

# PERANCANGAN ROBOT *POWDER COATING* DI PT. SARANDI KARYA NUGRAHA

Bustami Ibrahim, Ade Ramdan, Bhakti Gumira Adi Dharma

Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung  
Jl. Ir. H. Juanda Komp. Kanayakan Dago, Tromol Pos 851, Bandung 40135 Indonesia  
Phone : 082120169526, E-mail :

## Abstrak

PT. Sarandi Karya Nugraha merupakan salah satu industri manufaktur dalam pembuatan produk – produk *medical equipment*. Didalam pembuatan produk, prosesnya terdiri beberapa tahap salah satunya proses pengecatan di bagian *painting*. Pada bagian *powder coating* masih terdapat proses yang dilakukan secara manual oleh operator. Hal tersebut bisa membuat hasil dari pengecatan tidak merata dan dapat membahayakan kesehatan operator. Dikarenakan beberapa tuntutan maka PT. Sarandi Karya Nugraha membuat suatu mesin yang dapat mengecat secara otomatis dan dapat dikendalikan kecepatannya, dapat bergerak dalam 5 aksis karena ada beberapa fungsi yang harus dapat menjangkau semua bagian produk dan tidak membahayakan kesehatan operator.

Metodologi yang digunakan dalam perancangan robot *powder coating* ini mengacu pada tahapan perancangan yang dirumuskan oleh *VDI 2222*. Robot adalah manipulator multifungsi yang dapat diprogram dan dirancang untuk berpindah, apakah untuk memindahkan material, part, tool atau perangkat khusus lain melalui perpindahan-perpindahan variabel yang terprogram untuk menghasilkan unjuk kerja tertentu dari berbagai macam tuntutan atau permintaan. Dalam karya tulis ini pengaplikasian robot *powder coating* dapat berfungsi sebagai menggerakkan *spray gun* yang digunakan untuk mengecat produk. Robot tersebut dapat bergerak 5 aksis agar *spray gun* dapat memposisikan dengan baik pada bagian produk.

Robot *Powder Coating* yang telah dirancang telah memenuhi seluruh tuntutan operator. Dengan demikian, produk *Powder Coating* hasil rancangan mempunyai spesifikasi yang sangat baik dan dapat mengecat secara otomatis dan dapat dikendalikan kecepatannya. Sehingga proses ini telah terotomatisasi, dan pengurangan *Cycle time*.

Kata kunci: perancangan, robot, *powder coating*

## I. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

PT. Sarandi Karya Nugraha adalah perusahaan yang bergerak dibidang alat-alat kesehatan. Didalam pembuatan produk, prosesnya terdiri beberapa tahap salah satunya proses pengecatan di bagian *painting*. Sering terdapat keluhan pelanggan yang menyebutkan bahwa catnya luntur atau cacat karena benturan dari *packaging* dan benda lainnya. Hal tersebut dapat membuat pelanggan kurang percaya terhadap kualitas dari produk yang diproduksi oleh PT. Sarandi Karya Nugraha.

Pada bagian terdapat proses *powder coating* yang dilakukan secara manual oleh operator. Hal tersebut bisa membuat hasil dari pengecatan tidak merata dan dapat membahayakan kesehatan operator. Pada serbuk *powder coating* mengandung elektromagnetik yang berfungsi untuk merekat pada lapisan besi sehingga bila serbuk tersebut tercium oleh pemapasan operator maka akan mengakibatkan gangguan kesehatan.

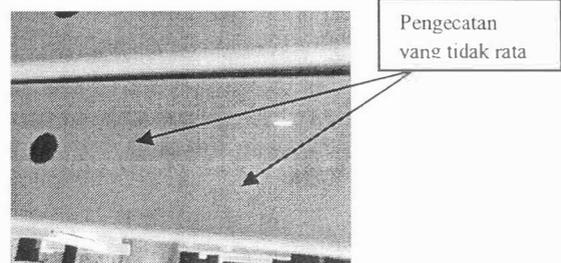
Dikarenakan beberapa tuntutan maka PT. Sarandi Karya Nugraha membuat suatu mesin yang

dapat mengecat secara otomatis dan dapat dikendalikan kecepatannya, dapat bergerak dalam 5 aksis karena ada beberapa fungsi yang harus dapat menjangkau semua bagian produk dan tidak membahayakan kesehatan operator.

### 1.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan yang timbul sehingga dibuatnya Mesin *Robot Powder Coating* ini adalah :

- Adanya hasil pengecatan yang luntur karena proses pengecatannya kurang baik seperti ada bagian yang tidak dicat (Gambar 1.2) dan ketebalan catnya tidak merata (gambar 1.1).



Gambar 1.1 Jenis *small tank* Ø795

### 1.2 Rumusan Masalah

Memperhatikan latar belakang yaitu proses pengelasan *small tank* yang tidak efektif dan



Gambar 1.2 Bagian yang tidak terkena cat

Adanya waktu produksi yang terhambat karena operator di bagian *powder coating* sedikit dan dinilai lambat dalam proses pengecatan (paling lama 5 menit – 7 menit mengecat produk).

