

PERANCANGAN UNIT PIPING MESIN PEMBUAT PIPA SILENCER KNALPOT DENGAN PEMBENTUKAN PIPA MELALUI SHEET METAL YANG DI-ROLL

Agustinus Richo Indra Purnama¹, Patrick Zalfa Naufal², Septian Edo Bagaskoro³, Herda Agus Pamasaria.⁴

Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, Politeknik ATMI Surakarta
 Jl. Adisucipto Km 9,5, Blulukan, Colomadu, Surakarta.

*Email: indraricho@gmail.com, patrickatyahoodotcom@gmail.com, septianedobagaskoro@gmail.com, herda.agus@atmi.ac.id

Abstrak

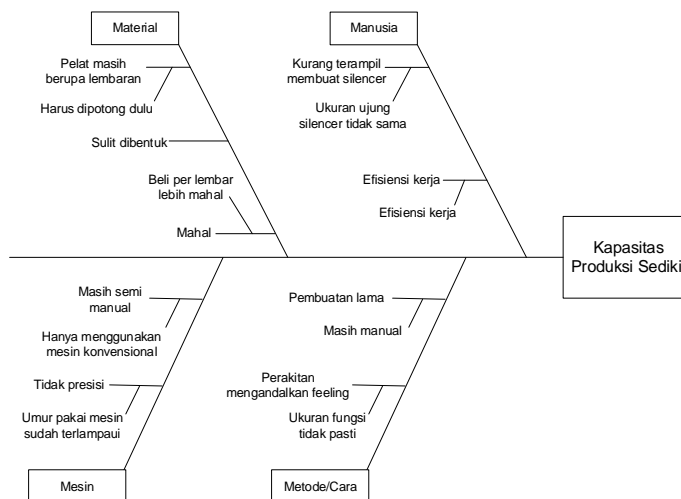
Mesin pembuat pipa silencer knalpot berfungsi untuk membentuk lembaran sheet metal menjadi pipa berbentuk trioval. Input utama mesin adalah rolled coil sheet metal. Mesin terdiri dari 3 unit utama yaitu Piping Unit, Machining Unit, Forming Unit dan 1 unit pendukung yaitu Feeding Unit. Tujuan utama dalam perancangan piping unit mesin pembuat pipa silencer knalpot adalah untuk meningkatkan kapasitas produksi knalpot pada proses pembuatan pipa silencer. Pada piping unit, tiap roller berkerja untuk membentuk lembaran sheet metal menjadi pipa berbentuk silindris dengan diameter yang telah disesuaikan. Proses berlangsung secara kontinu dengan pengaturan jarak roller pada awal proses. Input mesin berupa rolled coil dengan material stainless steel 304 yang berukuran lebar 280, tebal 0,9 mm, dan berat 1 ton. Mesin ini dirancang dengan kecepatan produksi 180 pipa per jam.

Kata kunci: pipa, silencer, knalpot, roller

1. PENDAHULUAN

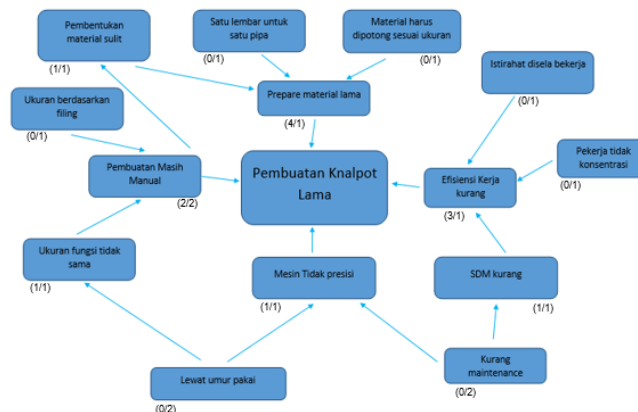
Produksi pembuatan knalpot pada bengkel MCC di Laweyan, Surakarta dengan pemiliknya adalah Pak Hari masih menggunakan proses manual dan peralatan yang sederhana. Proses pembuatan pipa silencer membutuhkan waktu sekitar 12 menit atau lebih tergantung pada tingkat kerumitan bentuk pipa. Pipa silencer yang telah dibentuk kemudian disambung menggunakan las manual. Pembuatan pipa hanya dilakukan menggunakan perkiraan dari pekerja sehingga bentuk dari silencer mejadi tidak seragam. Kondisi silencer menyebabkan proses penyambungan ke header knalpot lebih lama karena pekerja harus menyesuaikan kembali lubang silencer dengan lubang header.

