

Rancang Bangun Mesin *Adjustable Pipe Notcher*

Abdul Hamid Assidiqi^{1*}, Triandi Setiawan², Dhika Aditya Purnomo³

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri
Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia ^{1*,2,3}
E-mail: abdulhamidassidiqi@gmail.com^{1*}

Abstract - Building construction projects carried out by construction company in Sidoarjo are almost always equipped with handrails to secure the edges of the structural area of the building. The pipe in the project handrail must be notched first so that it can be assembled into a protective fence. Manual pipe repair is still used so that the contour of the resulting pipe is less precise and requires a long process. Base on the problem, it will be made an Adjustable pipe notcher design equipped with dual ragum to help the pipe repair process. Ulrich method will be used in the design concept of adjustable pipe nother with problem analysis stage and up to design concept making. Then it will be calculated the required motor power, shaft diameter, bearings. Machine manufacturing includes cutting processes, milling processes, lathe processes, grinding processes, and welding processes. Based on the test results of the machine obtained the results of pipe repair diameter 1.25 inch, 1.5 inch and 2 inch for 4.45 minutes, 6.30 minutes and 9.27 minutes which is faster than the process of manually disuffling pipes that takes 10 minutes, 12 minutes and 15 minutes. The total production cost of making adjustable pipe notcher machine is Rp. 3,421,000.

Keyword: Pipe Notcher, Holesaw, Ulrich.

Nomenclature

r	Radius (mm)
p	Panjang poros (mm)
F	Gaya (N)
T	Torsi (Nm)
fc	Faktor koreksi
g	Percepatan gravitasi bumi (m/s^2)
P	Daya motor (kW)
Pd	Daya rencana (kW)
n	putaran mesin (rpm)
σ	Tegangan tarik (kg/mm)
ds	Diameter poros minimum (mm)
W_A	Gaya aksial (N)
Dc	diameter <i>holesaw</i> yang mengenai benda kerja (mm)
t	target waktu (menit)

1. PENDAHULUAN

Pada era saat ini, teknologi sudah melekat dan tidak bisa lepas dari aktivitas manusia sehari-hari. Hal itu terjadi karena dampak dari inovasi dan perkembangan teknologi yang dapat mempermudah manusia untuk menjalani kehidupan hariannya. Pesatnya perkembangan Industri dan ilmu pengetahuan mengakibatkan adanya tuntutan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil produk. Dunia kerja menuntut adanya efisiensi dan efektifitas dalam segala hal, misalnya proses fabrikasi.

Proses fabrikasi merupakan rangkaian pekerjaan dari beberapa komponen material baik berupa plat, baja profil dan pipa untuk dirangkai atau dibentuk untuk bisa menjadi suatu alat produksi, struktur konstruksi dan hasil produk. *Handrail* merupakan rangkaian dari beberapa pipa besi yang disambung menggunakan las

untuk pengamanan tepi area struktural bangunan. Hampir seluruh proyek membutuhkan produk *Handrail* karena fasilitas proyek atau bangunan harus memenuhi standar keselamatan supaya karyawan terlindungi.

Pemerintah Indonesia semakin memperhatikan peningkatan efektifitas perlindungan Keselamatan dan Kesehatan kerja, tidak lepas dari upaya pelaksanaan keselamatan dan Kesehatan kerja yang terencana, terukur, terstruktur dan terintegrasi melalui sistem manajemen keselamatan dan Kesehatan kerja guna menjamin terciptanya suatu sistem keselamatan dan Kesehatan kerja di tempat kerja (Alexander, 2019)

Salah satu perusahaan konstruksi di Sidoarjo merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang desain, fabrikasi konstruksi dan *assembly*. Menurut karyawan perusahaan tersebut, pesanan handrail ini relatif tinggi sehingga harus diselesaikan tepat waktu dan produk yang dihasilkan bisa presisi. Tuntutan tersebut terkadang masih terkendala, dikarenakan proses *notching* atau pembuat *contour* pipanya masih dilakukan secara manual. Para pekerja harus menggunakan las *oxy torch* (*cutting mode*) dalam proses pengerjaan pipa tersebut. Setelah dipotong, pipa harus digerinda terlebih dahulu untuk meratakan permukaannya 2 supaya memudahkan dalam proses pengelasannya. Proses tersebut memperlambat proses produksi dan menurunnya tingkat kepresisian pipa. Untuk pengerjaan pipa berdiameter 1,25 inch memerlukan waktu sekitar 10 menit. Kemudian untuk pipa berdiameter 1,5 inch membutuhkan waktu sekitar 12 menit.