No.	Nama Produk	Waktu Pengecatan
1.	Frame unit ( <i>Hospital Bed</i> )	7 Menit
2.	Rangka Sandaran ( <i>Hospital Bed</i> )	5 Menit
3.	Rangka Matres Tengah Kaki ( <i>Hospital Bed</i> )	5 Menit
4.	Plat Matres Unit ( <i>Hospital Bed</i> )	7 Menit
5.	Meja Utama (Meja Operasi)	7 Menit
6.	Sandaran (Meja Operasi)	5 Menit

Serbuk *powder coating* dapat membahayakan kesehatan operator

### 1.3 Batasan Masalah

- 1.3.1. Perancangan konstruksi *robot powder coating* dengan sistem gerak 5 axis pada mesin pengecatan karena dibutuhkan pengecatan merata di semua bidang yang akan di cat.
- 1.3.2. Perhitungan pemilihan komponen otomasi mesin
- 1.3.3. Perhitungan bahan

### 1.4 Tujuan Dan Manfaat Tugas Akhir

#### 1.4.1 Tujuan

Secara umum, tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Diploma 3 di Politeknik Manufaktur Negeri Bandung. Tujuan yang ingin dicapai oleh penulis dalam membuat rancangan pada Mesin *Robot Powder*

*Coating* adalah menghasilkan rancangan konstruksi *Robot Powder Coating* yang dapat bergerak 5 axis, membantu proses produksi, dan aman bagi kesehatan operator.

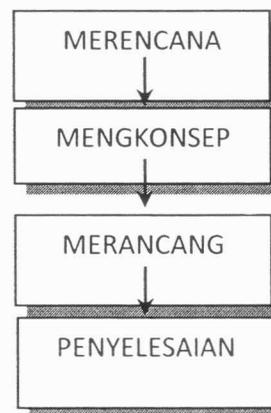
#### 1.4.2 Manfaat

Adapun manfaat penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Kinerja dan kualitas proses produksi PT. Sarandi Karya Nugraha bisa menjadi lebih efektif dan efisien.
2. Robot *powder coating* diharapkan dapat mengurangi pengerjaan ulang atau *reject* dari hasil pengecatan pada rangka (terbuat dari pipa yang dilas) dan plat matres unit.
3. Selain itu, perencanaan dan perancangan robot *powder coating* ini dapat menjadi wadah yang tepat bagi mahasiswa untuk dapat mengaplikasikan ilmu – ilmu yang didapat diperkuliahan sehingga dapat menciptakan suatu mekanisme struktur yang berguna bagi diri sendiri, perusahaan, dan konsumen. Proses produksi PT. Sarandi Karya Nugraha menjadi lebih efektif dan efisien.

## II. Landasan Teori

### 2.1 Metoda Perancangan

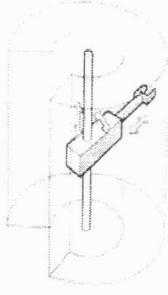
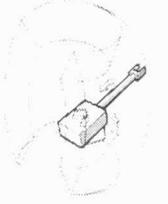
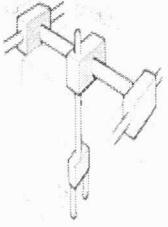
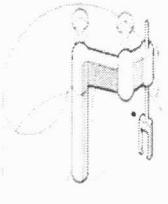
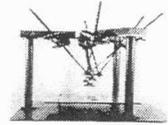


Gambar 2.1 Metoda Perancangan

### 2.2 Pengertian Robot dan Klasifikasi

Robot adalah manipulator multifungsi yang dapat diprogram dan dirancang Untuk berpindah, apakah untuk memindahkan material, part, tool atau perangkat Khusus lain melalui perpindahan-perpindahan variabel yang terprogram untuk Menghasilkan unjuk kerja tertentu dari berbagai macam tuntutan atau permintaan.

Penulis menggunakan robot bertipe lengan, maka adapun beberapa jenis lengan robot berdasarkan 6 tipe pergerakan dasar.

No.	Jenis pergerakan	Gambar	Keterangan
1.	<i>Cylindrical coordinate robot</i>		Robot tersebut memiliki base yang bisa bergerak rotasi terhadap batang vertikal dan translasi vertikal. Di dalam base tersebut terdapat lengan yang dapat bergerak paralel masuk dan keluar terhadap base tersebut.
2.	<i>Spherical (polar) coordinate robot</i>		Robot tersebut memiliki lengan yang dapat bergerak translasi masuk-keluar dan berotasi pada base seperti pergerakan sebelumnya. Tetapi ditambah pergerakan rotasi terhadap tumpuan base.
3.	<i>Cartesian (rectangular) coordinate robot</i>		Robot tersebut dapat bergerak 3 aksis translasi yang bersilangan, seperti bergerak translasi atas-bawah yang didukung oleh beam yang dapat bergerak translasi kanan-kiri selama beam bergerak lengan dapat bergerak maju-mundur. Sehingga dapat bergerak penuh terhadap sumbu x,y, dan z.
4.	<i>Revolute coordinate (jointed arm) robot</i>		Robot ini terdapat beberapa joint rotasi diantaranya disebut "shoulder" dan "elbow". Joint tersebut terpasang dalam sebuah "waist" yang dapat bergerak rotasi dan dilengkapi dengan 3 derajat kebebasan.
5.	<i>SCARA (Selective Compliance Assembly Robot arm)-type robot</i>		Hampir sama dengan revolute robot tetapi mempunyai rotary joint terhadap bidang horizontal dan mempunyai lengan yang bergerak naik-turun dan dipasang di end-effector.
6.	<i>Parallel robot</i>		Biasanya digunakan sebagai pemasangan alat. Robot tersebut terdiri dari plat yang dipasang oleh 3 pasang rod. Dengan

No.	Jenis pergerakan	Gambar	Keterangan
			mengubah panjang keenam rod tersebut memungkinkan bergerak 6 derajat kebebasan pada end-effector.

