

MERANCANG ALAT BANTU PROSES *TAPPING* ULIR *BUSHING* BAGIAN *BODY HULL* KENDARAAN TEMPUR

Jahny Sastradiharja¹, Ragil Pardiyono², Aldo Pity³
 Program Studi Teknik Industri, Universitas Jenderal Achmad Yani^{1,2,3}
 jahnysast@gmail.com¹

Abstrak

Penelitian ini dilakukan pada proses pembuatan *bushing* yaitu salah satu komponen pendukung kendaraan tempur yang berfungsi sebagai dudukan (*mounting*). Penelitian ini akan merancang alat bantu untuk, pemutaran tap yang tidak seimbang yang menyebabkan tingginya persentase cacat ulir *bushing*. Tahapan dalam merancang alat bantu dimulai dengan observasi awal, dilanjutkan proses pengumpulan data, proses merancang alat bantu menggunakan metode *jig and fixture*, melakukan simulasi (monte carlo dan *finite element method*), dan proses terakhir menganalisis hasil perancangan alat bantu. Hasil akhir dari penelitian ini adalah rancangan alat bantu proses tapping ulir *bushing*, dapat meminimumkan waktu proses yakni penurunan dari 414,91 detik sebelum perancangan menjadi 258,09 detik, memperbaiki postur kerja operator awalnya operator bekerja membungkuk menjadi lebih tegak, dan pekerjaan *tapping* lebih efektif dan efisien

Kata Kunci : *Jig and Fixture*, Proses Tapping, Cacat Produk, Waktu.

Abstract

This research was conducted on the process of making the bushing, which is one of the supporting components of a combat vehicle that functions as a mounting. This research will design a tool for unbalanced tap rotation which causes a high percentage of bushing thread defects. The stages in designing aids begin with initial observations, followed by the data collection process, the process of designing tools using the jig and fixture method, doing simulations (Monte Carlo and finite element methods), and the last process analyzing the results of designing tools. The final result of this research is the design of the bushing thread tapping tool, it can minimize the processing time, namely a decrease from 414.91 seconds before design to 258.09 seconds, improve the operator's working posture, initially the operator works bending to be more upright, and tapping work is more effective and efficient.

Keywords : Jig and Fixture, Tapping Process, Product Defect, Time.

I. PENDAHULUAN

PT Pindad adalah BUMN, produsen alat pertahanan seperti; Senjata, Munisi, Kendaraan Khusus, Alat Berat, dan lain-lain. Salah satu produk yang dibuat adalah *bushing* yang merupakan salah satu komponen pendukung pada kendaraan tempur yang berfungsi sebagai dudukan (*mounting*) pada komponen yang tidak memungkinkan dilakukan proses pengelasan.

Proses pembuatan *bushing* dari besi batangan (*raw material*) diawali dari mesin bubut, kemudian pengeboran dilanjutkan dengan proses *tapping*. *Tapping* adalah proses pembuatan ulir. Proses ini dilakukan menggunakan alat manual tanpa alat bantu, tingkat kegagalannya relatif tinggi, hasilnya kurang presisi dan memerlukan kehati-hatian operator. Dari total produksi sebanyak 14.490 unit *bushing* pada tahun 2020, terdapat total cacat 1.588 unit atau 11% dari total produksi. Pengelompokan cacat produk diperlihatkan pada tabel I di bawah ini.

TABEL I
 JUMLAH PRODUK CACAT KOMPONEN *BUSHING*

Cacat	Batch						Jumlah	Persentase Cacat
	1	2	3	4	5	6		
Cacat Ulir	126	223	219	148	115	205	1036	65%
Cacat Dimensi	97	52	51	64	32	38	334	21%
Material keropos	58	39	45	22	21	33	218	14%
Total Cacat	281	314	315	234	168	276	1588	11%
Total Produksi	2990	2300	3450	3450	1150	1150	14490	

Presentase terbanyak cacat produk berasal dari proses tapping (65%), Hasil identifikasi akar permasalahan menggunakan alat analisis 5 *why* maka dapat didapatkan, pemutar tap yang tidak seimbang merupakan akar permasalahan tingginya persentase cacat ulir *bushing*. Oleh sebab itu maka perlu segera dirancang alat bantu untuk proses pengetapan guna mengurangi produk cacat

II. METODE

1. Perancangan Alat Bantu

Perancangan alat bantu merupakan proses mendesain dan mengembangkan alat bantu dan metoda[1]. Metode perancangan alat bantu antara lain metode kreatif dan rasional [2].

