

PEMBUATAN PENEPAT KOMPONEN *COVER RADIATOR* PADA PROSES PENGELASAN ULTRASONIK DI PT. AUTOPLASTIK INDONESIA

Nandang Rusmana dan Anjas Bagus Prawira Napitu

Politeknik Manufaktur Bandung

Jl. Kanayakan No. 21-Dago, Bandung - 40135

Phone/Fax : 022 - 250 0241 / 250 2649

Email : anjaasbp@gmail.com

ABSTRAK

Penepat komponen *cover radiator* pada proses pengelasan ultrasonik adalah alat bantu yang berfungsi sebagai penepat dan pemegang benda kerja *cover radiator* yang diletakkan pada meja robot sehingga proses *welding* bisa dilakukan menggunakan mesin atau robot tersebut. *Cover radiator* merupakan salah satu *part interior* mobil yang diproduksi di PT. Autoplastik Indonesia, *cover radiator* tersebut terdiri dari tiga bagian utama yaitu *upper*, *lower RH*, dan *lower LH*, sehingga *cover radiator* tersebut perlu melalui proses *assembly* sebelum masuk area *finish good*. Pada *line assembling* terdapat mesin *ultrasonic welding robot* yang digunakan untuk melakukan proses *assembly*, namun *cover radiator* tersebut belum memiliki *fixture* sehingga proses *assembly* nya masih menggunakan *welding gun* yang ditekan secara manual oleh operator sehingga hasil *welding* tidak konsisten dan banyak yang *NG (Not Good)* karena penekanannya yang tidak stabil dan cukup menguras tenaga.

Proses pembuatan penepat pengelasan komponen *cover radiator* melalui berbagai tahapan, yaitu pengadaan material, proses pemesinan, perakitan dan uji coba. Proses pemesinannya meliputi; *milling*, *CNC milling*, *laser cutting*, *boring*, dan *work bench* yang dilakukan sesuai *Operation Plan*. Sebelum melakukan tahap *assembly* yang meliputi pemasangan baut, part pada *welding fixture* harus melewati tahap *Quality Control* terlebih dahulu.

Sekarang dengan adanya penepat pengelasan komponen *cover radiator* ini, proses *assembly* dapat dilakukan menggunakan *ultrasonic welding robot* sehingga mengurangi paparan radiasi *ultrasonic* terhadap operator, hasil *welding* dapat lebih stabil dengan hasil pengelasan yang rapat dan kuat, mempercepat *cycle time 30 detik*, mengurangi biaya operator sekitar Rp. 660.000,00- per bulan atau sekitar 30%.

I. PENDAHULUAN

PT. Autoplastik Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak di bidang injeksi plastik, memiliki keunggulan dalam menghasilkan komponen-komponen otomotif berbahan dasar plastik pada kendaraan roda

empat dan menciptakan jaringan pemasaran serta kerja sama yang sinergis. Pada umumnya, komponen yang diproduksi merupakan bagian interior dari kendaraan roda empat seperti : *door trim*, *dashboard*, *shroud fan*, *cover radiator*, *cover seat*, *panel instrumen*, dll.

Dengan perkembangan zaman dan minat yang terus bertambah pada kendaraan bermotor khususnya roda empat di Indonesia saat ini membuat produksi di PT. Autoplastik Indonesia juga terus meningkat sehingga diperlukan teknologi yang unggul dan memadai agar dapat mengimbangi permintaan.

Di perusahaan ini terdapat 3 tipe *line* proses produksi yaitu *line* mesin plastik injeksi, *line painting*, dan *line assembling*. Pada *line assembling* ini terdapat *welding machine* yang belum bisa dipakai secara maksimal karena banyak produk yang tidak memiliki *fixture* yang berfungsi sebagai dudukan dan penepat produk yang akan diproses, salah satunya yaitu produk *cover radiator*, sehingga proses assembly produk *cover radiator* masih manual menggunakan operator dan hasil pengelasannya pun tidak stabil akibat penekanan yang terlalu lama hingga hasil pengelasan produk terlalu meleleh atau terkadang kurang penekanan yang menyebabkan pengelasan produk tidak kuat dan mudah lepas. Berkaitan dengan hal tersebut, maka perlu dibuatkan *fixture* atau penepat untuk produk *cover radiator* agar *welding machine* dapat digunakan sehingga hasil pengelasan dapat lebih stabil, rapat dan kuat. Selain itu, penulis selaku pihak yang ikut terlibat dalam pembuatan penepat pengelasan komponen *cover radiator* ini mengajukannya sebagai bahan proyek akhir, yang berjudul **“PEMBUATAN PENEPAT KOMPONEN COVER RADIATOR PADA PROSES PENGELASAN ULTRASONIK DI PT. AUTOPLASTIK INDONESIA”**.