### 2.3. Pemilihan linear motion guide

Linear motion merupakan suatu komponen yang berfungsi sebagai peringan dan pelurus pada bagian konstruksi mesin. Adapun beberapa rumus yang berkaitan dengan pemilihan linear motion guide (berdasarkan catalog IKO)

$$\Sigma Mb = 0 \quad Fa = 0 \quad (2.1)$$

$$\Sigma F = 0 \quad Fb = 0 \quad (2.2)$$

$$Lh = \frac{10^6 L}{25n_1 \times 60} \quad (2.3)$$

Lh = rated life in hour

L = Rated life,  $10^3$  m

S = stroke length

$n_1$  = Number of stroke per minutes

$$fs = \frac{c}{F} \quad (2.4)$$

fs = safety factor

c = basic dynamic load rating

F = applied load

$$v = 2Sn_1 \times 10^{-3} \quad (2.5)$$

v = Travelling distance per minute

S = Stroke length

$n_1$  = number of strokes per minutes

### 2.4. Pemilihan Ballscrew

Ballscrew adalah elemen transmisi putaran yang dapat mengubah putaran menjadi gerak linear. Adapun beberapa perhitungan mengenai pemilihan ballscrew (bedasarkan catalog star motion):

$$L = \left( \frac{C}{F_m} \right)^3 \cdot 10^6 \cdot 4 \Rightarrow C = F_m \cdot \sqrt[3]{\frac{L}{10^6} \cdot 5} \Rightarrow F_m = \frac{C}{\sqrt[3]{\frac{L}{10^6}}} \quad (2.6)$$

$L = \text{Life service in revolution}$

$F_m = \text{Average Load}$

$C = \text{Dynamic load rating}$

- Nominal life

$$L_h = \frac{L}{n_m \cdot 60} \quad (2.7)$$

$L = \text{Life service in revolution}$

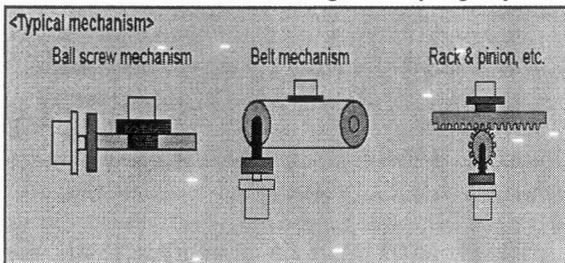
$L_h = \text{rated life in hour}$

$n_m = \text{Average speed}$

### 2.5. Pemilihan Motor Servo

Adapun beberapa tahapan mencari motor servo (berdasarkan katalog minas A4) :

1. Definisi mekanisme gerakan yang terjadi



Gambar 2.2 Contoh pergerakan

2. Jumlahkan inersia yang terjadi

Tabel 2.2 perhitungan inersia massa dasar (sumber. Katalog minas)

General inertia calculation method			
Shape	J calculation formula	Shape	J calculation formula
	$J = \frac{1}{8} WD^2 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$ W : Weight [kg] D : Outer diameter [m]		$J = \frac{1}{8} W(D^2 + d^2) \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$ W : Weight [kg] D : Outer diameter [m] d : Inner diameter [m]
	$J = \frac{1}{12} W(a^2 + b^2) \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$ W : Weight [kg] a, b, c : Side length [m]		$J = \frac{1}{48} W(3D^2 + 4L^2) \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$ W : Weight [kg] D : Outer diameter [m] L : Length [m]
	$J = \frac{1}{3} WL^2 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$ W : Weight [kg] L : Length [m]		$J = \frac{1}{8} WD^2 + WS^2 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$ W : Weight [kg] D : Outer diameter [m] S : Distance [m]
	Inertia on shaft "a" $J = J_1 + \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 J_2 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$ $n_1$ : A rotational speed of a shaft [rpm] $n_2$ : A rotational speed of b shaft [rpm]		
	$J = \frac{1}{4} WD^2 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$ W : Workpiece weight on conveyor [kg] D : Drum diameter [m] * Excluding drum J		$J = J_b + \frac{W \cdot P^2}{4\pi^2} \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$ W : Weight [kg] P : Lead $J_b$ : J of ball screw

3. Pada tabel diatas merupakan rumusan mengenai cara mencari inersia dasar yang terjadi pada suatu konstruksi.

- Jumlahkan beberapa inersia yang terjadi pada komponen tersebut
  - Pilih motor yang inersianya berdekatan
  - Bagi inersia yang terjadi dengan inersia motor dipilih
- Syarat :

- jika yang dipilih motor dengan *lower capacity* maka rasio inersia tersebut harus kurang dari 20

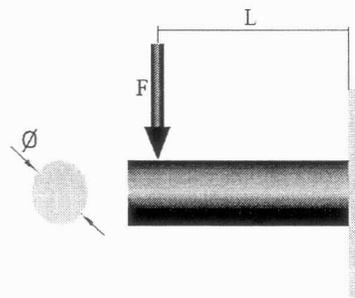
- jika yang dipilih motor dengan *high capacity* maka rasio inersia harus kurang dari 10

### 2.6. Tegangan

#### 2.6.1. Tegangan bengkok

Tegangan bengkok diakibatkan momen bengkok yang bekerja pada suatu penampang. Momen bengkok yang terjadi dihasilkan oleh gaya tangensial dikali jarak yang tegak lurus dengan penampang dan garis kerja gaya tersebut.

Besar tegangan bengkok dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :



Gambar 2.3 Pembebanan bengkok

$$\sigma_b = \frac{Mb}{Wb} \quad \dots(2.8)$$

$$Mb = F \times L \quad \dots(2.9)$$

$$Wb = \frac{\pi d^3}{32} \quad \dots(2.1)$$

untuk penampang

#### 2.6.2. Tegangan Puntir

Tegangan puntir diakibatkan adanya gaya yang bekerja sejajar pada suatu penampang dengan radius tertentu terhadap suatu batang, yang mengakibatkan momen puntir sehingga batang elemen konstruksi mengalami puntiran.