Pengulangan kembali proses pembentukan pipa saat penyambungan menambah waktu produksi pembuatan knalpot. Proses tersebut menghabiskan banyak waktu efektif pengerjaan satu buah knalpot. Hasilnya target produksi yang ditetapkan untuk memenuhi kebutuhan pasar jadi berkurang. Situasi yang terjadi di produsen knalpot saat ini menyebabkan kapasitas produksi yang ada tidak dapat memenuhi permintaan pasar sehingga apabila dibuat diagram sebab-akibat, akan menjadi seperti berikut:



Gambar 1 Diagram Fishbone

Waktu efektif yang terbuang saat pembuatan pipa *silencer* dapat diatasi dengan pembuatan pipa dengan menggunakan *piping unit*. *Piping unit* dapat menghasilkan pipa *silencer* yang mempunyai dimensi sama sehingga pekerja tidak perlu mengulangi proses pada penyambungan ke bagian yang lain.



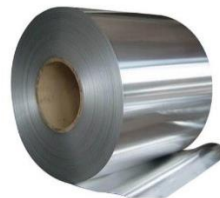
Gambar 2 Diagram Keterkaitan

Dari diagram keterkaitan tersebut menunjukkan keterkaitan masalah yang ada pada produksi pembuatan knalpot. Pembuatan knalpot masih dilakukan dengan menggunakan cara semi manual terutama pada bagian silencer. Inti permasalahan yang dihadapi belum dapat diselesaikan dengan hanya mengandalkan bantuan dari mesin konvensional yang dinilai sudah tidak presisi dalam proses produksinya, sehingga akan menyulitkan operator. Untuk itu salah satu cara menyelesaikan masalah yang ada adalah dengan melakukan perancangan mesin baru yang mampu memenuhi permintaan pasar namun masih melibatkan tenaga manusia pada proses selanjutnya.

1.1 Spesifikasi Input

Di bawah ini akan dijelaskan apa saja yang akan menjadi *input* dari mesin pembuat pipa *silencer* knalpot sekaligus dengan spesifikasinya:

- a. *Rolled Coil*



Gambar 3 *Rolled Coil*
(Sumber : indiamart.com, 2019)

Rolled Coil yang digunakan mempunyai ukuran lebar 180 – 300 mm, tebal 0,9 mm, diameter 1000 mm, dan berat maksimal 1000 kg. Ukuran *input* dapat diatur sesuai dengan kebutuhan.

- b. Elektroda



Gambar 4 *Mig Electrode*
(Sumber : <https://id.aliexpress.com>, 2019)

Jenis elektroda yang digunakan adalah elektroda dengan material *stainless steel* 304 yang memiliki diameter 0,9 mm.

1.2 Spesifikasi Output

Output dari mesin berupa Pipa Silencer Knalpot yang telah dilas dan digerinda ukuran panjang 300 mm dan diameter 90 mm. *Silencer* yang mempunyai ukuran yang seragam sudah siap sebagai bahan pembuatan silencer knalpot



Gambar 5 Pipa *Silencer* Knalpot

(Sumber : <http://tempatjualbelikita.blogspot.com>, 2019)

1.3 Batasan Proses

Proses perancangan mesin pembuat pipa *silencer* knalpot, penulis memberikan beberapa batasan untuk membantu pembatasan proses sehingga permasalahan bisa diselesaikan:

1. Proses *input* material dilakukan secara manual oleh operator dibantu menggunakan *forklift*.
1. Roller digunakan untuk satu diameter pipa.
2. Pengelasan menggunakan las mig *stainless stell*.
3. Penggantian *forming tool* dilakukan secara manual oleh operator.
4. Pengambilan *output* dilakukan secara manual oleh operator.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Proses perancangan *piping unit* mesin pembuat pipa *silencer* knalpot memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan serta beberapa metode pengumpulan data dan perumusan masalah

2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang antara lain:

1. Laptop/PC

Proses perancangan yang dilakukan membutuhkan laptop/PC dengan jenis *processor* Intel(R) Core(TM) i5-7200 CPU @2.50GHz (4 CPUs) dan memori minimal RAM *size* 4 GB

2. Software

Proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang membutuhkan AutoCAD 2016 sebagai *software* dalam proses perancangan gambar 2D, *Solidworks 2017 Education Version* untuk proses perancangan gambar 3D. Microsoft Word 2016 untuk proses penyusunan laporan.