II. TUJUAN

Tujuan yang ingin dicapai oleh penulis dari pembuatan karya tulis ini adalah :

1. Untuk mengetahui bentuk konstruksi dari penepat pengelasan komponen *cover radiator*
2. Untuk mengetahui proses pembuatan penepat pengelasan komponen *cover radiator*
3. Untuk mengetahui estimasi waktu dan biaya pembuatan penepat pengelasan komponen *cover radiator*
4. Untuk mengetahui dampak dan manfaat setelah adanya penepat pengelasan komponen *cover radiator*

III. PROSES PEMBUATAN

3.1 Diagram Alir Proses Pembuatan

Berikut merupakan tahapan proses pembuatan penepat pengelasan:

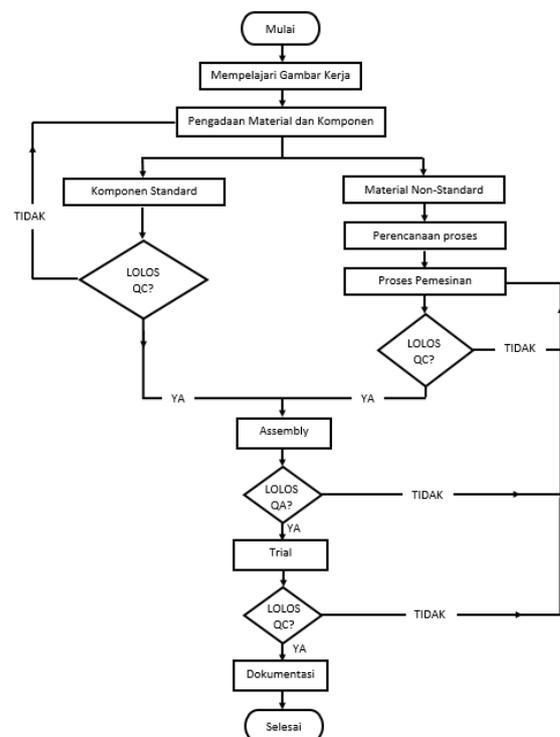
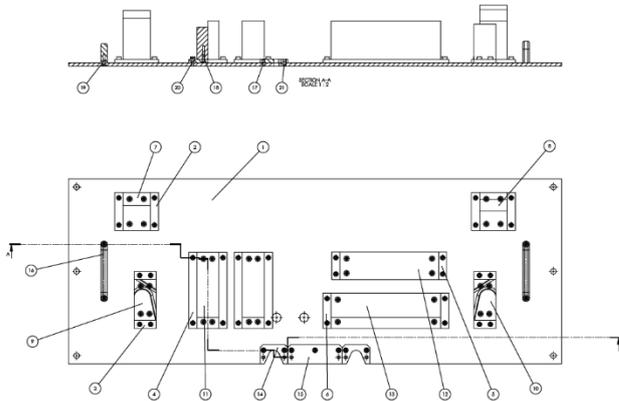


Diagram 3.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Penepat Pengelasan Komponen *Cover Radiator*

Proses pembuatan penepat pengelasan komponen *cover radiator* dimulai dengan mengidentifikasi gambar kerja yang berlanjut pada pembuatan *operation plan* kemudian melakukan pengadaan material

Komponen mesin dibagi menjadi dua bagian yaitu komponen standar dan komponen *non*-standar. Pada komponen *non*-standar dilakukan proses pemesinan untuk membuat komponen yang sesuai dengan fungsi yang diinginkan. Komponen standar dan komponen *non*-standar kemudian dirakit.

