Perancangan dan Analisis *Semi Automatic Pneumatic Stripping Paper Machine* PT. XYZ

Yohanes Nugroho[1], **Reno Ryzky Fauzy**[1] , **Aditya Nugraha**[1*]
[1]Program Studi Rekayasa Teknologi Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta
**Email Corresponding Author: aditya.nugraha@atmi.ac.id*

ABSTRAK

Gift toys Sally adalah mainan yang diproduksi oleh PT. XYZ dengan target produksi 4.000.000 *pcs* dan produksi harian mencapai 108.000 *pcs* dalam 8 jam. Proses pemisahan produk dilakukan secara manual setelah die cut untuk menghindari risiko produk masuk ke komponen mesin die cut. Metode penelitian menggunakan *Verein Deutscher Ingenieure (VDI)* 2221 dan *Finite Element Analysis (FEA).* VDI 2221 digunakan mengidentifikasi daftar kebutuhan dan struktur fungsi, sedangkan FEA dengan *Solidworks* digunakan menganalisis kekuatan rancangan. Hasil penelitian menghasilkan rancangan *Semi Automatic Stripping Paper Machine* dengan dimensi panjang 1480 mm, lebar 370 mm, dan tinggi 970 mm. Analisis rangka menggunakan FEA menunjukkan tegangan ekuivalen maksimal *(von Mises)* sebesar 14.986,4 *kN/m²*, analisis pembebanan *factor of safety* rangka menunjukkan minimum sebesar 3,680, sementara yield strength material *frame* adalah 55.148,5 kN/m². Rangka mengalami pergeseran sebesar 0,183 mm. Analisis kekuatan pada *blanking plate* saat pembebanan *stripping* menggunakan FEA menunjukkan hasil yang kuat dan aman. Perhitungan komponen pendukung memenuhi persyaratan kekuatan yang diperlukan. *Cycle time* yang dibutuhkan untuk *stripping* produk *Gift toys* Sally dengan *output* 400 *pcs* atau 10 *sheet* adalah 3,216 detik.
Keywords: VDI 2221; FEA; Paper Toys; Stripping Machine; Punch.

ABSTRACT

Gift toys Sally is a toy produced by PT. XYZ with a production target of 4,000,000 pieces and a daily production rate of 108,000 pieces within an 8-hour shift. The separation process of the products is conducted manually after the die cut to avoid the risk of the products entering the die cut machine components. The research method employs Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 2221 and Finite Element Analysis (FEA). VDI 2221 is used to identify the list of requirements and function structures, while FEA with Solidworks is used to analyze the design strength. The research results in the design of a Semi-Automatic Stripping Paper Machine with dimensions of 1480 mm in length, 370 mm in width, and 970 mm in height. Frame analysis using FEA shows a maximum equivalent stress (von Mises) of 14,986.4 kN/m². The frame's factor of safety analysis under load indicates a minimum of 3.680, while the yield strength of the frame material is 55,148.5 kN/m². The frame experiences a displacement of 0.183 mm. Strength analysis on the blanking plate during stripping load using FEA shows strong and safe results. The supporting components calculations meet the required strength criteria. The cycle time needed for stripping Gift toys Sally products with an output of 400 pieces or 10 sheets is 3.216 seconds.
Keywords: VDI 2221; FEA; Paper Toys; Stripping Machine; Punch.

PENDAHULUAN

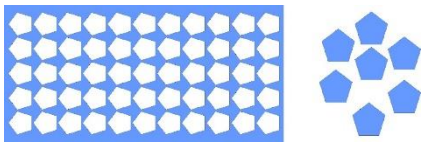
Manusia memiliki dua sifat alami, yaitu sebagai makhluk pekerja *(homo faber)* dan makhluk bermain *(homo ludens)*. Salah satu cara manusia mengekspresikan naluri bermain tersebut adalah melalui penggunaan mainan. Sifat *homo ludens* ini menjadi salah satu alasan mengapa industri mainan terus berkembang dan bahkan mengalami peningkatan [1].

Indonesia telah menjadi produsen mainan besar dengan potensi ekspor yang signifikan. Menurut data Kementerian Perindustrian tahun 2021, ekspor mainan anak mencapai US$320 juta pada tahun 2018 dan meningkat menjadi US$343 juta pada tahun 2020. Lebih dari 131 unit usaha mainan anak dalam skala industri menengah beroperasi. PT. XYZ berkontribusi dalam produksi mainan anak dari berbagai bahan seperti plastik, kertas, dan kain, dengan produk seperti *gift toys*, boneka, robot, dan *puzzle* yang diekspor ke Singapura, Italia, Inggris, dan Amerika Serikat [2].

Gift toys Sally adalah salah satu jenis mainan yang diproduksi oleh PT. XYZ dengan target produksi sebanyak 4.000.000 *pcs*. Rata-rata total produksi per hari mencapai 108.000 *pcs* dalam waktu operasional 8 jam per hari. Mainan terdiri dari dua bagian, yaitu base yang diproduksi melalui proses injeksi plastik dan figure yang terbuat dari kertas. Proses pembuatan figure mencakup beberapa tahap, mulai dari pencetakan kertas, laminasi (penggabungan dua lapisan

kertas), die cut sesuai spesifikasi produk, hingga pengemasan.

Proses pemisahan hasil *die cut* antara produk yang tidak layak *(sheet paper piece)* dan produk yang layak jual *(good product)* saat ini dilakukan secara manual. Mesin *die cut* yang digunakan tidak dapat melakukan pemisahan secara langsung karena risiko produk yang dipisahkan dapat masuk ke dalam komponen mesin. Proses pemisahan dilakukan di luar mesin untuk menghindari masalah tersebut.



(a) (b)

Gambar 1 Ilustrasi hasil pemisahan produk *die cut*, yang terdiri dari *sheet paper piece product* (a) dan *good product* (b).