2.2 Bahan

Bahan yang digunakan sebagai dasar proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang:

1. Hasi Wawancara

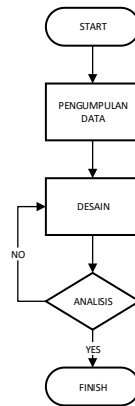
Hasil wawancara digunakan sebagai pelengkap materi dalam proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang. Hasil wawancara biasanya didapatkan dari *customer*.

2. Catatan Jurnal

Jurnal biasanya digunakan sebagai pembanding antara analisis perancangan dengan dasar-dasar teori yang sudah ada.

2.3 Metode Pengerjaan

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* dibawah ini



Gambar 6 Flowchart Proses Perancangan

2.3.1 Pengumpulan Data

Sampling insidental merupakan teknik penentuan *sample* secara kebetulan, atau siapa saja yang kebetulan (*insidental*) bertemu dengan peneliti yang dianggap cocok dengan karakteristik sampel yang ditentukan akan dijadikan sampel.

1. Metode Wawancara

Sumber referensi yang paling sering digunakan untuk pencarian sumber data wawancara secara langsung dengan narasumber terkait yaitu seorang pemilik bengkel pembuat knalpot *racing*.

2. Metode Pustaka

Sumber referensi yang sering digunakan untuk pencarian sumber data adalah dari internet dan juga buku-buku. Katalog dan buku referensi dari pembimbing juga merupakan sumber yang penting, jika terjadi kekurangan sumber dari internet dan laporan tugas akhir tahun sebelumnya.

2.3.2 Desain

Setelah mengumpulkan semua data yang melengkapi kebutuhan dalam proses perancangan *pipng unit* mesin pembuat pipa *silencer* knalpot, lalu dilakukanlah poses desain yang dibagi menjadi beberapa tahap:

1. Penentuan Matriks Kebutuhan

Sebelum melakukan proses desain, beberapa data harus ditentukan keterkaitan antara satu dengan yang lain. Pada proses penentuan matriks kebutuhan, diperlukan beberapa data seperti *requirement list* yang didapatkan berdasarkan permintaan *customer*, *engineer characteristic* yang diperlukan untuk menjawab permintaan dari *customer*, dan matriks kebutuhan untuk menentukan hubungan antara *requirement list* dan *engineer characteristic*.

2. Pemilihan Konsep

Pemilihan konsep dilakukan dengan metode *Stuart Pugh* atau biasa dikenal sebagai *morphological metode*. Pemilihan konsep ini dilakukan dengan cara membandingkan antara 3 atau lebih konsep yang dianggap mampu memenuhi *requirement list*.

3. Penilaian Konsep

Penilaian konsep dilakukan berdasarkan kemampuan konsep tersebut dalam memenuhi *requirement list*, dan juga pertimbangan akan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing konsep yang sudah ditentukan

4. Penentuan Konsep Pemenang

Penentuan konsep pemenang dilakukan berdasarkan hasil dari penilaian dengan kriteria pembobotan dan kriteria penilaian. Hasil dari penilaian tersebut merupakan hasil akhir akan desain yang akan dibuat dan dianggap salah satu konsep terbaik yang mampu memenuhi *requirement list* dibandingkan konsep lainnya.

2.3.3 Analisis

Analisis dilakukan agar rancangan mesin dapat memenuhi kriteria-kriteria yang dibutuhkan dan aman dalam pengaplikasiannya. Analisis yang dilakukan yaitu terdiri dari perhitungan konstruksi, perhitungan dimensi minimum pada bagian kritis, dan perhitungan daya motor.