2. *Jig and Fixture*

Jig adalah suatu alat penuntun pahat dan sebagai pemegang benda kerja yang tidak terikat secara tetap pada mesin tempat alat tersebut dipakai. Sedangkan, *Fixture* adalah perkakas pemegang benda kerja yang secara tetap terikat pada mesin dimana alat tersebut berada. *Jig* dan *fixture* dibuat untuk keperluan proses produksi sebuah material atau proses perakitan dimana *jig* dan *fixture* akan membantu untuk mempercepat proses pengerjaan, mempermudah cara positioning yang berulang-ulang, menyederhanakan perkerjaan, menurunkan biaya manufaktur, serta dapat menjamin keamanan operator[3].

Tujuan *Jig and Fixture* [4]:

- a. Aspek Teknis/Fungsi; Mendapatkan ketepatan ukuran, Mendapatkan keseragaman ukuran
- b. Aspek Ekonomi; Mengurangi ongkos produksi dengan memperpendek waktu proses, Menurunkan ongkos produksi, Meningkatkan efisiensi penggunaan alat, Optimalisasi mesin yang kurang teliti, Mengurangi waktu inspeksi dan alat ukur, Meniadakan kesalahan pengerjaan
- c. Aspek sosial/keamanan; Mengurangi beban kerja fisik operator, Mengurangi resiko kecelakaan kerja

Pertimbangan umum pembuatan *jig and fixture*

- a. Tuntutan Fungsi; Bentuk dan toleransi tercapai, Keseragaman ukuran pada produk masal dapat tercapai, Waktu proses yang lama akibat penyetingan dan penanganan benda kerja menjadi berkurang, Ukuran dan bentuk yang diterima dan tidak dapat segera dikenali
- b. Tuntutan penanganan/pengoperasian; *Jig and fixture* harus dapat dioperasikan dengan cepat dan mudah walaupun dengan operator awam sekalipun, Penggunaan aspek ergonomi diperhatikan, Elemen operasi mudah dikenali dan dimengerti cara kerjanya dan mempertimbangkan aspek penggunaan
- c. Tuntutan Ekonomi; Biaya penggunaan *jig and fixture* tidak terlampaui, Tercapainya *Break Event Point*
- d. Tuntutan Konstruksi; Optimalisasi penggunaan elemen standar, Rancangan hendaknya logis dan tidak berlebihan, Penggunaan elemen yang lepas pasang mempertimbangkan waktu penanganan, Elemen yang lepas pasang harus diikat agar tidak jatuh atau hilang, *Jig and fixture* yang bergerak atau berputar harus di seimbangkan dahulu, Penggunaan elemen yang mengunci sendiri pada mesin yang memiliki getaran yang tinggi benda kerja akibat kerusakan alat potong sangat perlu dipertimbangkan
- e. Tuntutan Keamanan; Aspek umum keselamatan di tempat kerja diperhatikan, Pengamanann terhadap bahaya listrik, mekanik, dan tekanan berlebihan, Pengamanan pada saat proses permesinan atau kegagalan permesinan, Pengamanan terhadap kegagalan sumber tenaga pencekaman, Keamanan benda kerja akibat kesalahan peletakan, pencekaman, dan saat proses, Aspek Teknis Pembuatan *Jig and Fixture*.

3. Peletakan benda kerja (*Location*)

Benda kerja meiliki ruang yang cukup pada peletakannya dan tidak memungkinkan benda terbalik atau salah pasang untuk menghindari kesalahan pengerjaan. Titik peletakan cukup terlihat jelas oleh operator. Jika benda kerja memiliki ukuran mentah seperti *casting* peletakan yang dapat diatur untuk menjaga keausan locator atau variasi ukuran benda kerja[5].

