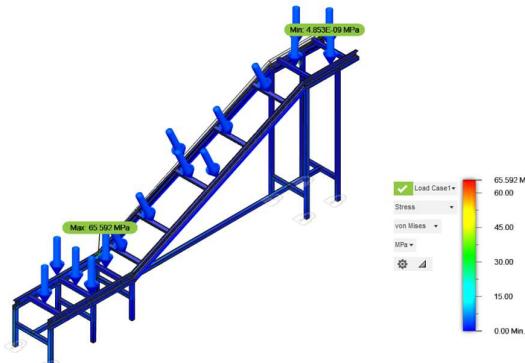
Analisis *static structural* ini akan menunjukkan respon model terhadap beban struktur dan kendala dalam keadaan diam. Proses simulasi statik ini terdiri dari 2 tahap perancangan yaitu pada pengaturan model dan *static structural*.

Langkah awal dalam analisis ini adalah dengan menentukan studi material atau material yang akan dianalisis, dalam hal ini dipilih material ASTM A36. Material ini memiliki karakteristik seperti pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Sifat Material ASTM A36

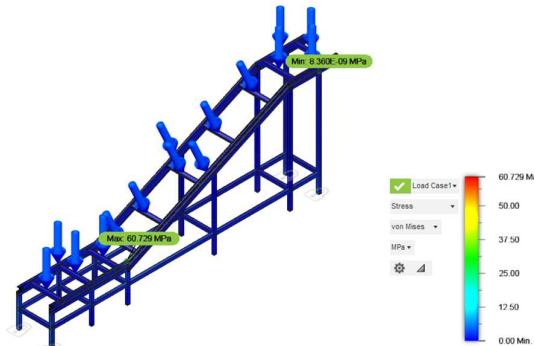
Parameter	Keterangan
Material	ASTM A36
Modulus Elastisitas (E)	200.00 Mpa (N/mm ³)
Density	7,85 g/cm ³
Yield strength	250 Mpa
Ultimate Tensile Strength	400-550 Mpa
Modulus of Elasticity	200 Gpa
Bulk Modulus	140 Gpa
Poisson's Ratio	0,260
Shear Modulus	79,0 Gpa

(1) Analisis Konsep 1

**Gambar 5.** Konsep Desain 1**Tabel 3.** Perbandingan Hasil Simulasi Dengan Batas Izin

Unit	Nilai			Memenuhi/Tidak Memenuhi
	Simulasi	Safety factor	Batas/izin	
Tegangan	65,507 Mpa	3,409	125 Mpa	Memenuhi

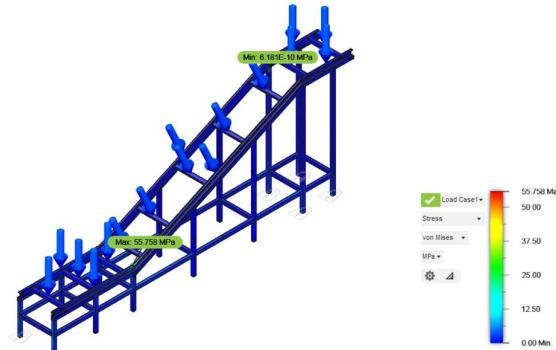
(2) Analisis Konsep 2

**Gambar 6.** Konsep Desain 2

Tabel 4. Perbandingan Hasil Simulasi Dengan Batas Izin

Unit	Simulasi	Nilai		Memenuhi/Tidak
		Memenuhi/Tidak	Batas/izin	
		Memehuni		Memehuni
Tegangan	60,729 Mpa	3,784	125 Mpa	Memenuhi

(3) Analisis Konsep 3

**Gambar 7.** Konsep Desain 3**Tabel 5.** Perbandingan Hasil Simulasi Dengan Batas Izin

Unit	Simulasi	Nilai		Memenuhi/Tidak
		Memenuhi/Tidak	Batas/izin	
		Memehuni		Memehuni
Tegangan	55,759 Mpa	4,452	125 Mpa	Memenuhi

Tabel 6. Penetapan Konsep Desain Terpilih

Kriteria Seleksi	Bobot	Matriks Penilaian Konsep							
		Konsep Desain							
		Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3		Referensi	
Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot
Perawatan	10%	4	0,5	3	0,3	2	0,2	3	0,3
Manufaktur	20%	5	0,8	4	0,7	3	0,5	3	0,6
Analisis Struktur	30%	3	0,9	5	1,2	4	1	3	0,9
Harga	40%	3	1,2	4	1,6	5	2	3	1,2
Bobot Total	100%								
Nilai Absolute		15	3,4	16	3,8	14	3,7	12	3
Nilai Relatif (%)		26,32	24,46	28,07	27,34	24,56	26,69	21,05	21,74

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan perencanaan *conveyor*, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Perhitungan dan Perencanaan

Kapasitas conveyor	10 ton/hari
Panjang sabuk	14,32 m
Berat sabuk per meter	52,8 kg/m
Berat <i>idler</i>	15 kg
Jumlah <i>idler</i>	2 <i>idler</i>
Jumlah <i>return idler</i>	8 <i>idler</i>
Daya motor penggerak	1,8 kW atau 2,4 HP
Rasio perbandingan transmisi	1 : 20
Putaran motor	1400 rpm
Jenis penggerak utama	<i>Three phase induction motors NMRV 130</i>
Torsi pada poros	7689,47 kg/mm
Harga	Rp. 37.923.000

Berdasarkan hasil dari analisis simulasi kekuatan struktur didapatkan hasil bahwa tegangan maksimum pada rangka dibandingkan dengan perhitungan tegangan izin maksimum ($60,729 \text{ Mpa} < 125 \text{ Mpa}$), sedangkan untuk nilai *safety factor* terendah hasil lebih besar dari *safety factor* yang telah ditentukan ($3,784 > 2,00$) maka desain ini dinyatakan aman dan dapat dioperasikan dengan beban 10 ton/hari atau bisa lebih dari 10 ton.

REFERENSI

- Rudenko, N. (2012). *Materials Handling Equipment*, Second edition. Peace Publishers, Moscow.
- Spivakovsky, A., & Dyackov, V. (1987). *Conveyors and Related Equipment pivakovsky and dyachkov*. Peace Publisher, Moscow.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2016). *Product design and development*. McGraw-Hill Education.