3.2 Konstruksi Penepat Pengelasan Komponen Cover Radiator



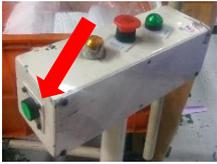
Gambar 3.1 Konstruksi Mesin Bending Sebelum Proses Modifikasi

Tabel 3. 1 Daftar Bagian Penepat Pengelasan Cover Radiator

11	LOCATOR 4	2			
10	LOCATOR 3B	1	21	DOWEL PIN ϕ 6x12	6
9	LOCATOR 3	1	20	BAUT INBUS M5x12	32
8	LOCATOR 2	1	19	BAUT KONTERSANG INBUS M5x18	4
7	LOCATOR 1	1	18	BAUT KONTERSANG INBUS M6x25	32
6	BASE LOCATOR 6	1	17	BAUT KONTERSANG INBUS M4x12	7
5	BASE LOCATOR 5	1	16	HANDLE	2
4	BASE LOCATOR 4	2	15	STOPPER 2	1
3	BASE LOCATOR 3	2	14	STOPPER 1	2
2	BASE LOCATOR1	2	13	LOCATOR 6	1
1	BASE PLATE	1	12	LOCATOR 5	1
	PART NAME	QTY	NO	PART NAME	QTY

3.3 Prinsip Kerja Penepat Pengelasan Komponen Cover Radiator

Tabel 3.2 Prinsip Kerja Penepat Pengelasan

1	Letakan fixture pada meja robot dan sesuaikan fixture dengan stopper pada meja.	
2	lalu pasang baut untuk mencekam fixture.	
3	Pasang produk cover radiator yang akan dilas pada fixture, pastikan produk sudah duduk dengan posisi yang pas dan tidak bergerak.	
4	Pilih program "Cover Radiator" pada layar monitor.	
5	Tekan tombol hijau untuk memulai proses pengelasan, meja akan berputar dan	

	robot secara otomatis melakukan proses pengelasan sesuai titik.	
6	Putar ke kanan tombol untuk membalikan meja saat proses pengelasan telah selesai.	
7	Periksa hasil pengelasan, pastikan hasil las baik dan kuat.	
8	Untuk pengerjaan part selanjutnya, lakukan proses mulai dari langkah nomor 5.	

3.4 Proses Pemesinan

Pada proses ini hanya membahas mengenai material *non-standard*, proses pemesinan ini meliputi, tahapan proses pengerjaan, rencana operasi, pembuatan program dan proses *Quality Control (QC)*. Berikut penjelasan dari tiap-tiap tahapan proses pemesinan.

Berikut merupakan tahapan proses pembuatan penepat pengelasan *cover radiator*

Tabel 3.3 Proses pembuatan penepat pengelasan *cover radiator*

No	Nama Komponen	Jumlah (Pcs)	Proses				
			CNC	LC	FR	BR	KB
1	Base plate	1		1		2	3
2	Base locator 1	2			1	2	3
3	Base locator 3	2			1	2	3
4	Base locator 4	2			1	2	3
5	Base locator 5	1			1	2	3
6	Base locator 6	1			1	2	3
7	Locator 1	1			1	2	3
8	Locator 2	1			1	2	3
9	Locator 3	1	2		1	3	4
10	Locator 3B	1	2		1	3	4
11	Locator 4	2			1	2	3
12	Locator 5	1			1	2	3
13	Locator 6	1			1	2	3
14	Stopper 1	2		1		2	3
15	Stopper 2	1		1		2	3

3.5 Assembly

Berikut adalah tahapan proses perakitan part penepat pengelasan untuk komponen *cover radiator*:

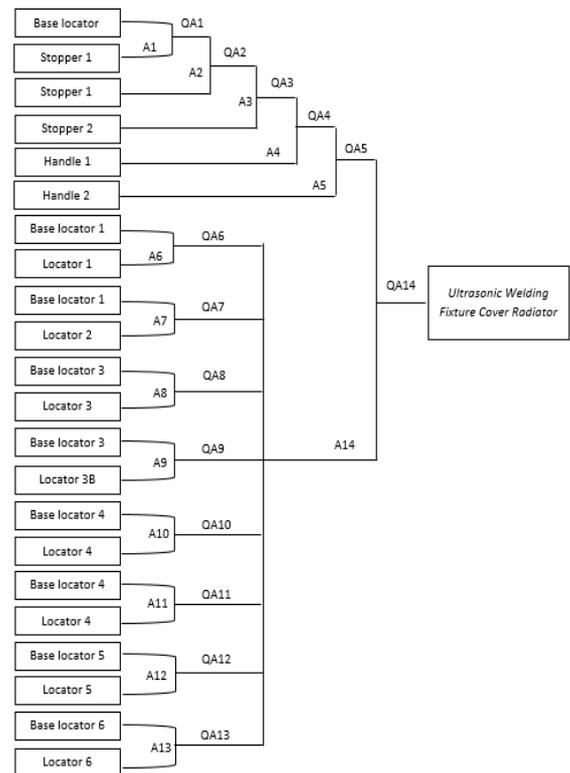


Diagram 3.2 Proses Perakitan

3.6 Uji Coba (Trial)

Sebelum *fixture* dapat digunakan untuk kegiatan produksi, *fixture* perlu melalui tahapan *trial* terlebih dahulu. Tahapan *trial* ini bertujuan

untuk menguji coba fungsi dari *fixture* tersebut. Jika hasil dari uji coba mencapai target, maka *fixture* tersebut dapat digunakan untuk kegiatan produksi. Tetapi, jika *fixture* tersebut tidak memenuhi target, akan dilakukan pembuatan ulang atau modifikasi dari *fixture* tersebut hingga *fixture* tersebut memenuhi target yang diinginkan. Kegiatan uji coba dilakukan dengan memproses produk dengan menggunakan *fixture* yang telah dibuat dan diproses menggunakan robot *ultrasonic welding*.

IV. ESTIMASI WAKTU DAN BIAYA SERTA MANFAAT DATA

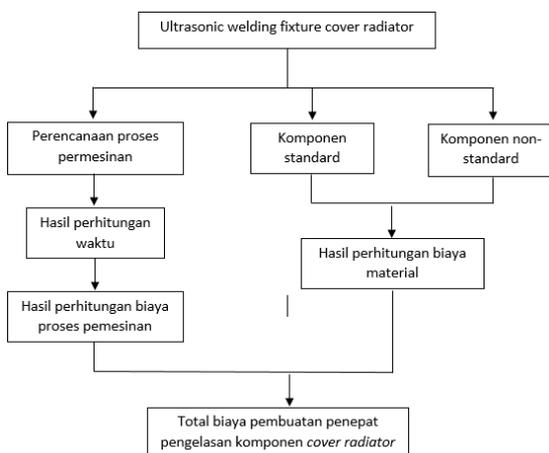


Diagram 4.1 Estimasi biaya dan biaya

4.1 Estimasi Waktu Pemesinan

Waktu pembuatan suatu komponen dapat diperkirakan dengan mengacu pada landasan teori tentang pemesinan. Berikut merupakan pemaparan tentang estimasi waktu untuk membuat penapat pengelasan komponen *cover radiator*:

Tabel 4.1 Estimasi total waktu proses pemesinan

NO	NAMA PART	QTY	ESTIMASI WAKTU (menit)								TOTAL	
			CNC		FR		BR		KB			
			TNC	TC	TNC	TC	TNC	TC	TNC	TC		
1	BASE LOCATOR 1	2			20	0,71	12	2,4			1	36,11
2	BASE LOCATOR 3	2			20	0,69	12	2,4			1	36,09
3	BASE LOCATOR 4	2			20	0,93	12	2,4			1	36,33
4	BASE LOCATOR 5	1			10	1,12	6	1,2		0,5		18,82
5	BASE LOCATOR 6	1			10	1,25	6	1,2		0,5		18,95
6	LOCATOR 1	1			13,5	8,21	4	0,7	1	20		47,41
7	LOCATOR 2	1			13,5	9,15	4	0,7	1	20		48,35
8	LOCATOR 3	1	20	65	12,5	3,99	4	0,7	1	20		127,19
9	LOCATOR 3B	1	20	65	12,5	3,99	4	0,7	1	20		127,19
10	LOCATOR 4	2			25	9,1	8	1,4	2	40		85,5
11	LOCATOR 5	1			12,5	11,18	4	0,7	1	20		49,38
12	LOCATOR 6	1			12,5	11,51	4	0,7	1	20		49,71
TOTAL WAKTU (menit)			16	40	130	182	61,83	80	15,2	8	164	681,03
					170	243,83		95,2		172		

Total waktu proses pemesinan ditambah waktu perakitan adalah 711,03 menit atau 11,85 jam.