1. Perhitungan Kekuatan Daerah Kritis

Perhitungan kekuatan daerah kritis diperlukan untuk menentukan ukuran minimal serta membantu dalam pembuktian kekuatan konstruksi dalam sebuah perancangan mesin.

a. Menghitung Kekuatan *Frame*

Kekuatan *frame* dalam *Piping Unit* ini sangatlah dibutuhkan sebagai bukti bahwa konstruksi *frame* yang digunakan sebagai penyangga aman untuk digunakan terhadap beban tertentu.

Menghitung Gaya Total

Gaya total dengan angka keamanan digunakan untuk menentukan perkiraan beban yang akan diterima oleh *frame*.

$$F' = m \times g \times \theta$$

- m = Massa beban
 g = Kecepatan gravitasi
 θ = Angka keamanan

Menghitung Momen Inersia Sumbu Y

Momen inersia digunakan untuk membandingkan momen yang dialami oleh *frame* saat terjadi pembebanan dengan momen inersia yang diizinkan. Jika momen inersia perhitungan lebih kecil dari momen inersia yang diizinkan maka konstruksi *frame* tersebut aman untuk digunakan.

$$I_y = \frac{L^2 \times F'}{\pi^2 \times E}$$

- L = Panjang *Frame* yang menerima beban
 F' = Gaya yang diterima dengan angka keamanan
 E = Modulus Elastisitas

b. Menghitung Diameter Minimum *Shaft*

Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan diameter minimum dari *shaft* yang mengalami pembebanan berdasarkan dengan angka keamanan.

Menghitung Momen Terbesar

Momen terbesar diperlukan untuk menentukan dimana diameter daerah kritis akibat pembebanan.

$$MT = 9550 \cdot \frac{P1}{n1}$$

- MT = Momen puntir
 P1 = Daya motor
 n1 = Jumlah putaran

$$Mv = \sqrt{Mb(RA)^2 + (0,75)(\alpha_0 \cdot MT)^2}$$

- Mv = Momen gabungan
 Mb(RA) = Resultan momen tekuk
 α_0 = Faktor batas tegangan

Menghitung Diameter Sementara

Perhitungan diameter sementara digunakan sebagai acuan dalam keadaan pembebanan ideal tanpa pengaruh dari keadaan tertentu.

$$\sigma_{Sementara} = \frac{\sigma_{bw}}{V}$$

- $\sigma_{\text{Sementara}}$ = Tegangan sementara
 σ_{bw} = Tegangan tekuk ganti
 n_1 = Angka keamanan (2,5-3,0)

$$dk_{\text{sementara}} = \sqrt[3]{\frac{Mv}{0,1 \times \sigma_{\text{sementara}}}}$$

c. Menghitung Diameter Sebenarnya

Perhitungan diameter sebenarnya didapatkan berdasarkan faktor lain seperti tingkat kekasaran *shaft*, angka keamanan, faktor ukuran, dan faktor efek lekuk.

$$\sigma_{\text{sebenarnya}} = \frac{\sigma_{\text{bw}} \times b_1 \times b_2}{\beta_k \times \vartheta}$$

- $\sigma_{\text{sebenarnya}}$ = Tegangan sebenarnya
 b_1 = Faktor kekasaran
 b_2 = Faktor ukuran
 β_k = Faktor ukuran

$$dk_{\text{sebenarnya}} = \sqrt[3]{\frac{Mv}{0,1 \times \sigma_{\text{sebenarnya}}}}$$

d. Menghitung Daya Motor

Perhitungan daya motor diperlukan untuk mengetahui daya berdasarkan torsi motor sesuai dengan beban yang diterima.

Menghitung Torsi Motor

$$T' = \frac{m \times g \times D}{2} \times \vartheta$$

- T' = Torsi motor dengan angka keamanan
 m = Massa
 g = Kecepatan gravitasi
 D = Diameter *shaft*
 ϑ = Angka keamanan

Menghitung Torsi Motor Sesuai Rasio

$$TM = \frac{T'}{i}$$

- TM = Torsi motor sesuai rasio
 i = Rasio putaran motor

e. Menghitung Transmisi Chain Drive

Perhitungan transmisi *chain drive* bertujuan untuk mencari spesifikasi dari *chain* dan *sprocket* yang sesuai dengan standar dan beban yang diberikan.