Sedangkan untuk pipa berdiameter 2 inch memerlukan waktu 15 menit (Data perusahaan). Oleh karena itu dibutuhkan suatu alat bantu produksi untuk menunjang produksi yang berupa mesin dengan harapan mampu bekerja secara cepat, aman dan menghasilkan produk secara presisi. Dari latar belakang di atas maka akan dirancang suatu mesin yang bernama Rancang Bangun *Adjustable Pipe Notcher* yang sudut nya bisa diatur sesuai kebutuhan. Penggunaan dual ragam atau dual pencekaman juga akan digunakan dalam perwujudan rancang bangun ini supaya proses pengerjaan contour permukaan pipa semakin cepat dan efektif. Alat ini akan dirancang dengan operasional yang mudah dan aman digunakan daripada alat manual *notching* yang ada di pabrik sebelumnya.

2. METODOLOGI

2.1 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan menggunakan metode *Ulrich* [1] dimana metode ini membuat daftar kebutuhan, kemudian membuat 3 konsep desain yang akan disaring hingga mendapat 1 konsep yang dibutuhkan. Berikut langkah-langkah yang digunakan :

1. Identifikasi dan perumusan masalah
2. Studi literatur.
3. Kajian produk *existing*
4. Penyusunan daftar kebutuhan.
5. Pembuatan konsep desain 1, 2, dan 3.
6. Pemilihan konsep desain dengan memiliki spesifikasi yaitu operasional, fungsional, manufaktur dan harga.
7. Penetapan konsep terpilih.
8. Perancangan detail komponen.
9. Analisa *Software*.
10. *Detail drawing*.
11. Perakitan Alat.
12. Uji coba mesin.
13. Pembahasan.
14. Analisa Biaya Produksi
15. Kesimpulan dan saran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan Daftar Kebutuhan

Berikut ditunjukkan daftar kebutuhan digunakan sebagai referensi pada perancangan mesin *Adjustable Pipe Notcher*.

Tabel 1: Daftar Kebutuhan

Daftar Kebutuhan			
Aspek	S / H	Uraian Kebutuhan	Penanggung Jawab
Kekuatan dan keamanan	H	- Tidak mudah rusak dalam aspek konstruksi dan material	Tim Desain dan Manufaktur
	H	- Aman digunakan	
	S	- Kuat dalam menahan beban yang ada diatas rangka	

Manufaktur	S	- Bahan material mudah mudah dicari di <i>marketplace</i> - Dapat dirakit serta proses manufakturnya mudah.	Tim Desain dan Manufaktur
	S		
	S		
Operasional	S	- Mudah digunakan - Nyaman digunakan - Efisiensi <i>man power</i> - Panjang alat maksimal 2 meter	Tim Desain dan Manufaktur
	S		
	H		
Biaya	S	- Menjadi produk ekonomis dan sesuai fungsinya	Tim Desain dan Manufaktur

Keterangan :

S = syarat

H = harapan

3.2 Pemilihan Konsep Desain

Pada perancangan tugas akhir kali ini metode yang digunakan adalah pemilihan konsep [2] mesin *Adjustable pipe notcher* dengan model matriks keputusan dengan tahapan penilaian konsep. Penyaringan tidak perlu dilakukan karena hanya terdapat 3 alternatif konsep desain. Penetapan kriteria seleksi didasarkan pada spesifikasi dari daftar kebutuhan yang telah dijelaskan sebelumnya. Tabel 2 berikut merupakan penjelasan mengenai penilaian konsep.