Berdasarkan pengamatan, waktu rata-rata untuk proses stripping manual adalah 10,32 detik per siklus, dengan output produksi 40 figure per lembar proses *die cut*. Perlu dirancang mesin stripping yang mampu secara otomatis memisahkan produk dari *sheet paper piece* guna meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi.

Tabel 1 Hasil Pengukuran *Cycle Time Stripping* setiap satu produk.

No	Pengukuran	Waktu (Detik)
1	Pengukuran 1	10,15
2	Pengukuran 2	11,09
3	Pengukuran 3	10,32
4	Pengukuran 4	10,14
5	Pengukuran 5	10,25
6	Pengukuran 6	9,98

METODE PENELITIAN

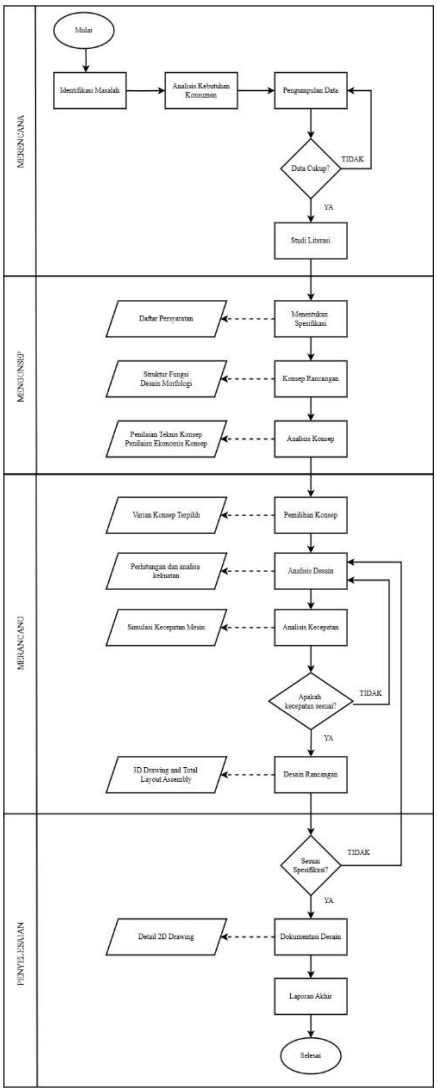
Metodologi penelitian dalam perancangan *Semi Automatic Stripping Paper Machine* PT. XYZ diharapkan dapat merancang sistem teknis yang meningkatkan kreativitas dan efisiensi desainer melalui prosedur sistematis, yang mencakup dukungan komputer, percepatan perhitungan awal, dorongan untuk inovasi, rasionalisasi proses desain, penghematan waktu, pencegahan kesalahan, dan pemeliharaan minat aktif, sesuai dengan temuan psikologi kognitif dan ilmu manajemen modern [3].

Penelitian menggunakan metode VDI 2221, yang bertujuan mendukung perancangan metodis dan sistematis untuk meningkatkan efisiensi. Metode ini menawarkan pedoman independen dari berbagai cabang dan membahas aspek-aspek yang meliputi teknik mesin, mekanika, pengembangan perangkat lunak, dan perencanaan rekayasa proses [4].

Metode dirancang agar pengguna dapat memahami dengan cepat tanpa harus belajar secara detail [5]. Langkah-langkah dalam merancang penelitian menggunakan metode VDI 2221 dibagi menjadi beberapa tahap :

a) Klarifikasi Tugas *(Clarification of the task)*
b) Perancangan Konsep *(Conceptual design)*
c) Perancangan Wujud *(Embodiment Design)*
d) Perancangan Detail *(Detail Design)*

Diagram alir mengenai tahapan dalam merancang *Semi Automatic Stripping Paper Machine* PT. XYZ menggunakan metode *VDI 2221* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir perancangan *Semi Automatic Stripping Paper Machine*

Mengonsep

Tahap klarifikasi tugas terdapat daftar tuntutan. Tabel 1 menunjukkan tuntutan perancangan *Semi Automatic Stripping Paper Machine* PT. XYZ.

Tabel 1 Daftar Permintaan

No.	Daftar Permintaan
1	Dimensi rancangan mesin panjang 400 - 750 mm, lebar 250 - 500 mm, tinggi 700 - 1.100 mm
2	Dimensi *raw material paper* olahan *die cut* panjang 600 mm, lebar 400 mm, tebal 2,5 mm
3	Fungsi pemisahan antara *wate product* dan *good product*
4	Pengoperasian yang mudah
5	Tegangan listrik tidak besar
6	Alat mudah dipindahkan dan dirawat
7	Proses kerja cepat
8	Material tahan aus dan korosi
9	Rangka kuat dan kokoh
10	Mekanisme kerja sederhana
11	Bahan mudah didapat di pasaran
12	Desain alat yang sederhana dan enak dipandang
13	Bongkar pasang komponen tidak sulit
14	Proses pembuatan tidak rumit
15	Cocok untuk produksi massal
16	Rancangan inovatif, kreatif, dan ekonomis
17	Tidak menggunakan bahan kimia berbahaya
18	Dapat diproduksi secara massal

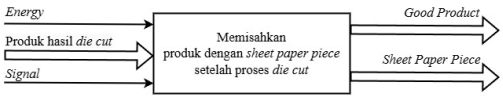
Daftar permintaan dalam **Tabel 1** disusun secara sistematis ke dalam daftar persyaratan yang dibagi menjadi dua kategori: *D (Demands)* dan *W (Wishes)*, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Daftar Persyaratan