Besar tegangan puntir dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

### 2.6.3. Tegangan gabungan

Dalam satu penampang dapat terjadi lebih dari satu tegangan, maka terjadi tegangan gabungan.

$$\sigma_{(gab)} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \dots(2.11)$$

$\sigma$  = Tegangan akibat gaya normal ( N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  = Tegangan akibat gaya tangensial ( N/mm<sup>2</sup>)

$M_b$  = Momen bengkok (Nmm)

$M_p$  = Momen puntir (Nmm)

### 2.6.1. Momen gabungan.

$$M_{(gab)} = \sqrt{M_b^2 + 0.75 \cdot (\alpha_0 \cdot M_p)^2} \quad \dots(2.12)$$

$$\tau_p = \frac{M_p}{W_p} \quad \dots(2.13)$$

$$M_b = F \times L \quad \dots(2.14)$$

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} \quad \dots(2.15)$$

untuk penampang 

$\tau_p$  = Tegangan puntir ( N/mm<sup>2</sup>)

$M_p$  = Momen puntir (N.mm)

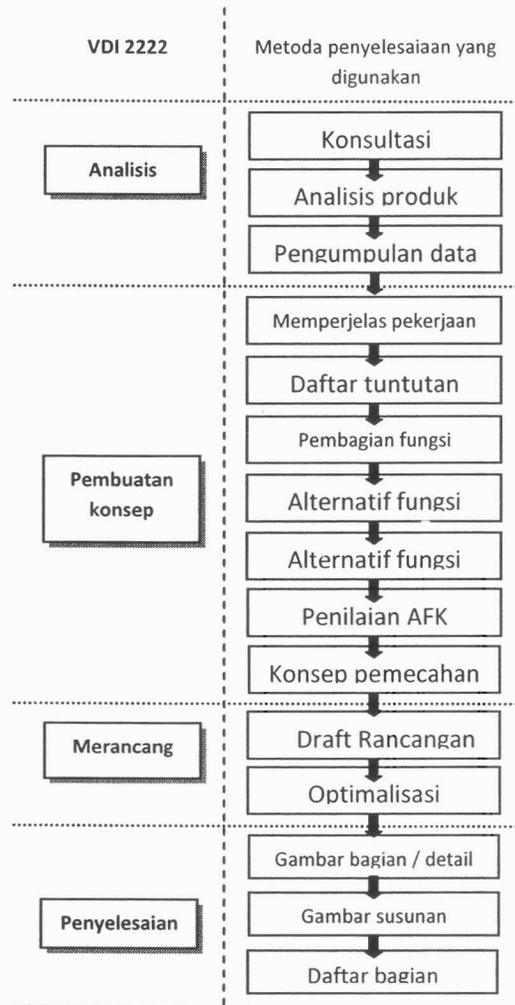
$W_p$  = Momen tahanan polar (mm<sup>3</sup>)

### 2.6.2. Tegangan izin

Tegangan izin adalah batas tegangan yang diperbolehkan dalam suatu konstruksi. Dalam suatu konstruksi yang benar, tidak boleh terjadi perubahan bentuk yang akan mengakibatkan kerusakan. Dan harga tegangan izin harus berada dibawah batas kekuatan mulur dan tidak melebihi batas proporsional.

$$\sigma_{izin} = \frac{Rm}{Sf_B} \quad \text{atau} \quad \sigma_{izin} = \frac{Re}{Sf_M} \quad \dots(2.16)$$

## III. PERANCANGAN ROBOT POWDER COATING



Gambar 3.1 Diagram Metode Perancangan VDI 2222

## 3.2 Menganalisis

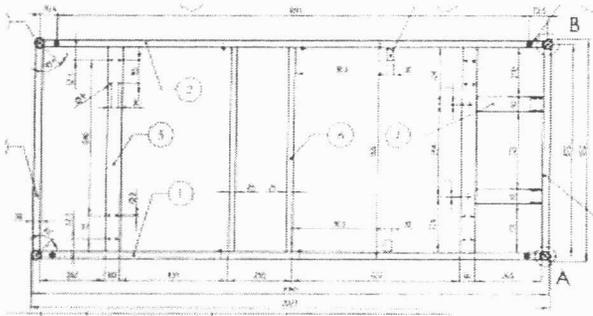
### 3.2.1 Konsultasi Permasalahan

Adapun beberapa permintaan alat ini untuk dibuat :

- Alat tersebut harus dapat bergerak pada jendela di rumah powder coating.
- Alat tersebut dapat bergerak secara semi otomatis.
- Jumlah operator adalah 1 orang.

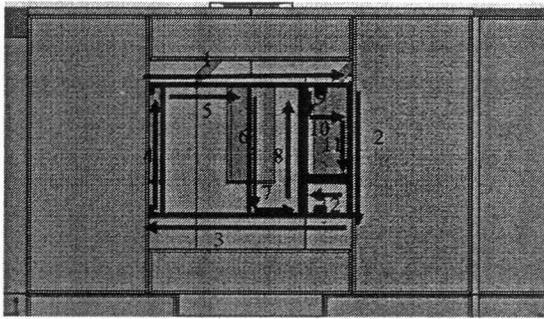
### 3.2.2 Analisis Produk

Adapun bentuk geometri produk yang akan di cat, yaitu:

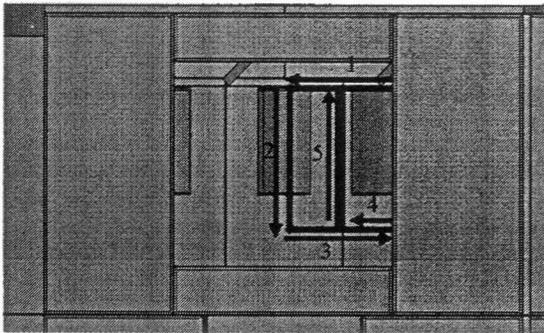


Gambar 3.2 Geometri produk yang akan di cat

Adapun lintasan pergerakan pengecatan, yaitu :