Tabel 2: Matriks Penilaian Konsep

Kriteria Seleksi	Bobot	Matrik Penilaian Konsep							
		Konsep Desain							
		Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3		Referensi	
Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot	Skor	Bobot		
Manufaktur	25%	2	0,5	1	0,25	1	0,25	3	0,75
Operasional	35%	5	1,75	4	1,4	4	1,4	3	1,05
Biaya	25%	4	1	5	1,25	4	1	3	0,75
Fungsional	15%	5	0,75	4	0,6	4	0,6	3	0,45
Bobot Total	100%								
Nilai Absolut		15	4	14	3,5	13	3,25	12	3
Nilai Relatif(%)		27,7%	29,09%	25,9%	25,4%	24,07%	23,6%	22,2%	21,8%

Berdasarkan matriks tabel diatas maka dapat disimpulkan bahwa konsep desain 1 unggul dengan nilai *absolute* 27,7% dan nilai *relative* 29,09%. Selanjutnya konsep desain yang terpilih yaitu konsep desain 1 akan dilanjutkan ke tahap perencanaan dan perhitungan elemen mesin.



Gambar 1. Konsep Desain Terpilih

3.3 Perhitungan Daya Motor

Pada tahap ini akan dilakukan Perhitungan mengenai daya motor listrik menggunakan rumus [3] berikut ini :

a) *Spindle speed*

Spindel speed adalah kecepatan poros transmisi yang menggerakkan pisau *holesaw*. Pada diameter pipa 2 inch diasumsikan sebesar 155 rpm. Di bawah ini merupakan Tabel 3 yaitu batas rpm *holesaw*.

Tabel 3: RPM *Holesaw*

Steel	Alumunium	kayu	PVC
170 rpm max	255 rpm max	2000 rpm max	2000 rpm max

b) *Cutting speed (Vc)*

Cutting speed atau kecepatan potong yang bekerja.

$$Vc = \frac{29 \times 3,14 \times 155}{1000} = 14,11 \text{ mm/min}$$

c) *Penetration rate (Vf)*

Penetration rate adalah kemampuan *holesaw* atau mata potong untuk melakukan penetrasi, dengan menggunakan persamaan :

$$Vf = \frac{Dc}{t} = \frac{29}{9} = 3,22 \text{ mm / min}$$

d) *Feed per revolution (fn)*

Feed per revolution adalah pemakanan pisau pada benda kerja berdasarkan putaran pisau, dengan menggunakan persamaan :

$$fn = \frac{Vf}{n} = \frac{3,22}{155} = 0,02 \text{ mm/rev}$$

e) Gaya Potong Spesifik

Gaya potong spesifik (ks) adalah banyaknya gaya atau energi yang dibutuhkan untuk memindahkan satu unit volume atau Nilai daya sesuai kebutuhan berdasarkan data gaya potong benda yang akan dikerjakan.

Tabel 4: Gaya Potong Material

Material	Kekuatan Tarik kg.mm ²	Gaya potong spesifik N/mm ²		
		0,1 mm/rev	0,2 mm/rev	0,3 mm/rev
Mild steel	520	2200	1950	1820
Medium steel	620	1980	1800	1730
Hard steel	720	2520	2200	2040
Tool steel	670	1980	1800	1730
Stainless steel	770	2030	1800	1750

Material pipa yang digunakan adalah *medium steel* yang memiliki sifat kuat dan keras. Biasanya digunakan untuk komponen konstruksi mesin. Kemudian Berdasarkan *feed per revolution* yang telah dihitung sebesar 0,02 mm/rev maka gaya potong jika = 0,1 mm/rev = 2200 N Maka = 0,02 mm/rev = 396 N Jadi gaya potong yang digunakan sebesar 396 N.

f) Torsi

Untuk menghitung daya motor listrik terlebih dahulu menghitung torsi yang terjadi saat mesin bekerja, untuk menghitungnya dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} T &= F \times R \\ T &= (\text{gaya potong spesifik} + \text{massa holesaw}) \times R \\ &= (396 + 0,75) \times 0,015 \\ &= 5,94 \text{ Nm} \end{aligned}$$

g) Daya Motor

$$\begin{aligned} P &= T \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \\ P &= 5,94 \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 155}{60} \\ &= 96 \text{ Watt} \\ Pd &= Fc \times P \\ &= 1,2 \times 96 \\ &= 115 \text{ , watt} \\ &= 120 \text{ watt / 0,12 Kw} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari perhitungan daya motor diatas maka sistem penggerak utama dari mesin ini adalah oriental motor minimalis merk k9ip120fc-su-c50 *high torque* dengan daya 120 watt dan memiliki kecepatan 1400 rpm dengan rasio *gearbox* 1:9 (155 Rpm) mampu untuk digunakan memutar *holesaw* pada *pipe notcher* .