Parameter	Tuntutan Harapan	D W	Persyaratan – persyaratan	Penanggung Jawab
Geometri	D		Batas maksimal kertas yang bisa diproses adalah panjang 400-750 mm, Lebar 250-500 mm, Tebal 25 mm	Reno Ryzky Fauzy
	`W		Dimensi rancangan mesin panjang 400 - 750 mm, lebar 250 - 500 mm, tinggi 700 - 1.100 mm	
	D		Dimensi pemotongan menyisakan panjang 0,5 mm dan lebar 0,5 mm pada setiap perpotongan sepanjang 30 mm.	
Kinematic	D		Ketepatan keposisian produk	
	D		Pemberian gaya pada keliling kertas	
Energi	D		Daya listrik menggunakan 220 volt	
	D		Ketersediaan daya angin sebesar 6 Bar.	
Material	D		Menggunakan material kuat dan ringan.	
	W		Material tahan aus dan korosi.	
	W		Bahan mudah didapatkan di pasaran	
	W		Proses pembuatan tidak rumit	
	D		Tidak menggunakan bahan kimia	
Transport	W		Mesin dapat dipindahkan dengan mudah.	
Quality control	D		Produk terpisah sempurna dengan kertas	
Operation, Maintenance	D		Memungkinkan 10 lembar pemrosesan dalam satu proses	
	D		Digunakan pada *Line Production*	
	D		Pengoperasian tidak membutuhkan keahlian	
	W		Usia pakai mesin minimal 3 tahun	
	`W		Perawatan mudah	
	W		*Part* mesin mudah ditemukan	
	W		Pengoperasian mudah dan cepat	
Safety	D		Melindungi keselamatan operator	

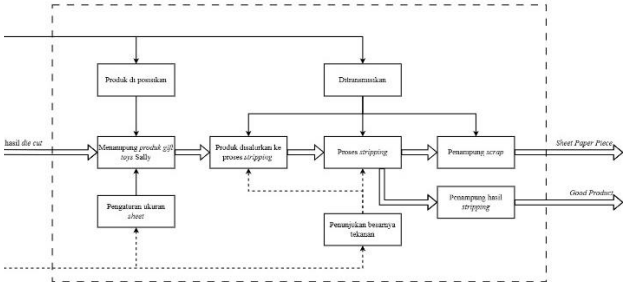
Daftar persyaratan perancangan *Semi Automatic Stripping Paper Machine* PT. XYZ. diubah menjadi abstraksi untuk merumuskan masalah dan menganalisis keinginan, dengan menetapkan tujuan tanpa solusi pasti. *Engineer* harus mempertanyakan dan menguji semua kendala dan asumsi, mempertahankan hanya batasan asli untuk menemukan solusi terbaik. Berikut hasil dari abstraksi :

Rancangan mesin memisahkan produk dengan *sheet paper piece* setelah proses *die cut* atau proses *stripping paper*. *Functional modelling* menggambarkan proses pengoperasian dan prinsip kerja secara keseluruhan. Struktur fungsi untuk *Semi Automatic Stripping Paper Machine* dijelaskan pada **Gambar 3.**



Gambar 3 Struktur Fungsi

Gambar 4 menunjukkan prinsip kerja yang dijabarkan lebih lanjut dalam sub-fungsi.



Gambar 4 Sub-Fungsi

Desain Morfologi

Prinsip solusi untuk memenuhi sub fungsi dicari melalui skema klasifikasi, dengan fokus pada sub fungsi yang penting, dan dieksplorasi untuk membentuk kombinasi struktur fungsi yang dapat melaksanakan sub fungsi tersebut. Kombinasi alternatif kemudian disaring untuk menemukan pilihan terbaik.

Tabel 3 Morfologi desain *Semi Automatic Stripping Paper Machine*

No	Sub Fungsi	Keterangan	Solusi			
			Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
1.	Menampung produk *gift toys* Sally					
A.	Penampung produk	Jenis mekanisme pemasangan produk	Lift otomatis	Manual	*Automated material handling*	
B.		Jenis mekanisme penggerak	*Electric Linear Actuator*	Motor Servo	Tidak Menggunakan	
C.	Pemindah alat bantu rancangan	Alat bantu berpindahnya mesin	*Plastic wheel with plate lock*	*Wheel without lock*	*Wheel completed with lock*	*No System*
2.	Pengaturan ukuran *sheet*					
D.	Pengukuran produk yang akan diproses	Alat mengukur ukuran *paper sheet.*	Caliper	Sensor	Mistar	
3.	Produk berjalan mengarah ke proses *stripping*					
E.	Penyalur ke proses *punch*	Jenis penggerak sebagai penyalur	Dorongan	*Conveyor system*	*Automated retrieval*	*No system*
4.	Proses *stripping*					
F.	Proses punch	Jenis mekanisme *stripping*	*Cavity Core*	*Cavity*	*Ejector Pin*	
G.		Jenis mekanisme pemisahan produk	*Punch*	*Ejecting*	Tekanan Angin	Vibrating
H.		Jenis penggerak *stripping*	Motor Listrik	Kompressor		
I.	Sensor kemanan punch	Jenis sensor keamanan	*Light Safety Curtain*	*No System*		
5.	Tempat hasil *stripping*					
J.	Penampung poduk jadi.	Jenis penampung hasil *product stripping*	*Hopper*	*Rail drive system*	*Conveyor system*	
6.	Penampung *Scrap*					
K.	Penampung *scrap*	Jenis mekanisme penampung *Scrap*	*Belt Drive Linier*	Manual	*Cylinder*	

Keterangan :
Varian 1 Varian 2 Varian 3 Varian 4

Analisis konsep dilakukan untuk memilih varian terbaik berdasarkan penilaian teknis dan ekonomis, melalui survei kepada ahli berpengalaman dalam perancangan alat dan mesin.