Menghitung Daya pada Rancangan

$$P = \frac{TL'' \times n}{5252}$$

- P = Daya pada rancangan
- TL'' = Torsi mesin
- n = Kecepatan rotasi mesin

Menghitung Diameter Sprocket

$$D_{sp} = \frac{p}{\sin(180^\circ/N_1)}$$

- D_{sp} = Diameter sprocket
- p = Pitch
- N = Jumlah gigi sprocket

Menghitung Panjang Chain

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C}$$

- L = Panjang Chain
- C = Jarak Centre
- N = Jumlah gigi sprocket

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan konsep *piping unit* ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu pembuatan desain morfologi, deskripsi konsep, kriteria pembobotan, kriteria penilaian, dan penilaian ketiga buah konsep untuk mendapatkan sebuah konsep pemenang yang sesuai dengan kebutuhan.

3.1 Penentuan Matriks Kebutuhan

Tabel 1 Tingkat Kepentingan *Requirement List*

NO	Requirement List	TK
1	Ukuran pipa sama	5
2	Kecepatan produksi	5
3	Mudah dioperasikan	4
4	Mudah perawatan	4
5	Harga mesin Rp. 250.000.000	4
6	Panjang pipa dapat disesuaikan	3
7	Bentuk pipa bervariasi	3
8	Daya listrik maksimal 1300 watt	2

NO	Engineering Characteristic	
1	Kemampuan operasi mesin beban	2

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa data permintaan *customer* yang memiliki tingkat kepentingan paling tinggi (nilai 5) adalah ukuran pipa sama dan kecepatan produksi. Sedangkan untuk permintaan *costumer* yang bersifat rata-rata (nilai 4) adalah mudah dioperasikan, mudah perawatan, dan harga mesin Rp. 250.000.000.

Dalam mencapai permintaan tersebut maka dibuatlah rumusan akan solusinya.

Tabel 2 *Engineer Characteristic*

- 2 Panjang, lebar dan tinggi mesin (mm)
- 3 Lama waktu proses (sekon)
- 4 Harga mesin (rupiah)
- 5 Jumlah roll pembentuk pipa (pcs)
- 6 Kuat arus pengelasan (ampere)
- 7 Jarak antar roll (mm)
- 8 Panjang, langkah pemotongan (mm)










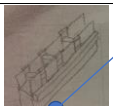

Setelah ditentukan *engineer characteristic*, langkah selanjutnya yaitu merumuskan hubungan dari *requirement list* dengan *engineer characteristic* pada tabel matriks kebutuhan.

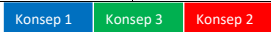
Engineering Characteristic	Tingkat Kepentingan	No	Customer Needs										
			1	2	3	4	5	6	7	8			
Kemampuan frame menahan beban		5											
Panjang, Lebar dan Tinggi mesin		5											
Lama waktu proses		4											
Harga Mesin		4											
Jumlah roll pembentuk pipa		4											
Kuat arus pengelasan		4											
Jarak antar roll		4											
Panjang langkah pemotong		3											
		3											
		3											
		2											
		2											
		2											
Jumlah		32	2	33	22	35	23	8	27	21			
Presentase Kepentingan (%)			1.2	19	13	20	13	4.7	16	12			

Gambar 7 Tabel Tingkat Kepentingan *Engineer Characteristic*

3.2 Perancangan Konsep Piping Unit

Desain morfologi unit ini akan berisikan tentang bagaimana bentuk *roller*, mekanisme penggerak *roller* dari *piping unit* membentuk pipa *silencer*.

NO	Sub-function	Solution		
		1	2	3
1	Motor	Motor Induksi AC	Motor Sinkron AC	Motor Break
				
2	Force Transfer	Gears	Sprocket	Universal Joint
				
3	Feet	Leveling	Leveling Caster	Fix to Ground
				
4	Roll Holder	Welded Housing	Independent Cast Iron	
				



Gambar 8 Tabel Morfologi *Piping Unit*

Konsep dihasilkan pada desain morfologi di atas dinyatakan dalam garis berhubungan di mana konsep 1 digambarkan dengan garis berwarna biru, konsep 2 dengan garis berwarna merah, dan konsep 3 dinyatakan dengan garis berwarna hijau.