Kemudian, penambahan *Gear reducer* gunanya untuk menurunkan kecepatan dan pada saat yang sama menaikkan torsi pada sumbu putaran sesuai dengan nilai gear ratio (ilhamsyah et all,2020)

Dikarenakan oriental motor yang digunakan menggunakan *gearbox* 1 : 9 maka rpm bisa diturunkan sebanyak 9 kali penurunan dan torsi meningkat sebanyak 9 x peningkatan.

3.4 Perhitungan Poros

Berikut adalah data yang diperlukan untuk menghitung poros pada mesin *Adjustable pipe notcher*.

Daya motor = 0,120 kw

Kecepatan (n) = 155 rpm

Langkah-langkah dalam menghitung diameter poros [4] sebagai berikut:

a. Torsi (Momen Rencana)

$$\begin{aligned} T &= \frac{9,74 \times 10^6 \times Pd}{n} \\ T &= 9,74 \times 10^5 \times \frac{0,120}{155} \\ T &= 754,06 \text{ kg/mm} \end{aligned}$$

b. Perhitungan poros berdasarkan beban punter

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{\sigma}{Sf1 \times Sf2} \\ &= \frac{66}{6 \times 2} = 5.5 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

c. Diameter poros didapatkan dengan menggunakan persamaan :

$$ds = \left(\frac{5,1}{\tau_a} \times \sqrt{(Km \times M)^2 + (Kt \times T)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$ds = \left(\frac{5,1}{5,5} \times \sqrt{(1,5 \times 84)^2 + (1,5 \times 754,06)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$ds = \left(\frac{5,1}{5,5} \times \sqrt{15876 + 1279364,5} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$ds = \left(\frac{5,1}{5,5} \times \sqrt{1295240,5} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$ds = (1055,31)^{\frac{1}{3}}$$

$$ds = 10,18 \text{ mm (diameter poros minimal)}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan hasil diameter poros minimum yaitu 10,18 mm. Kemudian akan digunakan diameter poros aktual berdiameter 17 mm dengan alur pasak berdasarkan tabel [5] sebagai berikut.

Tabel 5: Alur Pasak

Ukuran nominal pasak d x h	Ukuran standar d x h	Ukuran standar h		C	l	Ukuran Standar l			r dan r1	Referensi
		Pasak prisma	Pasak Tirus			Pasak Prisma s	Pasak Lunce	Pasak Tirus		
3 x 2	2	2		0,16-0,25	6-20	1,2	1,0	0,5	0,08	Lebih dari 6-8
3 x 3	3	3			6-36	1,5	1,4	0,5	0,16	= 8-10
4 x 4	4	4			6-36	2,5	1,8	1,2		= 10-12
5 x 5	5	5			10-56	3,0	2,3	1,7		= 12-17
6 x 6	6	6			14-70	3,5	2,8	2,2		= 17-22
(7 x 7)	7	7	7,2	0,25-0,40	16-80	4,0	3,0	3,5	3,0	
8 x 7	8	7			18-90	4,0	3,3		2,4	= 20-25
10 x 8	9	8			22-110	5,0	3,3		2,4	= 22-30
12 x 8	10	8			26-140	5,0	3,3		2,4	= 30-38
14 x 9	12	9		0,40-0,60	36-160	5,5	3,8		2,9	= 38-44
(15 x 10)	13	10	10,3		40-180	5,0	3,8	5,5	3,0	
16 x 10	16	10			45-180	6,0	4,3		3,4	= 50-55
18 x 11	18	11			50-200	7,0	4,4		3,4	= 50-58
20 x 12	20	12			56-220	7,5	4,9		3,9	= 58-65
22 x 14	22	14			63-250	9,0	5,4		4,4	= 65-75
(24 x 16)	24	16	16,3	0,60-0,80	70-280	9,0	6,0	8,5	4,0	
25 x 14	25	14			70-280	9,0	5,4		4,4	= 80-90
28 x 16	28	16			80-320	10,0	6,4		5,4	= 82-95
32 x 18	32	18			95-360	11,0	7,4		6,4	= 95-110

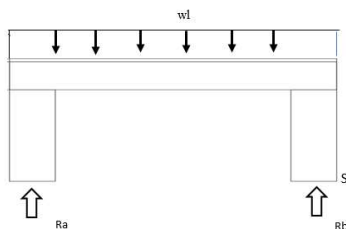
Jadi pada perancangan shaft kali ini akan menggunakan pasak yang memenuhi kriteria yaitu ukuran 6x6x20 mm.