4. Pencekaman (*Clamping*)

Peletakan pencekam dan besarnya gaya pencekaman benar-benar meniadakan gaya reaksi akibat gaya-gaya luar akibat pemotongan benda kerja/ proses. Gaya pencekaman tidak menyebabkan benda kerja terdeformasi atau merusak permukannya. Pencekaman harus logis dan mudah.

5. Penangan (*Handling*)

Komponen control dan *Jig and fixture* keseluruhan harus ringan dan mudah untuk dinaikturunkan, maka elemen untuk memegang dan memindahkan *Jig and fixture* harus tersedia.

6. Kelonggaran (*Clearance*)

Tersedia cukup ruang untuk pembuangan beram hasil pemotongan jika beram tidak diinginkan terbang keluar melalui arah yang sama dengan pemotongan, penggunaan celah untuk tangan operator/alat bantu yang dimaksudkan untuk mengeluarkan beram yang tersumbat sangat dimungkinkan.

7. Kekakuan/stabilitas (*Rigidity/Stability*)

Meskipun *Jig and fixture* diharapkan sesering mungkin digunakan maka kestabilan juga sangat diperlukan, proporsional terhadap besar benda kerja dan gaya luar yang bekerja. Jika perlu digunakan pengikatan baut-mur terhadap mesin.

8. Bahan (Material)

Komponen utama yang mendapatkan gesekan dan atau tumbukan gaya menggunakan material *tool steel* atau mendapatkan perlakuan pengerasan. Penggunaan material sisipan pada komponen yang bergesekan dimaksudkan untuk penggantian. Jika digunakan komponen yang dilas, perlu dilakukan perlakuan stress relief setelah pengelasan atau sebelum permesinan untuk menghindari tegangan dalam maupun pelentingan akibat las.

9. Toleransi (*Tolerance*)

Toleransi pengerjaan komponen *Jig and fixture* yang berhubungan dengan hasil proses adalah sepertiga toleransi dari toleransi benda kerja. Misalnya jarak lubang yang akan diproses pada benda kerja memiliki toleransi $\pm 0,3$ mm, maka toleransi pada jignya untuk *setting* jarak antarpengaruh (*bush*) adalah 0,1 mm.

10. Perencanaan bentuk dasar *Jig and Fixture*

Rencana bentuk dasar *Jig and fixture* dipengaruhi oleh beberapa faktor yang nantinya akan menentukan hasil akhir dari rencana tersebut, baik yang berhubungan dengan kualitas maupun dengan kuantitasnya. Elemen-elemen utama pada perencanaan bentuk dasar *jig and fixture* adalah *locator and clamps*.

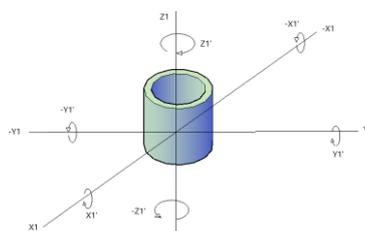
Locator merupakan elemen penahan kekuatan dari benda kerja yang akan dikerjakan. Bentuk dasar *locator* akan sangat menentukan rencana/desain dari *jig and fixture* terhadap kedudukan mesin. *Locator* digunakan sebagai alat penumpu yaitu tumpuan *Jig and fixture*. Pemilihan *locator* yang tepat akan menentukan toleransi yang akan dicapai. *Clamps* merupakan elemen penahan kekuatan dan juga merupakan elemen penjepit. *Clamps* adalah *workholder* yang menahan benda kerja ke arah *locator* lain. Susunan *clamping* harus sesederhana mungkin, susunan *clamping* yang rumit akan menghilangkan keefektifan pada saat proses pemasangan dan pelepasan benda kerja. Tujuan dari *clamping* adalah menghasilkan gaya yang menekan benda kerja terhadap lokasi permukaan dan memegangnya dalam arah yang berlawanan dengan gerak-gerak potong gaya-gaya proses lainnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses merancang alat bantu dimulai dengan observasi awal sistem kerja terdahulu untuk melihat kondisi awal, kemudian dilanjutkan melakukan proses wawancara dengan beberapa operator mengenai kebutuhan alat yang akan didesain, proses ketiga yaitu proses perancangan alat dengan menggunakan metode *jig and fixture*, dilanjutkan dengan proses *finite element method*, dan proses yang terakhir yaitu proses menganalisis hasil perancangan alat bantu.