3.3 Penilaian Konsep Storage Unit

Penilaian konsep sistem *piping unit* ini dilakukan dalam 3 tahap, yaitu perhitungan kriteria pembobotan, penentuan kriterian penilaian, dan penilaian ketiga konsep.

1. Pembobotan Faktor Penilaian

Pembobotan faktor penilaian dapat dilihat pada gambar 9.

Kriteria Pembobotan	Harga	Pengoperasian	Durability	Daya Listrik	Jumlah Roll Forming Pipa	Kemudahan Maintenance	Kerumitan Konstruksi
Harga	1	2	1	0	0	2	1
pengoperasian	0	1	1	0	1	1	1
Durability	1	1	1	1	0	1	1
Daya Listrik	2	2	1	1	2	2	2
Jumlah Roll Forming Pipa	2	1	2	0	1	2	2
Kemudahan Maintenance	0	1	1	0	0	1	1
Kerumitan Konstruksi	1	1	1	0	0	1	1
Total	7	9	8	2	4	10	9
Bobot	0.70	0.90	0.80	0.20	0.40	1.00	0.90

Gambar 9 Tabel Pembobotan Faktor Penilaian *Storage Unit*

2. Kriteria Penilaian

Kriteria penilaian konsep piping unit dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Kriteria Penilaian *Piping Unit*

		Unit Piping				
NO	Kriteria	Nilai				
		5	4	3	2	1
1	Harga	<120jt	120-125jt	125-130jt	130-135jt	>135jt
2	Pegoperasian	Tidak membutuhkan orang	Membutuhkan 1 orang			
3	Durability	Umur pakai unit >10 tahun	Umur pakai unit 7-10 tahun	Umur pakai unit 4-7 tahun	Umur pakai unit 2-4 tahun	Umur pakai unit <2 tahun
4	Daya listrik	Maksimal 1300 watt				>1300 watt
5	Jumlah <i>roll forming</i> pipa	8	6	4	2	1
6	Kemudahan <i>maintenance</i>	Tidak membutuhkan alat bantu dan alat khusus, 2 orang	Menggunakan alat khusus, tidak menggunakan alat bantu, 1 orang	Membutuhkan alat bantu, tidak membutuhkan alat khusus, 2 orang	Membutuhkan alat bantu, alat khusus, 3 orang	Membutuhkan alat bantu, alat khusus, >3 orang
7	Kerumitan konstruksi	Pengerjaan <i>assembly</i> 4 jam tanpa alat bantu	Pengerjaan <i>assembly</i> 4 jam dengan alat bantu	Pengerjaan <i>assembly</i> 5 jam, tanpa alat bantu	Pengerjaan <i>assembly</i> 5 jam, dengan alat bantu	Pengerjaan <i>assembly</i> >6jam dengan alat bantu

3. Penilaian Konsep

Penilaian ketiga buah konsep sistem roller dari piping unit dapat dilihat pada tabel 5.

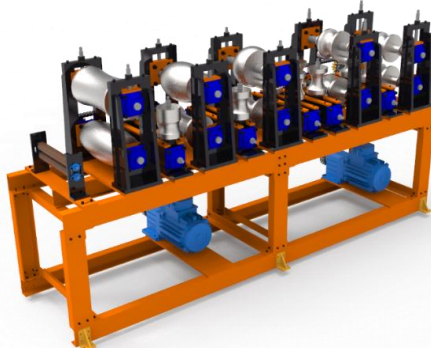
Tabel 5 Penilaian *Storage Unit*

		Piping Unit						
NO	Kriteria	Bobot	Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3	
			Nilai	Total	Nilai	Total	Nilai	Total
1	Harga	0,70	5	3,5	4	2,8	3	2,1
2	Pengoperasian	0,90	5	4,5	4	3,6	3	2,7
3	Durability	0,80	4	3,2	5	4	5	4
4	Daya listrik	0,20	5	1	5	1	5	1
5	Jumlah <i>roll forming pipe</i>	0,40	4	1,6	4	1,6	3	1,2
6	Kerumitan konstruksi	0,90	5	4,5	4	3,6	4	3,6
7	Kemudahan <i>maintenance</i>	1,00	5	5	4	4	4	4
TOTAL		4,90	33	23,3	30	20,6	27	18,6
PERINGKAT			Peringkat 1		Peringkat 2		Peringkat 3	

Pada tabel 5 dapat disimpulkan bahwa konsep pertama merupakan konsep yang diambil sebagai konsep sistem *piping unit* karena mendapatkan peringkat 1 serta kegunaanya sudah mampu mencukupi kebutuhan mesin yang akan dirancang.