4.2 Estimasi Biaya

Dari hasil perhitungan waktu diatas, didapatkan estimasi waktu untuk membuat Penapat Pengelasan Komponen *Cover Radiator*. Selain untuk acuan waktu pembuatan *fixture*, estimasi waktu tersebut berfungsi sebagai acuan untuk membuat estimasi biaya. Estimasi biaya tersebut meliputi biaya part standar, biaya material, biaya pemesinan, dan biaya over head. Perhitungan estimasi biaya bertujuan untuk memberi acuan biaya untuk membuat *fixture*.

a. Estimasi Biaya Komponen Standard

Estimasi biaya komponen standard dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Estimasi biaya komponen standard

No.	Nama Part	Spesifikasi	Qty (pcs)	Harga	
				Harga/Part (Rp)	Harga (Rp)
1	Baut Inbus Kontersang	M6 x 25	32	Rp 1.200,00	Rp 38.400,00
2	Baut Inbus Kontersang	M5 x 18	4	Rp 900,00	Rp 3.600,00
3	Baut Inbus Kontersang	M4 x 12	7	Rp 600,00	Rp 4.200,00
4	Baut Inbus	M5 x 12	32	Rp 700,00	Rp 22.400,00
5	Dowel Pin	Ø6 x 12	6	Rp 3.000,00	Rp 18.000,00
6	Handle	Misumi USANS L100	2	Rp 42.000,00	Rp 84.000,00
Total Harga					Rp 170.600,00

b. Estimasi Biaya Komponen Non-Standard

Berikut merupakan estimasi biaya komponen non-standard

Tabel 4.3 Estimasi biaya komponen non-standard

No	Nama komponen	Jumlah	Material	Dimensi (mm)			Volume (mm ³)	Masa jenis (kg/mm ³)	Berat (kg)	Harga/kg	Biaya total
				P	L	T					
1	Base locator 1	2	Aluminium	85	75	6	38250	0,0000027	0,103	Rp 47.500	Rp 9.811
2	Base locator 3	2	Aluminium	110	45	6	29700	0,0000027	0,080	Rp 47.500	Rp 7.618
3	Base locator 4	2	Aluminium	145	75	6	65250	0,0000027	0,176	Rp 47.500	Rp 16.737
4	Base locator 5	1	Aluminium	215	56	6	72240	0,0000027	0,195	Rp 47.500	Rp 9.265
5	Base locator 6	1	Aluminium	235	70	6	98700	0,0000027	0,266	Rp 47.500	Rp 12.658
6	Locator 1	1	Teflon	75	35	95	991975	0,0000022	0,862	Rp 300.000	Rp 258.638
7	Locator 2	1	Teflon	75	55	105	433125	0,0000022	0,953	Rp 300.000	Rp 285.663
8	Locator 3	1	Teflon	80	45	70	352000	0,0000022	0,954	Rp 300.000	Rp 286.320
9	Locator 3B	1	Teflon	80	45	70	352000	0,0000022	0,954	Rp 300.000	Rp 286.320
10	Locator 4	2	Teflon	145	45	75	489375	0,0000022	1,077	Rp 300.000	Rp 645.975
11	Locator 5	1	Teflon	185	56	70	725200	0,0000022	1,595	Rp 300.000	Rp 478.632
12	Locator 6	1	Teflon	205	70	75	1076250	0,0000022	2,368	Rp 300.000	Rp 710.325
13	Base Plate	1	Aluminium				Subkontrak				Rp 520.000
14	Stopper 1	2	S45C				Subkontrak				Rp 130.000
15	Stopper 2	1	S45C				Subkontrak				Rp 90.000
TOTAL HARGA											Rp 3.488.151

c. Estimasi Biaya Proses Pemesinan

Biaya proses pemesinan di peroleh dari mengalikan waktu pemesinan yang telah di

hitung dengan harga sewa mesin yang ada. Estimasi biaya pemesinan setiap proses pemesinan dari Penepat pengelasan komponen *cover radiator* dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel 4.4 Estimasi Biaya Proses Pemesinan

Proses Pemesinan	Total Estimasi Waktu Pemesinan		Harga Sewa Mesin (Rp/jam)	Total Harga Sewa (Rp)
	(menit)	(jam)		
CNC	170	2,83	Rp 150.000,00	Rp 424.500,00
Frais	243,83	4,06	Rp 50.000,00	Rp 203.000,00
Bor	95,2	1,59	Rp 40.000,00	Rp 63.600,00
Kerja Bangku	172	2,87	Rp 25.000,00	Rp 71.750,00
Total Biaya Proses				Rp 762.850,00