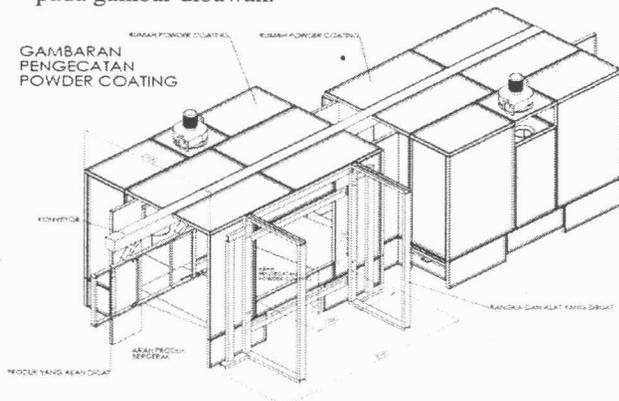
Gambar 3.3 Lintasan pergerakan pengecatan proses 1



Gambar 3.4 Lintasan pergerakan pengecatan proses 2

### 3.1.1 Pengumpulan Data

Adapun layout area *powder coating* bisa dilihat pada gambar dibawah.



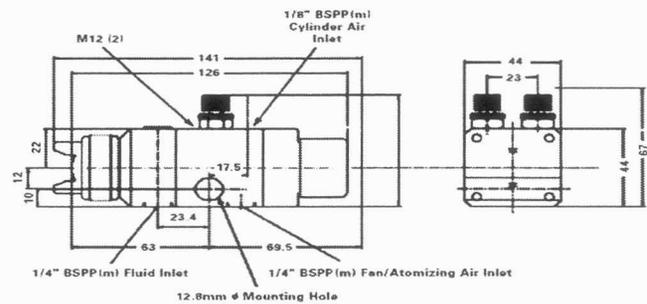
Gambar 3.5 layout area *powder coating*

Adapun spesifikasi *Automatic Spray Gun* yang digunakan adalah

Tabel 3.1 spesifikasi *Automatic Spray Gun*

#### SPECIFICATIONS & MATERIALS OF CONSTRUCTION

	Thread	Pressure
Fluid inlet & recirculation "P" & "R"	1/4" BSPP(F)	Max 7 Bars (100 psi)
Air inlet (Atom & Fan) "A" & "F"	1/4" BSPP(F)	Max 7 Bars (100 psi)
Cylinder/trigger "Cyl"	1/8" BSPP(F)	4 to 7 Bars (60-100 psi)
Maximum temperature in use	40° C (104° F)	
Spray gun weight	656 gms (1.44 lbs)	
Material	Aluminium hard anodized	



Gambar 3.6 Dimensi *spray gun* yang digunakan

## 3.2 Mengkonsep

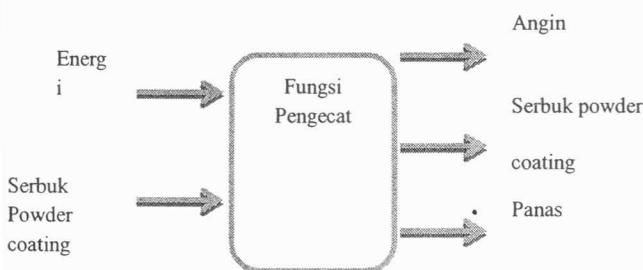
### 3.2.1 Penjelasan Pekerjaan

Robot powder coating merupakan alat bantu pada proses pengecatan. Robot tersebut harus dapat memegang *automatic spray gun* dan dapat bergerak 5 aksis. Produk masuk dari luar rumah powder coating memakai konveyor gantung. Pada rumah powder coating terdapat jendela (area kebebasan gerak dari robot) untuk mengecat.

Tabel 3.2 Daftar tuntutan

No	Daftar Tuntutan	Keterangan
1.	<b>Robot Powder Coating</b>	
	<b>Tuntutan utama</b>	
	a. Pergerakan sb. x (maks)	0-1370 mm
	b. Pergerakan sb. y (maks)	0-1260 mm
	c. Pergerakan sb. Z (maks)	50 mm – 470 mm dari benda kerja
	d. Rotasi sb.x (maks)	120°
	e. Rotasi sb.z (maks)	360°
	f. Ukuran robot (maks) (p x l x t)	3000 mm x 2000 mm x 2800 mm
	g. Ketebalan cat	60µm
2.	<b>Tuntutan kedua</b>	
	a. Peletakan spray gun	di klem
	b. Pengoperasian	Semi Otomatis
	c. Jumlah operator	1 orang
3.	<b>Keinginan</b>	
	a. Mudah dalam pengoperasian	
	b. Mudah dalam perawatan	
	c. Aman digunakan operator dan produk	

Pada tahapan ini penulis membagi tahapan dari fungsi keseluruhan menjadi fungsi bagian. Penulis akan menggambarkan aliran masukan dan keluaran yang terjadi pada alat ini.



Gambar 3.7 Diagram black box

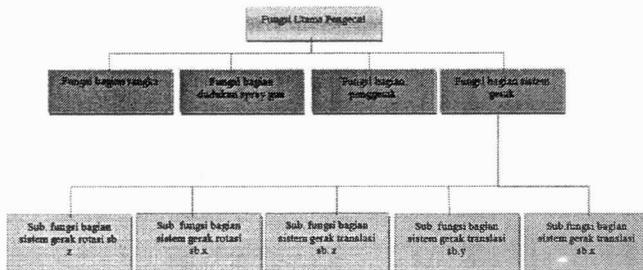
Dari diagram 3.1 maka fungsi bagian dapat terbagi beberapa bagian seperti dibawah ini :



Gambar 3.8 Diagram alur skema fungsi bagian

### 3.2.2 Alternatif Fungsi Bagian

Pada tahapan ini dilakukan pembagian fungsi pada alat pengecat ini sebagai sarana untuk pencarian alternatif dan pemecahan masalah fungsi tersebut.