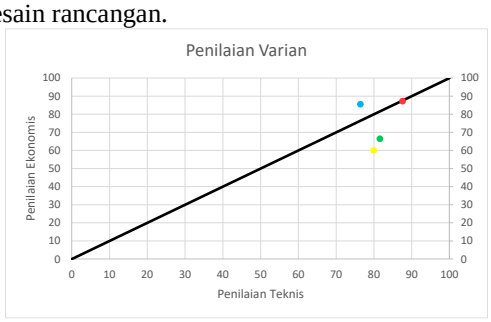
Tabel 4 Penilaian Teknis Varian Konsep

Penilaian Teknis Varian Konsep												
No.	Kriteria Penilaian Teknis	Bobot	Varian 1		Varian 2		Varian 3		Varian 4		Nilai Ideal	
			Nilai	Bobot x Nilai	Nilai	Bobot x Nilai	Nilai	Bobot x Nilai	Nilai	Bobot x Nilai	Nilai	Bobot x Nilai
1	Keandalan Rancangan	5	4	20	5	25	5	25	3	15	5	25
2	Kecepatan Produksi	4	4	16	5	20	5	20	3	12	5	20
3	Kapasitas Produksi	3	4	12	4	12	4	12	3	9	5	15
4	Keamanan Operasional	3	5	15	4	12	4	12	5	15	5	15
5	Kemudahan Operasional	5	5	25	4	20	3	15	4	20	5	25
6	Kemudahan Pemeliharaan	3	5	15	3	9	3	9	4	12	5	15
7	Fleksibilitas Desain	2	5	10	3	6	3	6	5	10	5	10
8	Tingkat Ergonomi	4	4	16	4	16	4	16	4	16	5	20
9	Kekuatan Struktural	5	4	20	5	25	5	25	3	15	5	25
10	Kualitas Hasil *Stripping*	4	5	20	5	20	4	16	3	12	5	20
11	Kecepatan Pemindahan	2	5	10	2	4	4	8	5	10	5	10
12	Proses Pemisahan Produk	3	3	9	4	12	3	9	4	12	5	15
13	Kebutuhan Ruang	2	4	8	3	6	5	10	5	10	5	10
14	Keterbaruan Teknologi	2	4	8	4	8	4	8	4	8	5	10
15	Kemudahan Perakitan	3	5	15	3	9	3	9	5	15	5	15
Total		50	66	219	58	204	59	200	60	191	75	250
Nilai Teknis			4,4		4,1		4,0		3,8		5	
Presentase			87,6		81,6		80		76,4		100	
Peringkat			1		2		3		4			

Tabel 5 Penilaian Ekonomis Varian Konsep

Penilaian Ekonomis Varian Konsep												
No.	Kriteria Penilaian Ekonomi	Bobot	Varian 1		Varian 2		Varian 3		Varian 4		Nilai Ideal	
			Nilai	Bobot x Nilai	Nilai	Bobot x Nilai	Nilai	Bobot x Nilai	Nilai	Bobot x Nilai	Nilai	Bobot x Nilai
1	Biaya Pemesinan	4	4	16	4	16	3	12	5	20	5	20
2	Biaya Bahan Baku	5	4	20	3	15	3	15	4	20	5	25
3	Biaya Suku Cadang	4	4	16	4	16	4	16	5	20	5	20
4	Biaya Perawatan	5	5	25	3	15	3	15	4	20	5	25
5	Biaya Desain	3	4	12	3	9	3	9	5	15	5	15
6	Biaya Perakitan	4	5	20	3	12	2	8	3	12	5	20
Total		25	26	109	20	83	18	75	26	107	30	125
Nilai Teknis			4,4		3,3		3,0		4,3		5	
Presentase (%)			87,2		66,4		60		85,6		100	
Peringkat			1		3		4		2			

Kesimpulan dari pembobotan dan penilaian teknis serta ekonomis menunjukkan bahwa varian 1 memiliki nilai terbaik dibandingkan varian lainnya. Grafik pada **Gambar 5**, menunjukkan varian 1 sebagai yang terdekat dengan garis diagonal. Konsep terpilih varian 1 akan direalisasikan ke dalam bentuk *draft* dan desain rancangan.



Gambar 5 Grafik perbandingan penilaian konsep.

Perhitungan adalah tahap paling penting dalam merancang prototipe. Beberapa aspek yang perlu dihitung dalam rancangan *Semi Automatic Stripping Paper Machine* meliputi:

1. *Clearence punch* dan *dies.*

Clearance adalah jarak antara sisi *punch* dan die yang dihasilkan dari proses pemotongan lembaran, mempengaruhi hasil tepi potong. *Clearance* yang terlalu kecil meningkatkan gaya potong karena garis keretakan cenderung tidak bersinggungan [6].

$$Clearence = Allowence\ x\ Thicknes \quad (1)$$

Keterangan :

$Clearence$	:	Jarak antara sisi *punch* dan *die* dalam proses pemotongan.
$Allowence$	:	Faktor yang ditentukan berdasarkan jenis material dan proses pemotongan.
$Thicknes$	:	Ketebalan material yang akan dipotong.

2. *Gaya pressure*

Gaya (F) merupakan interaksi antara dua benda yang ditentukan oleh besarnya, arahnya, dan titik kerjanya, dan dapat bersifat terpusat jika area gaya jauh lebih kecil daripada dimensi objek atau terdistribusi. Berat objek adalah gaya gravitasi yang terdistribusi pada volumenya dan bisa dianggap sebagai gaya terpusat yang bekerja melalui titik beratnya [7].

$$F = m.g \quad (2)$$

Keterangan :

F	:	Gaya berat (N)
m	:	Massa (kg)
g	:	Percepatan gravitasi (m/s^2)

3. Gaya potong

Gaya potong adalah gaya yang dibutuhkan untuk membuat lubang sesuai dengan bentuk *punch*, yang menghasilkan material sisa yang disebut *slug* atau *rest piece*, yang kemudian akan dibuang [8].

$$F_{potong} = Keliling\ Produk\ x\ t\ x\ \sigma_B \quad (3)$$

Keterangan :

F_{potong}	:	Gaya potong (N)
$Keliling\ Produk$	:	Keliling produk bagian yang akan diproses (mm)
t	:	Tebal material (mm)
σ_B	:	Tegangan patah (N/mm^2)

4. Diameter *pneumatic*

Perhitungan dalam perancangan mencari diameter pneumatic menggunakan persamaan [9].

$$D^2 = \frac{\mathrm{F}}{\frac{\pi}{4}\ x\ p} \quad (4)$$

Keterangan :

D	:	Diameter silinder (mm)
F	:	Gaya pengepresan (N)
p	:	Tekanan kerja (bar)

5. Luas permukaan piston

Perhitungan Luas permukaan piston aktuator *pneumatic* didasarkan pada Persamaan 5 [9]:

$$A' = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \quad (5)$$

Keterangan :

A	:	Luas permukaan piston (m^2).
D	:	Diameter silinder (m).
d	:	Diameter batang torak (m).