Jumlah total biaya proses pemesinan adalah **Rp. 762.850,00,-**

d. Estimasi Biaya Operator

Estimasi biaya pemesinan setiap proses pemesinan dari Penepat pengelasan komponen *cover radiator* dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel 4.5 Estimasi Biaya Operator

Proses Pemesinan	Total Estimasi Waktu Pemesinan		Biaya Operator (Rp/jam)	Total Harga Sewa (Rp)
	(menit)	(jam)		
CNC	170	2,83	Rp 20.000,00	Rp 56.600,00
Frais	243,83	4,06	Rp 20.000,00	Rp 81.200,00
Bor	95,2	1,59	Rp 20.000,00	Rp 31.800,00
Kerja Bangku	172	2,87	Rp 20.000,00	Rp 57.400,00
Total Biaya Proses				Rp 227.000,00

Jumlah total biaya operator adalah **Rp. 227.000,00,-**

e. Estimasi Biaya Pokok

Estimasi biaya pokok adalah biaya keseluruhan dari pembuatan penepat pengelasan komponen *cover radiator*. Berikut merupakan perhitungan dari estimasi biaya pokok:

Tabel 4.6 Estimasi Biaya Pokok

No	Keterangan	Biaya
1	Biaya Komponen Standard	Rp 170.600,00
2	Biaya Komponen Non-standard	Rp 3.488.161,00
3	Biaya Pemesinan	Rp 762.850,00
4	Biaya Operator	Rp 227.000,00
Total Biaya Pokok		Rp 4.648.611,00

Jumlah total biaya pokok adalah **Rp. 4.648.611,00,-**

f. Estimasi Biaya Total

Estimasi biaya total adalah biaya pokok ditambahkan dengan biaya *over head*. Berikut merupakan perhitungan dari biaya total:

Biaya Pokok : Rp 4.648.611,00

Biaya *Over Head* : 20 % x Biaya Pokok

: Rp 929.722,20

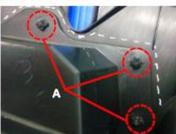
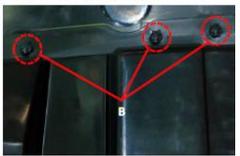
Total : Rp 5.578.333,20

Jadi estimasi biaya total pembuatan *welding fixture* untuk komponen *cover radiator* adalah Rp 5.578.333,20 ≈ Rp. 5.580.000.

4.2 Manfaat Penepat Pengelasan Komponen *Cover Radiator*

Dengan adanya alat bantu Penepat pengelasan komponen *cover radiator*, terdapat beberapa manfaat dalam beberapa aspek, diantaranya :