Gambar 3.9 Fungsi Keseluruhan Alat Pengecat

### 3.2.3 Alternatif Pemecahan Masalah Fungsi Bagian

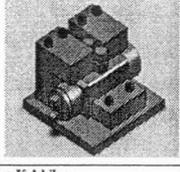
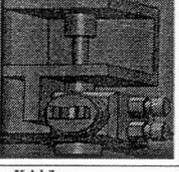
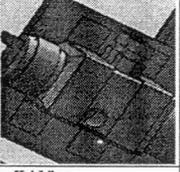
#### A. Fungsi Bagian Rangka

Rangka berfungsi sebagai tempat dudukan atau landasan dari semua komponen yang ada dan agar konstruksi dapat berdiri tegak.

Tabel 3.3 Fungsi Bagian Rangka

A-1	ALTERNATIF 1	A-2	ALTERNATIF 2
	• Rangka Tipe H		• Rangka Tipe I dengan lasan
	• <b>Kelebihan</b>		• <b>Kelebihan</b>
	1. Mudah dibuat		1. Konstruksi rigid
	2. Tidak terlalu banyak komponen		2. konstruksi Stabil
	• <b>Kekurangan</b>		• <b>Kekurangan</b>
	1. konstruksi tidak stabil		1. Base yang digunakan terlalu luas

**B. Fungsi Bagian Dudukan *Spray Gun***  
**3.4 Tabel Fungsi Bagian Dudukan *Spray Gun***

B-1	ALTERNATIF 1	B-2	ALTERNATIF 2	B-3	ALTERNATIF 3
	• Balok dengan pengikatan ulir	• Klem ulir dengan dudukan		• Plat bending	
					
	• <b>Kelebihan</b> 1. Pembuatan mudah 2. konstruksi kokoh	• <b>Kelebihan</b> 1. Posisi akurat 2. Pencekaman kuat		• <b>Kelebihan</b> 1. Konstruksi sederhana 2. Pencekaman ringan	
	• <b>Kekurangan</b> 1. Pencekaman berat	• <b>Kekurangan</b> 1. Terlalu banyak komponen		• <b>Kekurangan</b> 1. Bisa terjadi kelonggaran	

**C. Fungsi bagian penggerak**

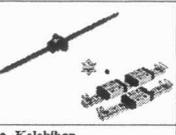
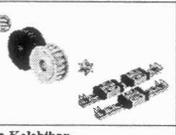
Tabel 3.5 Tabel Fungsi Bagian Penggerak

C-1	ALTERNATIF 1	C-2	ALTERNATIF 2	C-3	ALTERNATIF 3
	• Motor servo	• Motor Stepper		• Motor AC	
					
	• <b>Kelebihan</b> 1. energi gerak yang dihasilkan besar 2. putaran smooth dan stabil	• <b>Kelebihan</b> 1. posisi motor dapat dikontrol menurut derajat 2. Harga murah		• <b>Kelebihan</b> 1. energi gerak yang dihasilkan besar 2. Harga murah	
	• <b>Kekurangan</b> 1. harga mahal 2. Tidak dapat mengunci pada posisi yang ditetapkan	• <b>Kekurangan</b> 1. sulit dan dalam perawatan dan perbaikan 2. Suara berisik		• <b>Kekurangan</b> 1. tidak dapat digunakan untuk kecepatan tinggi 2. Suara berisik dan getaran tinggi berisik	

**D. Fungsi bagian sistem gerak**

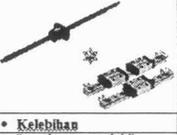
**D.1. Sub fungsi bagian sistem translasi gerak sb.x**

3.6 Tabel Sub Fungsi Bagian Sistem Gerak translasi sb.x

D-1	ALTERNATIF 1	D-2	ALTERNATIF 2	D-3	ALTERNATIF 3
	• Menggunakan <i>Guide rail</i>	• Menggunakan <i>Ball Screw</i> dan <i>linear guide</i>		• Menggunakan <i>Timing belt</i> dan <i>linear guide</i>	
					
	• <b>Kelebihan</b> 1. <u>Setingan lebih mudah</u> 2. <u>Jumlah part sedikit</u>	• <b>Kelebihan</b> 1. Berat komponen lebih ringan 2. <u>Pemasangan motor seambur dengan ballscrew</u>		• <b>Kelebihan</b> 1. Mudah dalam perbaikan 2. Harga relatif murah	
	• <b>Kekurangan</b> 1. <u>Sulit untuk perbaikan</u> 2. Harga mahal	• <b>Kekurangan</b> 1. Terlalu banyak komponen 2. <u>Terdapat penyetingan 3x alignment</u>		• <b>Kekurangan</b> 1. Sulit saat penyetingan 2. <u>Tidak cocok untuk beban yang sangat besar</u>	

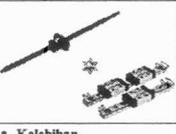
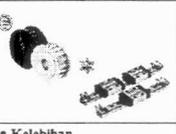
**D.2. Sub fungsi bagian sistem gerak translasi sb.y**

Tabel 3.7 Sub Fungsi bagian gerak translasi sb.y

D-1	ALTERNATIF 1	D-2	ALTERNATIF 2	D-3	ALTERNATIF 3
	• Menggunakan <i>Guide rail</i>	• Menggunakan <i>Ball Screw</i> dan <i>linear guide</i>		• Menggunakan <i>Timing belt</i> dan <i>linear guide</i>	
					