6. Konsumsi udara *pneumatic* (debet).

Perhitungan Konsumsi udara *pneumatic* didasarkan pada Persamaan 6 [9]:

$$Q = \frac{\mathrm{A\ x\ s\ x\ n\ x}\ (P_e + P_{atm})}{P_{atm}} \quad (6)$$

Q	:	Debet udara yang dipakai silinder dalam $^l/_{min}$
A	:	Luas permukaan silinder dalam m^2
s	:	Panjang langkah dalam m.
n		Jumlah langkah tiap menit
P_e		Tekanan kerja dalam bar
P_{atm}		Tekanan Atmosfer dalam bar

7. Kecepatan Silinder

Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan silinder *pneumatic* meliputi beban pada silinder, tekanan kerja, diameter dalam, panjang saluran antara silinder dan katup kontrol arah, serta ukuran katup kontrol arah [10].

$$v = \frac{\mathrm{Q}}{A} \quad (7)$$

Keterangan :

v	:	kecepatan silinder ($^{mm}/_{sec}$)
Q	:	debit udara yang digunakan silinder ($^{mm^3}/_{min}$)
A	:	luas permukaan silinder (mm^2)

8. Waktu Siklus Silinder *Pneumatic*

Waktu yang diperlukan untuk membuka dan menutup *pneumatic* dapat dihitung menggunakan rumus persamaan berikut [10] :

$$v = \frac{\mathrm{s}}{\mathrm{t}} \quad (8)$$

Keterangan :

v	:	Kecepatan silinder ($^{mm}/_{sec}$).
s	:	Waktu sekali siklus silinder (*sec*)
t	:	Panjang langkah (mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsep terpilih, varian 1, akan direalisasikan dalam bentuk *draft* dan desain rancangan.

Proses perancangan dimulai dari fungsi utama sesuai panduan VDI 2221, dengan perhitungan untuk memastikan bagian-bagian rancangan *Semi Automatic Stripping Paper Machine* bekerja sesuai fungsinya [3].

a. Punch

Proses *pneumatic* dalam desain *punch* menggunakan tekanan udara untuk memisahkan produk dari *scrap*, dengan silinder *pneumatic double-acting cylinders* yang memiliki diameter piston 25 mm, panjang langkah 200 mm, *cycle time* 0,858 detik, dan *clearance punch* dan *dies* sebesar 0,125 mm.

Tabel 6 Perhitungan Punch

No	Keterangan	Hasil
1	*Clearence punch*	0,125 mm
2	Total gaya beban	1315,533 N
3	Diamter *pneumatic*	25 mm
4	Luas penampang silinder	0,000049 m^2
5	Debet Udara	6,88 l/min
6	Kecepatan *pneumatic*	0,233 m/s
7	*Cycle time*	0,858 s

b. Pneumatic Mover

Proses *pneumatic* mendorong produk dari *lifter table* ke proses *punch* dengan silinder *pneumatic.* Berdasarkan hasil perhitungan diameter piston 4,2 mm, diperbesar menjadi 20 mm untuk mencapai panjang 400 mm sesuai standar *part*, dengan *cycle time* 0,858 detik.

Tabel 7 Perhitungan *Pneumatic Mover*

No	Keterangan	Hasil
1	Total gaya beban	8,373 N
2	Diamter *pneumatic*	20 mm
3	Luas penampang silinder	0,000314 m^2
4	Debet Udara	8,79 l/min
5	Kecepatan *pneumatic*	0,466 m/s
6	*Cycle time*	0,858 s

c. Lifter Table

Perhitungan beban total pada *lifter table, cycle time,* dan spesifikasi *actuator* elektrik sebagai penggerak utama menunjukkan bahwa dalam satu siklus pemrosesan, 10 lembar atau 400 produk dapat diproses dalam waktu 1 detik.

Tabel 8 *Perhitungan Lifter Table*

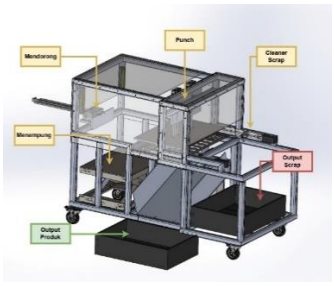
No	Keterangan	Hasil
1	Total gaya beban	181,485 N
2	Luas penampang silinder	0,000314 m^2
3	Debet Udara	8,79 l/min
4	Kecepatan *pneumatic*	0,466 m/s
5	*Cycle time*	1 s

3.1 Desain Rancangan



Gambar 6 Rancangan *Semi Automatic Stripping Paper Machine*

Rancangan *Semi Automatic Stripping Paper Machine* merupakan hasil pengembangan alat bantu untuk memisahkan produk dalam produksi *Gift toys Sally*. Desain dibuat dalam bentuk gambar 3 dimensi, pada **Gambar 6** dari pandangan *isometri* yang dipilih berdasarkan penilaian morfologi desain. Dimensi rangkanya adalah panjang 1480 mm x lebar 370 mm x tinggi 970 mm.