3.5 Perhitungan Bantalan

Bearing yang digunakan adalah UCP 203. perhitungan beban ekuivalen bearing [4] :
 $W = K_S (X.V.W_R + Y.W_A)$
 $= 1 (0,56 \cdot 1 \cdot 1048,2 \text{ N} + 2 \cdot 222)$
 $= 586,992 + 444$
 $= 1030,9 \text{ N}$

3.6 Perhitungan Tegangan Izin Rangka

Berat total yang ditumpu oleh rangka utama adalah sebesar 22,2 kg. Berikut dapat dilihat permodelan rangka pada Gambar 4.20 di bawah ini:



$$M_{\max} = \frac{wl^2}{12}$$

$$M_{\max} = \frac{(120:350) \times 350^2}{12}$$

$$M_{\max} = 3500 \text{ Nmm}$$

$$I_{xx \text{ Hollow}} = 15012,5 \text{ mm}^4$$

Perhitungan tagangan normal yang terjadi pada batang dapat diketahui dengan menggunakan momen bending. Untuk rumus perhitungan tegangan menggunakan rumus [5] sebagai berikut :

$\sigma = M y / I_{xx}$
 Jarak titik berat profil dengan titik beban :

$$y = 35/2 = 17,5 \text{ mm}$$

$$\sigma = M \cdot y / I_{xx} = 3500 \text{ Nmm} \times 17,5 \text{ mm} / 15012,5 \text{ mm}^4 = 61250 \text{ Nmm}^2 / 15012,5 \text{ mm}^4 = 4,08 \text{ N/mm}^2$$

Jadi, tegangan normal yang terjadi adalah 4,08 N/mm²

Kemudian, dianalisa tegangan yang diijinkan pada bagian ini dengan persamaan berikut,

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_y}{(Sf \cdot k)}$$

$$= \frac{250}{(2 \times 1)}$$

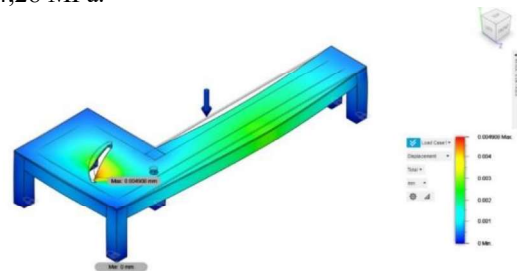
$$= 125 \text{ Mpa}$$

Dengan : σ_{ijin} = Tegangan ijin (MPa)
 σ_y = Titik yield (250 MPa)
 Sf = Safety factor
 k = faktor koreksi material (1)

3.7 Analisa Software

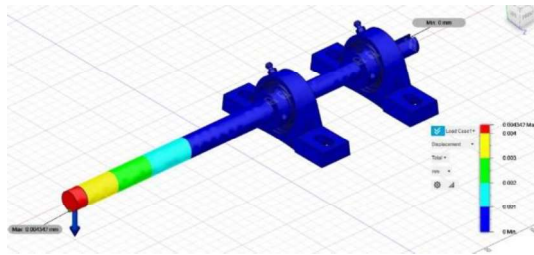
Analisa dilakukan dengan menggunakan software Autodesk Fusion 360. Material rangka yang digunakan menggunakan Steel Galvanized. Load diletakkan pada kedua ujung mesin dengan beban yang diibaratkan komponen yang berada diatas rangka sebesar 242,2 N.

Untuk tegangannya rangka dapat dikatakan aman karena tegangan maksimum yang terjadi jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan tegangan yang diijinkan, dengan nilai 125 MPa > 4,28 MPa.