	• <b>Kelebihan</b> 1. <u>Setingan lebih mudah</u> 2. <u>Jumlah part sedikit</u>	• <b>Kelebihan</b> 1. Berat komponen lebih ringan 2. <u>Pemasangan motor seambur dengan ballscrew</u>		• <b>Kelebihan</b> 1. Mudah dalam perbaikan 2. Harga relatif murah	
	• <b>Kekurangan</b> 1. <u>Sulit untuk perbaikan</u> 2. Harga mahal	• <b>Kekurangan</b> 1. Terlalu banyak komponen 2. <u>Terdapat penyetingan 3x alignment</u>		• <b>Kekurangan</b> 1. Sulit saat penyetingan 2. <u>Tidak cocok untuk beban yang sangat besar</u>	

**D.3. Sub fungsi bagian sistem translasi gerak sb.z**

Tabel 3.8 Sub Fungsi bagian sistem translasi gerak sb.z

D-1	ALTERNATIF 1	D-2	ALTERNATIF 2	D-3	ALTERNATIF 3
	• Menggunakan <i>Guide rail</i>	• Menggunakan <i>Ball Screw</i> dan <i>linear guide</i>		• Menggunakan <i>Timing belt</i> dan <i>linear guide</i>	
					
	• <b>Kelebihan</b> 1. <u>Setingan lebih mudah</u> 2. <u>Jumlah part sedikit</u>	• <b>Kelebihan</b> 1. Berat komponen lebih ringan 2. <u>Pemasangan motor seambur dengan ballscrew</u>		• <b>Kelebihan</b> 1. Mudah dalam perbaikan 2. Harga relatif murah	
	• <b>Kekurangan</b> 1. <u>Sulit untuk perbaikan</u> 2. Harga mahal	• <b>Kekurangan</b> 1. Terlalu banyak komponen 2. <u>Terdapat penyetingan 3x alignment</u>		• <b>Kekurangan</b> 1. Sulit saat penyetingan 2. <u>Tidak cocok untuk beban yang sangat besar</u>	

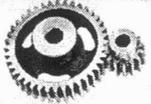
**D.4. Sub. fungsi bagian sistem gerak rotasi sb.x**

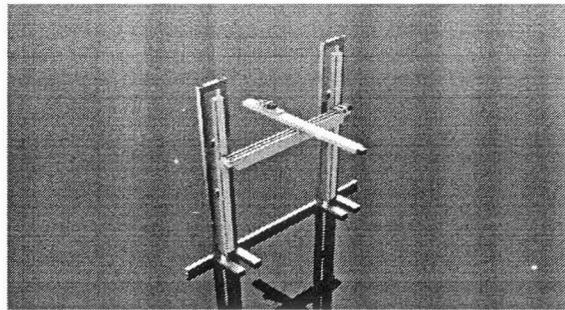
Tabel 3.9 Sub Fungsi Bagian sistem gerak rotasi sb.x

H-1	ALTERNATIF 1	H-2	ALTERNATIF 2	H-3	ALTERNATIF 3
	• Secara langsung menggunakan kopling	• Menggunakan roda gigi lurus		• Menggunakan roda gigi payung	
					
	• <b>Kelebihan</b> 1. Pemasangan sederhana 2. Tidak banyak komponen	• <b>Kelebihan</b> 1. Pemasangan tidak seambur 2. tidak terjadi backlash		• <b>Kelebihan</b> 1. Pemasangan harus tegak lurus 2. tidak terjadi backlash	
	• <b>Kekurangan</b> 1. Kemungkinan terjadi backlash	• <b>Kekurangan</b> 1. banyak komponen		• <b>Kekurangan</b> 1. banyak komponen	

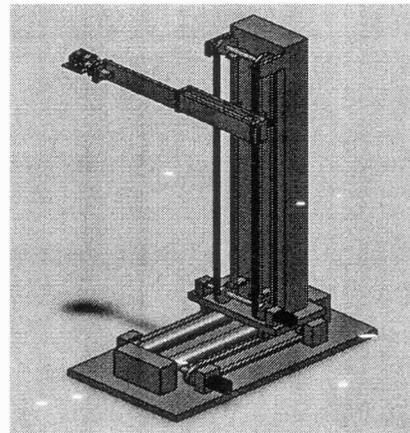
### D.5. Sub fungsi bagian sistem gerak rotasi sb.z

Tabel 3.10 Sub fungsi bagian sistem gerak rotasi sb.z

H-1	ALTERNATIF 1	H-2	ALTERNATIF 2	H-3	ALTERNATIF 3
	• Secara langsung menggunakan kopling	• Menggunakan roda gigi lurus		• Menggunakan roda gigi payung	
					
	• <b>Kelebihan</b> 1 Pemasangan sederhana 2 Tidak banyak komponen	• <b>Kelebihan</b> 1 Pemasangan tidak sesumbu 2 tidak terjadi <i>backlash</i>		• <b>Kelebihan</b> 1 Pemasangan harus tegak lurus 2 tidak terjadi <i>backlash</i>	
	• <b>Kekurangan</b> 1 kemungkinan terjadi <i>backlash</i>	• <b>Kekurangan</b> 1 banyak komponen		• <b>Kekurangan</b> 1 banyak komponen	