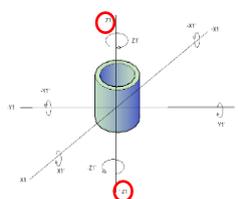
1. Model Rancangan Alat Bantu

Dalam proses perancangan *jig and fixture* terdapat dua komponen penting yakni *locator* dan *clamping*. *Locator* yang berfungsi menahan benda kerja dan menjamin penopangan yang kaku, sedangkan *clamping* digunakan untuk mencekam benda kerja agar diam. Benda yang relatif kecil dan ringan, gaya *vertical* keatas juga kecil dan gaya aksinya juga kecil maka dapat diabaikan. Berikut gambar derajat kebebasan posisi yang tepat dalam menahan pergerakan benda kerja



Gambar 1 Analisis Derajat Kebebasan

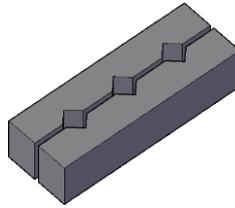
Komponen *bushing* yang berbentuk silinder harus dibatasi pergerakannya dalam 12 derajat kebebasan. Jika komponen *bushing* diletakkan secara vertikal maka terdapat 8 derajat kebebasan yang dihilangkan dan 4 derajat kebebasan lainnya akan dihilangkan menggunakan *locator* yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2 Analisis Derajat Kebebasan

Setelah mendapatkan informasi mengenai derajat kebebasan maka tahap selanjutnya yaitu proses mendesain *locator*, *clamps*, dan *Base*.

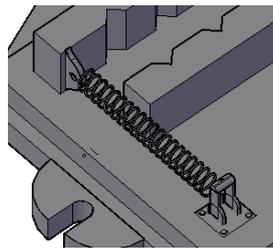
a. *Locator*



Gambar 3 *Locator*

Locator berfungsi untuk menahan 12 derajat kebebasan diantaranya 2 gerakan harus ditahan menggunakan *locator* hal ini akan memudahkan operator dalam melakukan pemutaran pada proses *tapping*.

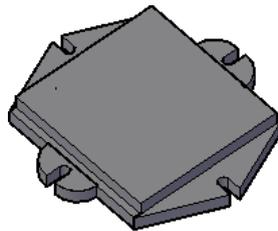
b. *Clamps*



Gambar 4 *Clamps*

Workholder atau *clamps* ini akan menekan benda kerja kearahlocator lain. Desain dari *clamps* yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar diatas.

c. *Base*



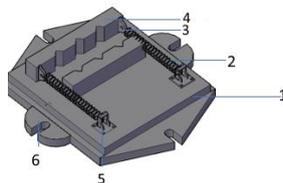
Gambar 5 *Base*

Setelah mendesain *locator* dan *clamps* dilakukan proses perancangan *base*. *Base* ini akan dipasangkan pada bagian meja mesin milling dan akan dikaitkan dengan menggunakan baut dan mur agar *base* dapat terpasang pada meja mesin milling dengan baik

2. Rancangan Konseptual

Konsep desain yang diterapkan yaitu menggunakan konsep *jig and fixture* dimana terdapat 2 komponen utama yang digunakan untuk membantuoperator dalam melakukan proses pengetapan.

3. Komponen Penahan Material



Gambar 6 *Design Awal Penahan Material*

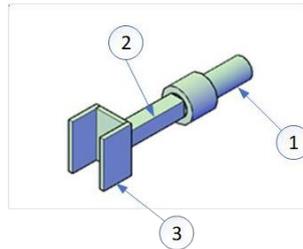
Mekanisme kerja alat :

Mekanisme kerja alat penahan material ini berfungsi sebagai penahan material pada saat proses pengetapan hal dilakukan agar material tidak ikut berputar pada saat operator melakukan proses pemutaran. Berbeda dengan ragum lainnya alat penahan ini akan tetap berada pada *base* mesinmilling dan tidak dapat diatur sudut atau perputaran ragum. Pada rahang dibuat *locator* yang berfungsi sebagai penahan material dimana jenis *locator* yang digunakan yaitu jenis *v locator* penggunaan *v locator* ini dikarenakan komponen *bushing* berbentuk silinder maka digunakan *v locator* agar pencekaman material akan lebih maksimal.