Gambar 2. Analisa Stress Rangka

Selanjutnya dilakukan Analisa pada shaft. Hasil analisa stress pada shaft menunjukkan bahwa dengan pembebanan tersebut, shaft yang ditopang oleh bearing ini terjadi tegangan maksimal sebesar 0,5847 MPa. Untuk perhitungan manual stress ditemukan sebesar 0,568 MPa. Stress shaft dikatakan aman jika stress maksimum pada shaft lebih kecil dari allowable stress



Gambar 3. Analisa Stress Shaft

3.8 Proses Fabrikasi

Berikut ini adalah penjelasan proses pembuatan mesin *Adjustable Pipe Notcher*.

1. Pembuatan rangka
 Proses pembuatan rangka diawali dengan pemotongan profil *hollow* 35 x 35 x 1,2 mm sesuai desain. Kemudian dilanjutkan dengan proses pengelasan antar sambungan profilnya. Setelah rangka sudah jadi kemudian diletakkan plat ASTM A36 tebal 4 mm di atas rangka tersebut. Setelah selesai maka dilakukan proses *assembly* rangka.
2. Pembuatan *Dual Ragum*
 Proses pembuatan dual ragum diawali dengan pemotongan plat tebal 4 mm sesuai dengan detail *drawing*. Kemudian untuk penjepit ragumnya atau *sliding* ragum menggunakan plat tebal 10 mm. Proses manufaktur yang dilakukan ialah proses *milling*, *welding* dan *cutting*.
3. Pembuatan *shaft* dan *coupling*
 Pada tahap ini dilakukan proses manufaktur menggunakan mesin bubut. Pembubutan as dilakukan untuk membuat as mesin dan *coupling* dengan diameter sesuai dengan *shaft* dan *rotary* motor.
4. Tahap pengecatan mesin dan *finishing*
 Pada tahap terakhir dilakukan Pengecatan mesin agar menambah unsur estetika mesin tersebut. Setelah cat kering maka dilanjutkan yaitu *assembly* alat.

3.8 Uji Coba Mesin

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian mesin yang telah dilakukan. Mesin *adjustable pipe notcher* diuji pada sudut ragum tegak lurus dengan *holesaw*, didapatkan waktu *notcher* untuk pipa besi 1,25 inch didapatkan waktu 4,48.21 menit. Kemudian untuk pipa 1,5 inch didapatkan waktu 6,30.89 menit. Setelah itu dilanjutkan percobaan *notching* pipa besi 2 inch dan didapatkan waktu pengerjaan selama 9,10 menit.

Kemudian dilakukan percobaan *notching* pipa dengan sudut 45 derajat. Untuk percobaan sudut dilakukan pengujian hanya pada pipa besi 1,25 inch karena kebutuhan coak sudut untuk *handrailing* menggunakan ukuran diameter pipa kecil. Pada proses *notching* pipa besi sudut 45

derajat didapatkan. Waktu yang didapatkan yaitu selama 7,27 menit. Hasil rancang bangun mesin ditunjukkan pada gambar 5 berikut.



Gambar 4. Rancang Bangun Mesin

Kemudian untuk contoh hasil pencoakan pipa menggunakan mesin *adjustable pipe notcher* yaitu seperti gambar 6 berikut.



Gambar 5. Hasil pencoakan pipa

3.9 Analisa Biaya Produksi

Biaya pembuatan mesin *adjustable pipe notcher* terdiri dari biaya pembuatan dan biaya bahan baku. Rincian biaya proses pembuatan mesin *adjustable pipe notcher* adalah sebagai berikut :