Gambar 3.11 Alternatif Fungsi Keseluruhan 2

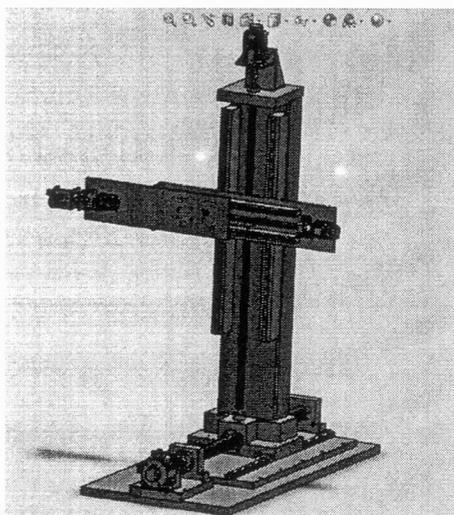


Gambar 3.12 Alternatif Fungsi Keseluruhan 3

### 3.2.2 Kotak Morfologi

Tabel 3.11 Kotak Morfologi

No.	Fungsi/Bagian	Alternatif fungsi/Bagian		
		Alt 1	Alt 2	Alt 3
A.	Fungsi bagian rangka	A1	A2	A3
B.	Fungsi bagian dudukan <i>spring gun</i>	B1	B2	B3
C.	Fungsi bagian penggerak	C1	C2	C3
D.	Fungsi bagian sistem gerak			
D.1.	Sub. fungsi bagian sistem gerak sb. x	D1.1	D1.2	D1.3
D.2.	Sub. fungsi bagian sistem gerak sb. y	D2.1	D2.2	D2.3
D.3.	Sub. fungsi bagian sistem transmisi sb. z	D3.1	D3.2	D3.3
D.4.	Sub. fungsi bagian sistem transmisi rotasi sb. x	D4.1	D4.2	D4.3
D.5.	Sub. fungsi bagian sistem transmisi rotasi sb. z	D5.1	D5.2	D5.3
Alternatif fungsi Keseluruhan (AFK)		AFK 1	AFK 2	AFK 3



Gambar 3.10 Alternatif Fungsi Keseluruhan 1

### 3.2.2 Penilaian Alternatif Fungsi Keseluruhan

Tabel 3.12 Form Penilaian segi teknis

No.	Aspek yang Dinilai	Bobot (%)	AFK						Nilai Ideal
			AFK 1		AFK 2		AFK 3		
1.	Pencapaian fungsi	25	5	2,5	5	2,5	5	2,5	2,5
2.	Proses pembuatan	15	4	0,6	3	0,45	2	0,3	0,75
3.	Optimalisasi komponen standar	15	3	0,45	2	0,3	2	0,3	0,75
4.	Perakitan	10	2	0,2	2	0,2	3	0,3	0,5
5.	Perawatan	15	3	0,45	3	0,45	1	0,15	0,75
6.	Keamanan	15	3	0,45	3	0,45	3	0,45	0,75
7.	Ergonomis	5	5	0,25	3	0,15	3	0,15	0,25
Nilai Total		100	4,9		4,5		4,15		6,25
Persentase			78,4%		72%		66,4%		100%

Tabel 3.13 Form Penilaian segi ekonomis

No.	Aspek yang Dinilai	Bobot (%)	AFK						Nilai Ideal
			AFK 1		AFK 2		AFK 3		
1.	Biaya pembuatan	50	5	2,5	5	2,5	5	2,5	2,5
2.	Biaya perawatan	50	5	2,5	3	1,5	4	2	2,5
Nilai Total		100	5		4		4,5		5
Persentase			100%		80%		90%		100%

### 3.2.6 Pengambilan Keputusan

Tabel 3.14 Form penilaian keputusan

No.	Aspek yang Dinilai	Bobot (%)	AFK						Nilai Ideal
			AFK 1		AFK 2		AFK 3		
1.	Segi teknis	70	0,78	0,55	0,72	0,5	0,66	0,46	0,7
2.	Segi ekonomis	30	1	0,3	0,8	0,24	0,9	0,27	0,3
Nilai Total		100	0,83		0,74		0,73		1
Persentase			83%		74%		73%		100%

## LESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil rancangan dan beberapa perhitungan diketahui bahwa rancangan yang telah dibuat bisa memenuhi tuntutan yang ada dengan catatan :

1. Dengan 1 sampel perhitungan *cycle time* yaitu *frame unit*, maka waktu dapat tereduksi 4,83 menit dari waktu awal
2. Dengan membuat mesin menjadi otomatis, maka operator bisa mengoperasikan alat dari jarak yang aman sehingga serbuk *powder coating* tidak terhisap
3. Tuntutan perusahaan untuk pemakaian operator 1 orang bisa terpenuhi (hanya yang mengoperasikan alat ini).

### Saran

1. Pembuatan Robot *Powder Coating* harus 2 buah karena dari layout yang ada, jendela tempat penyemprotan ada 2 buah.
2. Untuk membuat tebal cat merata maka mesin tersebut harus *ditrial* terlebih dahulu agar tepat antara kecepatan dari motor dan kecepatan semprot.

## DAFTAR PUSTAKA

1. POLMAN. 2000. *STANDAR POLMAN SERI 0*. Bandung : Politeknik Manufaktur Bandung.
2. POLMAN. 1992. *Elemen mesin 3* . Bandung : Politeknik Manufaktur Bandung
3. Ruswandi,Ayi. 2004. *Metode Perancangan 1*. Bandung : Politeknik Manufaktur Bandung
- 4.
5. PANASONIC .2009. *Flow Motor Selection*. Motor Company, Panasonic Corp.
6. Yuliyawati, Sri Nur dan Hazma. 2006. *Bahasa Indonesia Ilmiah dan Tata Tulis Laporan*. Bandung: Politeknik Manufaktur Bandung.
7. B.Scott, Peter. 1984. *The Robotics Revolutions* : Basil Black Well Inc.
8. REXROTH .2002. *Design Calculation Ballscrew*. Bosch Rexroth Group Company.