TABEL II
FUNGSI-FUNGSI BAGIAN PENAHAN MATERIAL

No	Bagian	Fungsi
1.	Body	Bagian yang tidak bergerak dan sebagai tempat yang mengikat semua part.
2.	Per	Untuk menahan bobot dari <i>locator</i> yang bergerak
3.	Pin penahan	Pin penahan berfungsi sebagai tempat pengaitan per
4.	Locator/ Rahang	<i>Locator</i> berfungsi sebagai part yang menempatkan dan memposisikan benda kerja.
5.	Penarik per	Berfungsi sebagai penarik peer
6.	Alas	Bagian paling bawah ragum yang berfungsi sebagai bagian yang mengikat <i>jig</i> dengan meja kerja mesin milling.

4. Komponen Penahan Tap



Gambar 7 Design Awal Penahan Tap

Mekanisme kerja alat :

Penahan tap ini berfungsi sebagai penahan tap pada saat operator melakukan proses pemutaran dan tap ini akan memberikan tekanan pada tap agar tap ini seimbang pada saat pemutaran. Penahan tap ini akan dipasang pada *spindle* mesin milling namun mesin tidak dinyalakan penggunaan mesin milling ini bertujuan untuk dapat memberikan tekanan pada tap.

TABEL III
FUNGSI-FUNGSI BAGIAN PENAHAN TAP

No	Bagian	Fungsi
1.	Bagian atas	Bagian paling atas berfungsi sebagai pengait alat dengan spindle mesin milling
2.	Bagian Tengah	Bagian tengah berfungsi sebagai tempat per dimana per ini berfungsi sebagai pemberi tekanan terhadap tap
3.	Bagian Bawah	Bagian bawah berfungsi sebagai penahan kepala tap.

5. Pengujian dan Evaluasi Kriteria

Pengujian dan evaluasi berhubungan dengan tahapan operasi yang lebih jauh dengan mempertimbangkan karakteristik benda kerja. Selama proses ini diusung beberapa konsep desain alat kemudian terdapat konsep yang dipertahankan dan dihilangkan. Secara umum, mendesain *jig* dan *fixture* pada operasi dan karakteristik mesin.

6. Pengujian Rancangan Konseptual

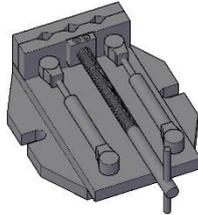
TABEL IV
ALTERNATIF TERPILIH

No	Nama	Alternatif 1	Alternatif 2
	Locator		
	Ujung Penahan		
	Alas		
	Pemutar		
	Clams		

Proses ini terdiri dari pengujian beberapa konsep desain dan kemungkinan perubahan-perubahan yang disesuaikan dengan beberapa pertimbangan seperti kondisi operator, dimensi mesin, Kesehatan dan keselamatan manusia. Alat didesain disesuaikan dengan kondisi mesin padabagian produksi divisi kendaraan khusus serta disesuaikan dengan dimensi mesin serta dengan dimensi *bushing*. Terdapat dua alternatif yang dijadikan alternative perbaikan desain sebelumnya. Alternative yang terpilih merupakan alternative terbaik yang akan dijadikan konsep desain yang telah disesuaikan dengan berbagai pertimbangan.

7. Arsitektur Produk

Pada tahap ini dilakukan penggambaran desain alat bantu yang berasal dari seluruh aternatif yang terpilih.berikut ini desain alat bantu yang terpilih.