Tabel 6: Rincian Biaya

No.	Komponen	Jumlah	Harga (Rp)	Total (Rp)
1	hollow square galvanized 35 mm x 35mm x 1,2 mm	1 lonjor	136.000 / lonjor	136.000
2	Plat material Astm A36 dual ragum 50 x 50 cm	5 kg	13.000 /kg	65.000
3	Motor ac k9ip120fc-su-c50 + gearbox 1:9	1	850.000	850.000
4	Poros diameter 20mm panjang 50mm	1	30.000	30.000
5	Mur dan Baut besi M4	16	3.000	48.000
6	Baut mur M5	24	24.000	24.000
6	Bearing duduk UCP 203 diameter 2 (pcs)	2	35.000	70.000
7	Holesaw bosch 2 inch + holesaw wipro 2 inch	1	300.000	300.000
8	1 set railway + Sliding Bearing 600mm (pcs)	1	650.000	650.000
9	Handle	1	10.000	10.000
10	Switch on off	1	50.000	50.000
11	Baut mur M16	1	10.000	10.000
12	Baut mur M12	1	8000	8000
13	Jasa bor	1 paket	50.000	50.000
14	Jasa Pengelasan	1 paket	450.000	450.000
15	Jasa milling	1 paket	200.000	200.000
16	Jasa Bubut	1 paket	220.000	220.000
17	Jasa pengecatan	Full	250.000	250.000
Total				3.421.000

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan desain ini menggunakan aplikasi Autodesk fusion 360. metode yang digunakan adalah metode *Ulrich* dengan membuat 3 konsep desain yang berbeda dengan mempertimbangkan kriteria manufaktur, operasional, biaya dan fungsional. Setelah ketiga konsep desain dibuat, maka akan dilakukan penilaian konsep. Dari penilaian tersebut didapatkan desain konsep 1 dengan nilai tertinggi yaitu dengan nilai *absolute* 27,7% dan nilai *relative* 29,09%, sehingga dipilihlah konsep 1 sebagai konsep untuk membuat mesin *adjustable pipe notcher*.
2. Pembuatan mesin meliputi proses *cutting*, proses *milling*, proses bubut, proses *grinding*, dan proses *welding*. Mesin ini dirancang dengan dimensi 850x350x15 mm. Pembuatan rangka mesin menggunakan material profil hollow 35x35x1,2mm. Penggerak utama mesin menggunakan motor *k9ip120fc-su-c50 high torque* dengan daya 120 watt dan memiliki kecepatan 1400 rpm rasio gearbox 1:9 (155 Rpm).
3. Mesin *Adjustable pipe notcher* dapat mencekam 2 buah pipa besi dengan ukuran sampai dengan OD 2 inch yang sudut ragumnya dapat diatur hingga sudut 60°. kemudian dilakukan pengujian dari mesin yang telah dibuat yaitu mesin mampu :
 - a) Mencoak siku 2 pipa besi sekaligus yang berukuran \varnothing 1,25 inch dan 1,5 inch dengan tebal 2 mm, dengan waktu 4,47 menit dan 6,30 menit (total 11,19 menit untuk 2 pipa).
 - b) Mencoak siku 1 pipa tebal 2 mm, \varnothing 2 inch dengan waktu 9,10 menit.
4. Harga produksi pembuatan mesin *adjustable pipe notcher* yaitu sebesar Rp. 2.251.000 untuk kebutuhan bahan dan

material. kemudian Biaya pembuatan/ jasa sebesar Rp. 1.170.000 Sehingga total biaya untuk pembuatan mesin ini sebesar Rp. 3.421.000.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada orang tua penulis yaitu ayah Sukiyo dan Ibu Atik Suaini, adik Aliyatul Hikmah dan seluruh keluarga besar yang senantiasa memberi dukungan, doa, saran, dan nasehat kepada penulis. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Bapak George Endri Kusuma, S.T., M.Sc.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal. Bapak Pranowo Sidi, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi D4 Teknik Desain dan Manufaktur. Bapak Tri Andi Setiawan, S.ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Dhika Aditya Purnomo, S.ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah berkenan memberikan bimbingan serta membagikan ilmu dan saran dalam proses pengerjaan penelitian Tugas Akhir ini. Bapak Farizi Rachman, S.Si, M.Si. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur. Rekan-rekan prodi teknik desain dan manufaktur 2017 selaku teman seperjuangan.

6. PUSTAKA

- [1] I Made Batan Londen. (2012). Desain Produk. Inti Karya Guna.
- [2] Ulrich, K., & Eppinge, S. (2001). Product Design and Development. Mc Grawhill.
- [3] Khurmi, R. and Gupta, J. (1977) *A Textbook Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House
- [4] Sularso, & Suga, K. (2004). Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. PT Pradnya Paramita.
- [5] American Wood Council. (2007). *Beam Design Formulas with Shear and Moment Diagram*. Washington: American Forest & Paper Association.