Tabel 4.7 Manfaat Penepat Pengelasan

NO	ASPEK	DAMPAK	
		SEBELUM	SESUDAH
1	Time	Dengan proses pengelasan secara manual memakan waktu 90 detik/part atau sejumlah 40 part/jam.	Dengan menggunakan <i>welding fixture</i> dan <i>welding robot</i> memakan waktu 60 detik/part atau sejumlah 60 part/jam.
2	Quality	Hasil pengelasan menggunakan <i>ultrasonic welding gun</i> secara manual [A] tidak konsisten dan sering terdapat NG (Not Good) seperti produk pengelasan mudah lepas. 	Hasil pengelasan dengan menggunakan <i>welding fixture</i> dan <i>welding robot</i> [B] lebih konsisten dan stabil serta dengan kualitas pengelasan yang rapat dan kuat. 
3	Qost	Biaya Operator pengelasan 1 hari = 180 part Waktu pengerjaan = 1,5 menit / part 1 bulan = 22 hari kerja = 3960 part 3960 part x 1,5 menit = 5940 menit = 99 jam Biaya operator Rp. 20.000,00/jam Maka untuk 1 bulan biaya operator = 99 jam x Rp. 20.000 = Rp. 1.980.000,00	Biaya Operator pengelasan 1 hari = 180 part Waktu pengerjaan = 1 menit / part 1 bulan = 22 hari kerja = 3960 part 3960 part x 1 menit = 3960 menit = 66 jam Biaya operator Rp. 20.000,00/jam Maka untuk 1 bulan biaya operator = 66 jam x Rp. 20.000 = Rp. 1.320.000,00
4	Safety	Operator memegang secara langsung <i>ultrasonic welding gun</i> sehingga lebih berpotensi terpapar radiasi gelombang ultrasonik.	Operator hanya meletakkan part pada <i>fixture</i> dan <i>welding robot</i> yang melakukan proses pengelasan sehingga jauh mengurangi potensi terpapar radiasi gelombang ultrasonik.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Secara umum, keseluruhan isi karya tulis ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penepat pengelasan komponen *cover radiator* terdiri dari 21 part , 15 jenis part terbuat dari part non-standar dan 6 jenis part standar yang di *assembly* sehingga mendapatkan bentuk dan fungsi yang sesuai dengan yang di rencanakan.
2. Dalam proses pembuatan Penepat pengelasan komponen *cover radiator* ini meliputi perencanaan, proses pemesinan yang meliputi Frais, Bor, *Laser Cutting*, *CNC Milling*, dan Kerja Bangku,. Kemudian *Quality Control*, *Assembly*, dan *Quality Assembly*.
3. Total waktu proses pembuatan Penepat pengelasan komponen *cover radiator* menurut estimasi adalah **11,85 jam**
4. Total biaya pembuatan Penepat pengelasan komponen *cover radiator* menurut estimasi adalah **Rp. 5.578.333,20-**
5. Ada beberapa manfaat dalam beberapa aspek yang didapat dari pembuatan Penepat pengelasan komponen *cover radiator* ini, yaitu :
 - a. Aspek *time* : Dengan menggunakan *welding fixture* dan *welding robot* hasil pengelasan menjadi lebih singkat dari rata-rata 90 detik/part menjadi 60 detik/part.
 - b. Aspek *quality* : Hasil Pengelasan dengan menggunakan *welding fixture* dan *welding robot* lebih konsisten dengan kualitas pengelasan yang baik.
 - c. Aspek *cost* : mengurangi biaya operator sekitar 33% perbulan dari Rp. 1.980.000,00 menjadi Rp. 1.320.000,00 atau sebesar **Rp. 660.000,00-**
 - d. Aspek *safety* : Operator hanya meletakkan part pada *fixture* dan *welding robot* yang melakukan proses pengelasan sehingga jauh mengurangi potensi operator terpapar radiasi gelombang ultrasonik

5.2 Saran

Berdasarkan hasil uji coba, berikut saran untuk pihak perusahaan :

1. Lebih baik dibuatkan tempat khusus penyimpanan *fixture* agar tidak diletakkan di sembarang tempat sehingga operator mudah mengambil *fixture* saat akan digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Luchsinger,H. (1981).*TOOL KNOWLEDGE 4 JIG & FIXTURES (FUNDAMENTALS)* .Bandung: Polyteknik Mekanik Swiss-ITB.
- [2] Anonim. Pengertian *Ultrasonic Welding* . [Online]. Tersedia di: <http://teknikmesinmanufaktur.blogspot.com/2015/05/ultrasonic-welding-usw.html>

- [3] Anonim. Pengertian Teflon/PTFE .
[Online]. Tersedia di:
<https://id.wikipedia.org/wiki/Politetrafluoroetilena> diakses pada 24 April 2020.
- [4] Budi Setiawan, Albertus dan Mochamad Nur'aini. 1978. *Teknik Bengkel 3*. Bandung: Politeknik Mekanik Swiss – ITB.
- [5] Rochim Taufiq. (2007)*Teori dan Teknologi : Proses Pemesinan: Bandung* : Institut Teknologi Bandung (ITB)
- [6] Fischer, Ulrich.2010. *Mechanical and Metal Trades Handbook*. Berlin: Europe – Lehrmittel verlag.
- [7] Singh, Rajender. 2006. *Introduction to Basic Manufacturing Processes and Workshop Technology*.
- [8] Widarto dkk. 2008. *Teknik Permesinan*.
- [9] Autodesk, Inc. 2014. *Fundamentals of CNC Machining*.
- [10] Anonim. Pengertian Laser Cutting .
[Online]. Tersedia di:
https://id.wikipedia.org/wiki/Laser_cutting diakses pada 24 April 2020.
- [11] Waloeyo, Gamawan A. 2009. *Biaya Dasar PPC*. Bandung. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.