Gambar 8 Penahan Material Alternatif Terpilih

8. Perancangan Parametrik

Alat bantu proses pengetapan didesain dengan menyesuaikan spesifikasi dan dimensi dari benda kerja yang akan digunakan antara lain yaitu mesin freis, tap, dan juga *bushing*. Dalam menentukan ukuran diberikan toleransi dengan mengikutiaturan toleransi internasional. Toleransi dimensi dan geometri merupakan hal yang esensial dalam sebuah desain komponen dan produk. Toleransi memberikan nilai seberapa besar deviasi dimensi dan geometri sebuah fitur dalam sebuah komponen tersebut dapat dirakit dan memberikan suatu fungsi sesuai dengan desainnya. Pada prinsipnya, seakir apapun suatu proses manufaktur, pasti terdapat sejumlah error pada prosesnya dan variasi pada material mentahnya yang mengakibatkan deviasi dimensi dan geometri pada komponen yang diproses.

9. Toleransi Suaian

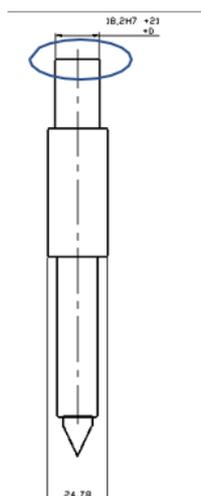
Part A

Pada part a digunakan toleransi suaian lubang dengan tipe suaian yang digunakan yaitu suaian pas (transition fit) yang digunakan untuk pemasangan pada spindle mesin freis, dengan perhitungan toleransi sebagai berikut :

Ukuran nominal : 18,2 mm Daerah toleransi : H Kualitas toleransi : 7 Toleransi : +21 dan 0

Batas Bawah : $18,2 + 0 = 18.2$ mm

Batas Atas : $18.2 + 0,021 = 18,221$ mm



Gambar 9 Penahan Tap Alternatif Terpilih

Part B

Pada part a digunakan toleransi suaian lubang dengan tipe suaian yang digunakan yaitu suaian pas (transition fit) yang digunakan untuk pemasangan pada spindle mesin freis, dengan perhitungan toleransi sebagai berikut :

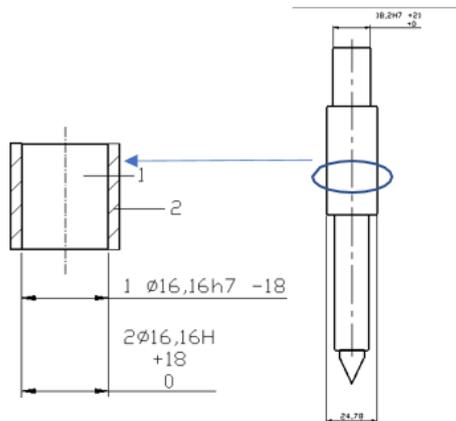
Toleransi poros

Ukuran nominal : 16.16 mm ,

Daerah toleransi : h

Kualitas toleransi : 7

Toleransi : -18 dan 0



Gambar 10 Penahan Tap Alternatif Terpilih

Toleransi menggunakan standar

ISO 2768-1973 (E), 2020

Batas Bawah : $16,16 - 0 = 16,16$ mm

Batas atas: $16,16 - 18 = 15,98$ mm

Toleransi Lubang

Ukuran nominal : 16.16 mm Daerah toleransi : H Kualitas toleransi : 7 Toleransi : +18 dan 0

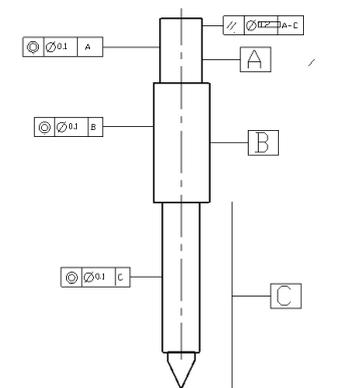
Batas Atas : $16,16 + 18 = 16,34$ mm

Batas Bawah: $16,16 - 0 = 16,16$ mm

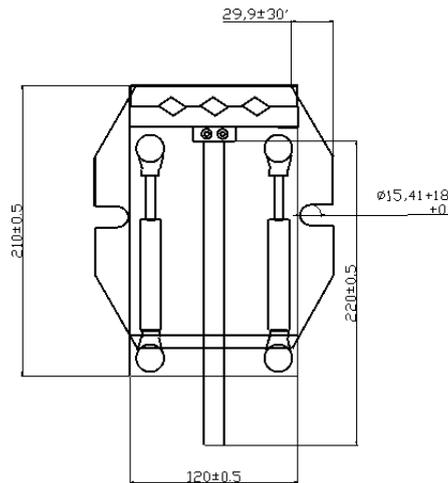
Toleransi Umum

Ketentuan pemakain toleransi umum :