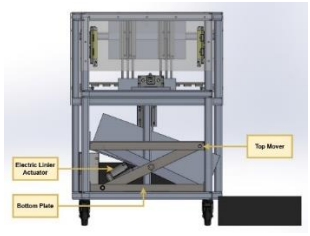


Gambar 7 Bagian-bagian rancangan *semi automatic stripping paper machine*

Komponen utama rancangan *Semi Automatic Stripping Paper Machine.*

1. Menampung (*Lifter Table)*

Lifter Table adalah *sub-assembly* yang berfungsi menampung produk dalam barisan, terdiri dari *frame*, *electric actuator*, *top lifter table*, dan *bottom lifter table*. Mekanisme dimulai dengan *electric actuator* yang mendorong bahan mentah ke atas hingga mencapai ketinggian yang diperlukan. Spesifikasi *Lifter Table* meliputi dimensi material 600 mm x 400 mm, dengan kapasitas produksi 190 lembar produk (@2,5 mm) atau 475 mm. Penggerak utama adalah Electric Actuators dengan Stroke Length 2 inchi.



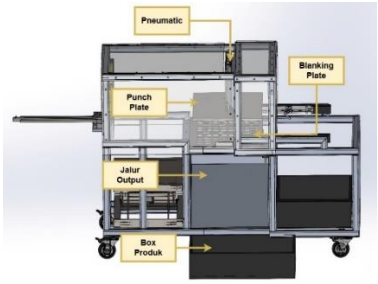
Gambar 8 *Sub-Assembly Lifter Table*

2. *Mover*

Mover adalah *sub-assembly* yang menyalurkan produk dari lifter table ke proses punch atau *stripping*. Mekanisme ini bekerja dengan mendorong produk menggunakan *pneumatic* menuju *stopper* atau *blanking plate* pada bagian *punch*. Spesifikasi pneumatic yang digunakan adalah diameter 20 mm dengan panjang 400 mm.

3. *Punch* atau *Stripping*.

Punch atau *stripping* adalah *sub-assembly* yang memisahkan produk dari *blank product*, terdiri dari *punch plate* dan *blanking plate*. Mekanismenya bekerja dengan menekan produk yang tertata di *blanking plate* menggunakan *pneumatic*, sehingga scrap tertinggal di *blanking plate* dan produk turun ke dalam *box pallet.* Spesifikasi *pneumatic* yang digunakan adalah diameter 25 mm dengan panjang 200 mm.



Gambar 9 Bagian-bagian *Sub-Assembly Stripping*

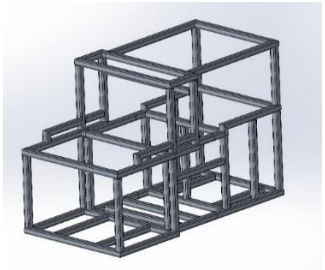
4. *Cleanner Scrap.*

Cleaner scrap adalah *sub-assembly* yang memindahkan scrap atau produk blanking ke dalam box pallet menggunakan mekanisme *belt-driven linear actuators* untuk menarik dan mengarahkan *scrap* ke *box pallet* penampung.

Komponen Pendukung Rancangan *Semi Automatic Stripping Paper Machine*

1. *Frame*

Frame digunakan sebagai tempat bak raw material dan dudukan komponen pendukung lainnya, terbuat dari aluminium *profile strut* dengan dimensi 40 mm x 40 mm. Dimensi *frame* adalah 1480 mm (panjang) x 370 mm (lebar) x 970 mm (tinggi).



Gambar 10 Rancangan Rangka *Semi Automatic Stripping Paper Machine*

2. *Light Curtain Safety*

Light curtain safety adalah perangkat yang melindungi orang di zona keamanan dengan mendeteksi intrusi dan mengirimkan sinyal untuk menghentikan operasi mesin, mencegah kecelakaan. Terdiri dari pemancar dan penerima yang membentuk "tirai" cahaya, sistem ini menghentikan mesin jika sinar terhalang. Rancangan *Semi Automatic Stripping Paper Machine* menggunakan *light curtain safety* untuk melindungi pekerja, terutama selama proses punch [11].

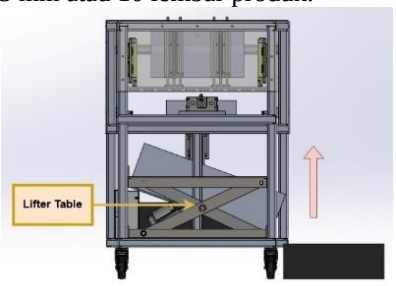
3. *Cover Machine*

Cover Machine adalah komponen pelindung yang melindungi bagian internal mesin dari kerusakan, debu, dan kotoran, serta melindungi operator dari komponen bergerak dan potensi bahaya lainnya. *Cover* pada rancangan *Semi Automatic Stripping Paper Machine* terbuat dari akrilik sesuai standar PT XYZ.

Analisis Proses Rancangan

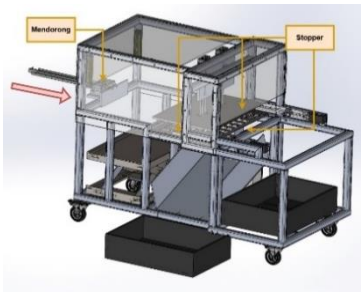
Alur Proses Kerja rancangan Semi Automatic Stripping Paper Machine

a. Produk *Gift toys Sally* yang telah melewati proses *die cut* ditempatkan pada *lifter table*. Produk yang akan diproses akan bergerak naik dengan alat bantu *electric actuators* naik 25 mm atau 10 lembar produk.