3.4 Deskripsi Konsep Piping Unit

Piping Unit menggunakan *roller* sebagai pembentuk lembaran plat menjadi pipa silindris dengan ukuran sesuai *roller* yang digunakan dan menarik plat dari *feeding unit*. Penggerak yang terdapat di piping unit adalah 2 buah AC induction motor with brake 250 Watt yang berfungsi untuk menggerakkan *roller* secara otomatis dengan mekanisme rantai. *Set up* awal dilakukan secara manual oleh operator untuk mendapatkan ukuran pipa yang dibutuhkan dan kesentrisan dari tiap *roller*.



Gambar 7 Piping Unit Konsep Pemenang

3.5 PENILAIAN PASCA DESAIN

Perancangan proses telah dilakukan pada tahap sebelumnya, maka tahap berikutnya adalah tahap penilaian terhadap perancangan. Hal ini berbeda dengan penilaian yang terdapat pada proses sistem morfologi desain, melainkan hasil dari perbandingan analisa dan evaluasi terhadap rancangan yang sudah dibuat. Analisis dan evaluasi ini dilakukan terhadap desain yang telah dibuat pada proses sebelumnya. Analisis ini dilakukan berdasarkan dengan rancangan morfologi dan requirement list customer dengan tujuan untuk mengidentifikasi apakah desain mesin sudah dapat memenuhi sesuai dengan permintaan customer.

Tabel 6 Penilaian Pasca Desain

NO	Requirement Lists	Spesifikasi Teknis yang Bisa Diukur	Tingkat Kepentingan	Indikator Ketercapaian	Implementasi Dalam Desain
1	Ukuran pipa sama	Penggunaan roller sesuai dengan standar ukuran pipa	5	100%	Pembentukan pipa dalam mesin dengan cara <i>me-roll sheet metal</i> material <i>stainless steel</i> dengan menggunakan roller. Setelah itu proses dilanjutkan dengan pengelasan sambungan pipa dan pemotongan. Pembentukan pipa dengan menggunakan <i>forming tool</i> sehingga membentuk pipa yang sama
2	Kecepatan produksi meningkat	Kapasitas mesin lebih dari 100 pcs/hari	5	100%	Kecepatan linier pada mesin sebesar 14,5 mm/s sehingga membentuk satu buah pipa sepanjang 300 mm dengan waktu 20 s.
3	Mudah dioperasikan	Penyediaan tombol otomatis dan manual dalam <i>control panel</i>	4	100%	<i>Control Panel</i> menyediakan 2 tombol otomatis dan manual untuk <i>maintenance</i> mesin. <i>Set up</i> mesin dilakukan pada awal pemasangan material menggunakan tombol manual. Proses otomatis berjalan setelah <i>set up</i> dengan menekan tombol otomatis
4	Mudah perawatan	Penggunaan mekanisme <i>chain</i> dan <i>shaft screw</i>	4	90%	Mekanisme <i>chain</i> merupakan mekanisme yang umum digunakan dalam konstruksi. Penggunaan mekanisme ini tidak membutuhkan perlakuan khusus. Penggunaan mekanisme <i>chain</i> diaplikasikan pada <i>piping unit</i> dan mekanisme <i>shaft screw</i> pada <i>machining unit</i> dan <i>forming unit</i> .
5	Murah	Menggunakan <i>part standart local</i>	4	80%	<i>Part standart</i> pada mesin sebagian besar menggunakan <i>part standart</i> yang disediakan <i>supplier</i> local. Sedangkan 20% yang tidak dapat diimplementasikan yaitu karena pada proses pencarian <i>part standart</i> tidak ditemukan di dalam negeri
6	Panjang pipa dapat disesuaikan	Ukuran Panjang pipa antara 180-300 mm	3	100%	Pengaturan panjang pipa dilakukan oleh timer. Timer bekerja untuk mengatur waktu motor <i>screw</i> , <i>cutting cylinder</i> dalam memotong pipa.
7	Bentuk bervariasi pipa	Mempunyai bentuk trioval, lingkaran, conus, dan hexagon	3	60%	Mesin mempunyai <i>output</i> pipa berbentuk lingkaran dan trioval. Sedangkan untuk 40% yang tidak dapat diimplementasikan yaitu karena masih terdapat bentuk lain dari <i>knalpot</i> yang tidak dapat dibuat dalam mesin
8	Daya Maksimal watt	Listrik 10.000 Menggunakan <i>part</i> elektrik dengan daya rendah	2	100%	Penggunaan daya total dari mesin adalah 9500 watt