- Dipakai berdasarkan dimensi benda
- Setiap penggambaran harus menggunakan toleransi umum Toleransi umum (toleransi panjang) berdasarkan ISO 2768-1973 (E) :



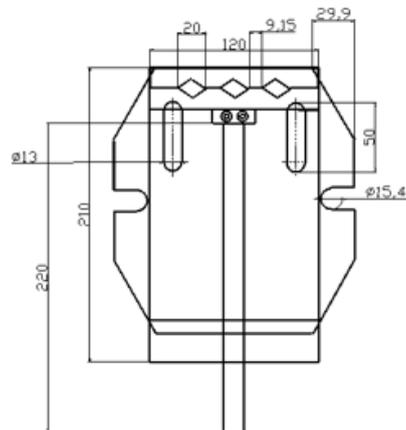
Gambar 11 Toleransi Penahan Tap



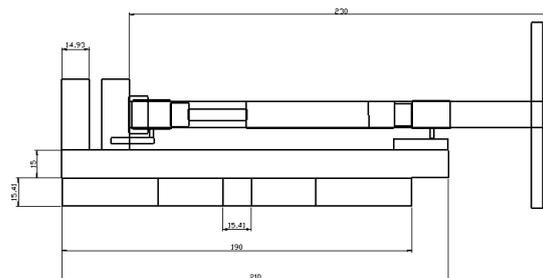
Gambar 12 Toleransi Penahan Material

10. Perancangan Detail

Dari alternatif terpilih serta ukuran yang telah ditentukan maka dibuatkan gambarteknik 2 dimensi dan 3 dimensi



Gambar 13 Detail Dua Dimensi Penahan Material



Gambar 14 Detail Dua Dimensi Penahan Material (Tampak Samping)

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di divisi kendaraan khusus PT Pindad mengenai perancangan alat bantu proses pengetapan ulir bushing maka diperoleh hasil akhir berupa usulan alat bantu untuk proses pengetapan. Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat bantu proses tapping didesain berdasarkan uji coba dapat menekan tingkat kecacatan ulir *bushing*
2. Alat bantu proses tapping berdasarkan uji coba dapat meminimumkan waktu proses yakni, semula (tanpa alat bantu) dari 274,45 Detik /unit bushing detik menjadi 128,51 Detik /unit bushing detik menggunakan alat bantu hasil rancangan.
3. Alat bantu proses *tapping* dapat memperbaiki postur operator dalam bekerja yang awalnya operator bekerja membungkuk menjadi lebih tegak

REFERENSI

- [1] Pardiyono, R., & Zairda, C. I. E. (2020). PERANCANGAN ALAT BANTU PEMINDAHAN BRAKE CYLINDER DI DEPARTEMEN SARANA KERETA API PT. PINDAD (PERSERO). *INFOMATEK: Jurnal Informatika, Manajemen dan Teknologi*, 22(1), 1-14.
- [2] Pardiyono, R., Saputra, R., & Sastradiharja, J. (2020). MERANCANG ALAT BANTU MELEPAS, MENGANGKAT, MELETAKKAN DAN MEMASANG TROMOL REM PADA PROSES OVERHOUL SERVICE KENDARAAN MEREK HINO TIPE BUS DAN TRUK BESAR. *INFOMATEK: Jurnal Informatika, Manajemen dan Teknologi*, 22(2), 77-88.
- [3] Hoffman, E. (2012). *Jig and fixture design*. Cengage Learning.
- [4] Kaderiwiryo, S. (1981). Perkakas Pembantu. *Departemen Teknik Industri ITB. Bandung*.
- [5] Li, K., Liu, R., Bai, G., & Zhang, P. (2006, November). Development of an intelligent *jig and fixture design system*. In *2006 7th International Conference on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design* (pp. 1-5). IEEE.