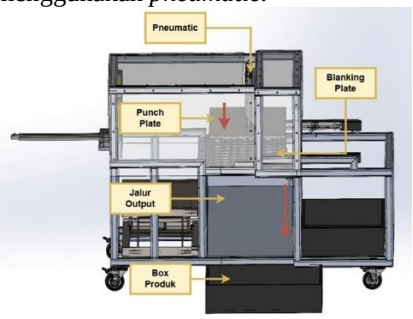
Gambar 11 Produk ditampung pada *lifter table* dan bergerak naik untuk diproses.

b. Produk akan didorong oleh *pneumatic mover* menuju *blanking plate* yang sudah dilengkapi dengan *stopper*.



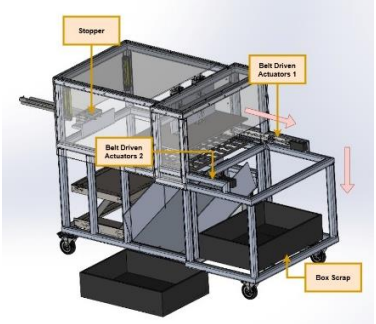
Gambar 12 *Pneumatic* mendorong produk sampai *stopper*

c. Produk hasil *die cut* dipisahkan melalui proses pengepresan *(punch*), sehingga terpisah dari *scrap* atau *blank product.* Produk yang terpisah akan turun menuju ke dalam *box pallet* dan menyisakan *scrap* di *blank plate*. Proses *stripping* dilakukan menggunakan *pneumatic.*



Gambar 13 Proses *Stripping*

d. *Blank product* akan dimasukkan ke dalam *box pallet* menggunakan sistem mekanisme menarik dengan *Belt Driven Linear Actuators.*



Gambar 14 Proses *Cleaner Scrap*

Analisis Waktu

Waktu siklus pada perancangan *Semi Automatic Stripping Paper Machine* PT. XYZ, untuk memproduksi 400 produk atau 10 lembar per proses. Perhitungan ini didasarkan pada referensi standar yang digunakan.

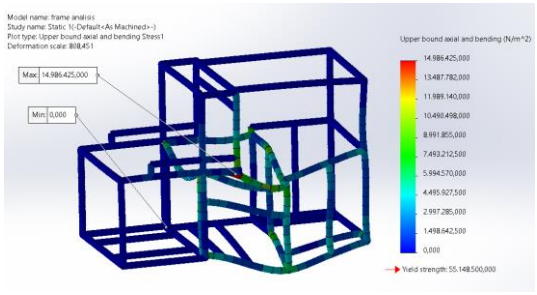
Analisis Kekuatan

Analisis konstruksi rangka *Semi Automatic Stripping Paper Machine* PT. XYZ akan dilakukan menggunakan fitur analisis statis pada *software SolidWorks* 2023. Hasil perhitungan konstruksi akan digunakan sebagai referensi untuk pengujian lebih lanjut. Analisis mencakup dua bagian: *frame* dan *blanking plate*, dengan gaya yang dihitung sebesar 1.315,533 N.

Analisis Rangka

a. Analisis Stress pada *Frame*

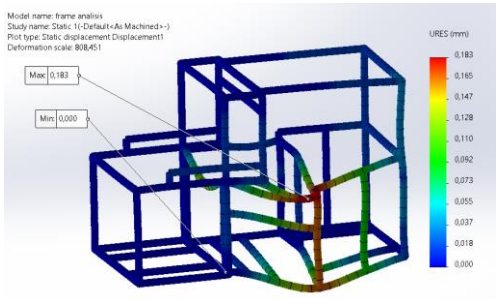
Analisis menunjukkan bahwa tegangan maksimal *von Mises* yang diterima oleh rangka adalah 14.986,4 kN/m², sementara *yield strength* material yang digunakan adalah 55.148,5 kN/m². Berdasarkan hasil analisis, rangka rancangan *Semi Automatic Stripping Paper Machine* dinyatakan aman dan mampu memenuhi pembebanan yang diterima.



Gambar 15 Analisis pembebanan rangka.

b. Analisis *Displacement* pada *Frame*

Besar *Displacement* terbesar terjadi pada bagian ujung rangka, ditandai dengan warna merah dengan besar nilai *displacement* yaitu 0,183 mm. Nilai *Displacement* terkecil berwarna biru terletak di bagian tengah rangka yaitu warna biru muda 0 mm.



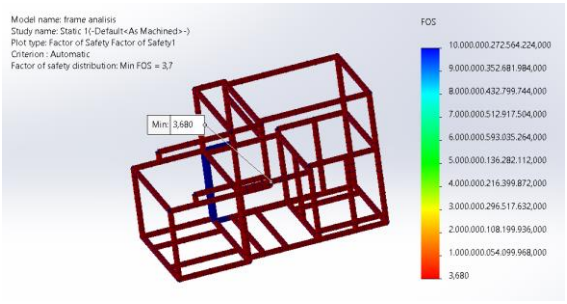
Gambar 16 Analisis *Displacement* pada *Frame*

c. Analisis *factor of safety Frame*

Factor of safety merupakan nilai keamanan pada suatu desain. Faktor keamanan diperhitungkan

$$t_{total} = t_{lifter\ table} + t_{mover} + t_{punch} + t_{Cleaner}$$
$$= 1\ s + 0{,}858\ s + 0{,}858\ s + 0{,}5\ s$$
$$= 3{,}216\ s$$

dengan acuan pada hasil bagi dari besar tegangan ijin (*yield strength)* dibagi dengan besar tegangan yang terjadi. Besar *factor of safety* pada rangka yang dibebani adalah nilai maksimum sebesar 10.000.000.272.564.224 dan minimum sebesar 3,680.