Tabel 6 Penilaian Pasca Desain (Lanjutan)

NO	Requirement Lists	Spesifikasi Teknis yang Bisa Diukur	Tingkat Kepentingan	Indikator Ketercapaian	Implementasi Dalam Desain
9	Dimensi mesin maksimal 8.000mm	Panjang maksimal mesin 8000 mm	2	100%	Proses pembentukan pipa menggunakan roller lebih dipadatkan sehingga menghasilkan mesin dengan panjang 7700 mm
10	Operator mesin 1 orang	Satu operator untuk mesin	2	70%	Produksi pipa <i>silencer</i> knalpot hanya membutuhkan satu operator untuk beroperasi di <i>forming unit</i> . Sedangkan untuk 30% yang tidak dapat diimplementasikan yaitu karena pada proses pemasangan <i>coil</i> dan <i>set up</i> mesin membutuhkan 2 orang
Jumlah Nilai					34
Total Ketercapaian					31
Presentase Ketercapaian (%)					90%

4. KESIMPULAN

Piping Unit mesin pembuat pipa *silencer* knalpot berhasil menyelesaikan beberapa masalah yaitu keseragaman dimensi pipa, hal itu bisa teratasi karena dengan adanya *piping unit* maka dapat dilakukan pengurangan waktu untuk penyambungan dengan bagian lain diproses berikutnya. Masalah berikutnya adalah pembuatan pipa masih per buah sehingga efektifitas berkurang, dengan adanya *piping unit* maka dari awal hingga akhir proses menjadi satu proses otomatis sehingga waktu bisa lebih efektif dan itu berdampak kepada hasil produksi yang jauh lebih baik dari sebelumnya. Berdasarkan hasil perhitungan didapat persentase pasca desain, yaitu sebesar 90%, itu berarti bahwa desain *piping unit* sudah dapat memenuhi segala kebutuhan yang dibutuhkan sebesar 90%, salah satu indikasinya adalah terjawab semua *requirement list* yang diberikan oleh *customer*. Perancangan mesin pembuat pipa *silencer* knalpot. masih belum sempurna, diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk proses menuju sempurna, diantaranya dengan:

1. Penambahan guide penarik pada *piping unit* untuk membantu kerja *roller* membentuk pipa.
2. Penambahan *cleaning system* pada proses *grinding*.
3. Proses pengencangan input dilakukan secara otomatis menggunakan motor agar tidak terlepas.
4. Perhitungan kostruksi lebih lanjut untuk proses realisasi
5. Pengambilan *output* secara otomatis.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Robert L Mott. Machine Elements in Mechanical Design, fourth edition. Pearson Prentice Hall. Ohio, 2004
- Hestanto. Pengertian Karburator Knalpot. Diakses dari <https://www.hestanto.web.id/pengertian-karburator-dan-knalpot/>. 2 April 2019
- Robert L Mott. Machine Elements in Mechanical Design, fourth edition. Pearson Prentice Hall. Ohio, 2004
- Suhartono. Seberapa Penting Knalpot Racing Pada Motor Balap. Diakses dari <https://www.sportku.com/read/22839/pentingkah-knalpot-racing-motor-balap>. 13 Mei 2019
- Sutono. 10 Tips Memilih Knalpot Motor Racing Terbaik. Diakses dari <https://www.3techjogja.com/10-tips-memilih-knalpot-motor-racing-terbaik/>. 17 Juni 2019.