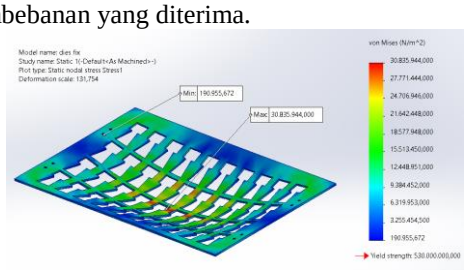


Gambar 17 *Analisis factor of safety Frame.*

Blanking plate

a. Analisis *Stress* pada *blanking plate*

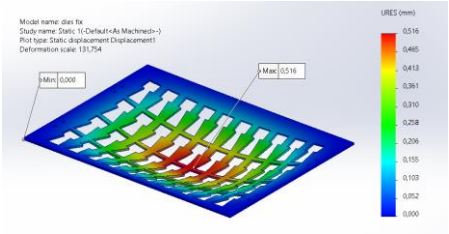
Material *blanking plate* yang digunakan adalah S45C. Analisis menunjukkan bahwa tegangan *von Mises* maksimum yang diterima adalah 30.835.944 N/m², sedangkan *yield strength* material adalah 530.000 kN/m². Berdasarkan hasil analisis, rangka *Semi Automatic Stripping Paper Machine* dinyatakan aman dan mampu memenuhi pembebanan yang diterima.



Gambar 18 Analisis *Stress* pada *blanking plate*

b. Analisis *Displacement* pada *blanking plate*

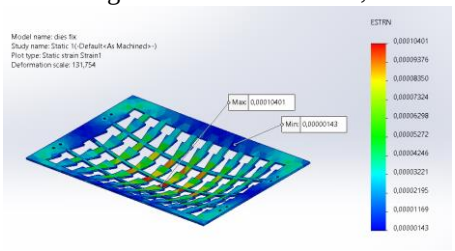
Besar *Displacement* terbesar terjadi dengan warna merah dengan besar nilai *Displacement* yaitu 0,516 mm. Nilai *Displacement* terkecil berwarna biru terletak di bagian tengah rangka yaitu warna biru muda 0 mm.



Gambar 19 Analisis *Displacement* pada *blanking plate*

c. Analisis *Strain* pada *blanking plate*

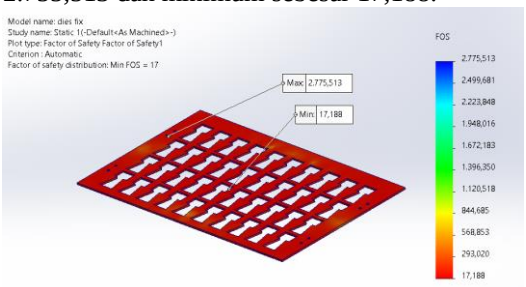
Besar *strain* terbesar dengan nilai 0,00010401. Nilai *strain* terkecil berwarna biru terletak di bagian warna biru muda 0,00000143.



Gambar 20 Analisis *Strain* pada *blanking plate*

d. Analisis *factor of safety blanking plate*

Besar *factor of safety* pada *blanking plate* yang dibebani adalah nilai maksimum sebesar 2.755,513 dan minimum sebesar 17,188.



Gambar 21 Analisis *Blanking Plate factor of safety Frame*

KESIMPULAN

Kesimpulan dari Perancangan dan Analisis *Semi Automatic Stripping Paper Machine* di PT. XYZ:

1. Rancangan alat bantu *Semi Automatic Stripping Paper Machine* memisahkan produk dari lembaran kertas setelah proses *die cut* menggunakan *pneumatic.*
2. Analisis *Finite Element Analysis (FEA)* pada rangka menunjukkan *factor of safety* minimum sebesar 3,680, mengindikasikan bahwa rangka memiliki konstruksi yang kuat, aman, dan mampu melakukan *stripping* pada produk *Gift toys* Sally dengan baik. Analisis kekuatan pada *blanking plate* menunjukkan bahwa desainnya kuat dan aman, serta komponen pendukung memenuhi persyaratan kekuatan yang diperlukan.
3. Perhitungan rancangan *Semi Automatic Stripping Paper Machine* PT. XYZ menunjukkan bahwa *cycle time* untuk *stripping* 400 produk atau 10 lembar *Gift toys* Sally adalah 3,216 detik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Soedarwanto, H. Tinjauan Mainan Lokal Menggunakan Kecenederungan Basic Needs Design, Social Needs Design dan Local Wisdom Design. *Narada*, *6*(2), 245-262.

[2] Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia. (2021). Memacu laju industri mainan anak di tanah air. Indonesia.go.id.

[3] Pahl, Beitz, Feldhusen, & Grote. (2007). *Engineering Design A Systematic Approach*.

[4] Jänsch, J., & Birkhofer, H. (2006). THE DEVELOPMENT OF THE GUIDELINE VDI 2221 - THE CHANGE OF DIRECTION. DS 36: Proceedings DESIGN 2006, the 9th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia, 45–52.

[5] Basri, A., & Fitri, D. M. (2021). Perancangan Alat Uji Prestasi Pompa Menggunakan Metode VDI 2221. *Jurnal Teknik Mesin*, *10*(3).

[6] Kumbarasari, S., Nugroho, T. A., Dewata, A. D., Krisstyoko, D. H., Suryana, E., Priyadi, L. A. H., & Wibowo, E. S. (2020). Perancangan dan Pembuatan Combination Dies Produk Wall Bracket untuk Towel Bar. *Radiant*, *1*, 101-104.

[7] Raharjo, P. (2008). Usulan Perancangan Alat Pemotong Kertas Karton. *Yogyakarta. Universitas Atma Jaya*.

[8] Moerbani, J., & Riyadi, S. N. G. (2005). Punching Tool 1. Surakarta: ATMI PRESS SOLO.

[9] Riyadi st. N. (n.d.). *Pneumatik*. Politeknik ATMI Surakarta.

[10] Tuapetel, J. V., & Narwalutama, R. (2022). Perencanaan Sistem Pneumatik Sebagai Penggerak Pada Pintu Gerbong Kereta. *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, *6*(3), 244-253.

[11] Goodwin D (2022). *Introduction to Safety Light Curtains: Operation and Installation*. *Control.com*