

RANCANGAN JIG DAN FIXTURE PEMBUATAN PRODUK COVER ON-OFF

Hendro Prassetiyo¹, Rispiana², Haris Adanda³

Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional^{1,2,3},
Bandung, Jawa Barat
E-Mail : prasshendro@gmail.com¹, rispianda@gmail.com²

ABSTRACT

The manufacturing industry has been growing rapidly at this time, it can be seen from the number of manufacturing companies that have emerged and growing. Obstacles often occur over production activity in a manufacturing company is a long setup times and product quality in production activities which will indirectly affect the output product to be produced. The longer of the setup activities will result in the output of products which are getting smaller. Improved product quality and minimize setup time can be done either by the use of tools manufacturing which is often known as jigs and fixtures. This paper will discuss the design of jig and fixture for manufacture products cover on-off. Jigs and fixtures are designed to be used for the process drilling for three holes. Jig and Fixture design results can provide a reduction in total time of manufacture of the product, product quality improvements, increased productivity and cost saving product manufacture for products cover on-off.

Keywords: Jig, Fixture, Quality, Setup Time, Manufacture.

1. PENDAHULUAN

Perusahaan manufaktur sejatinya memiliki peranan penting di dalam dunia industri untuk memproduksi suatu produk. Seiring dengan berkembangnya jaman, perusahaan-perusahaan industri yang bergerak dalam dunia manufaktur semakin bertambah. PT. X merupakan salah satu industry manufaktur yang salah satunya varian produk yang diproduksinya adalah komponen *cover on-off*. *Cover on-off* berfungsi sebagai salah satu komponen dari sistem pengereman kereta api dimana pada kegiatan produksi dalam pembuatan *cover on-off* ini telah memanfaatkan penggunaan alat bantu *jig* dan *fixture*. *Jig* dan *fixture* pada dasarnya merupakan suatu alat bantu yang digunakan dalam proses pemesinan agar dapat menghasilkan duplikasi *part* yang lebih akurat. *Fixture* merupakan suatu alat bantu yang berfungsi untuk memosisikan, memegang, dan menahan benda kerja selama proses produksi atau proses permesinan. Sedangkan *jig* pada alat bantu *jig* dan *fixture* berfungsi sebagai alat utama yang berperan untuk mengarahkan mata pahat pada benda kerja yang akan di proses sesuai operasi yang di inginkan.

Penggunaan alat bantu *jig* dan *fixture* pada pembuatan salah satu komponen pengereman kereta api *cover on-off* ini terdiri dari tiga buah alat bantu yang memiliki fungsi proses yang berbeda pada permukaan benda kerja *cover on-off*, sehingga dibutuhkan kegiatan *setup* yang cukup besar untuk memproses satu buah komponen *cover on-off*. Alat bantu yang di pergunakan sampai dengan saat ini belum menjamin ketepatan dalam pemasangan (*folproof*), sehingga dapat terjadi kesalahan dalam pemasangan benda kerja *cover on-off* tersebut. Kesalahan pemasangan alat bantu dapat mengakibatkan produk *cover on-off* mengalami cacat karena posisi lubang yang tidak simetris. Permasalahan tersebut dapat mengakibatkan posisi lubang yang tidak simetris pada produk *cover on-off*, serta memiliki waktu *setup* yang cukup lama. Waktu *setup* yang dihasilkan oleh penggunaan ketiga buah alat bantu ini pun cukup lama karena membutuhkan waktu *setup* tersendiri untu masing - masing proses yang dilakukan pada produk *cover on-off*. Oleh karena itu dibutuhkan penyederhanaan dan perancangan ulang alat bantu produksi agar waktu *setup* dan kesalahan pada saat

pemasangan komponen pada alat bantu dapat diminimumkan. Makalah ini akan membahas perancangan alat bantu *jig and fixture* untuk memproduksi komponen cover on-off, sehingga dapat mengurangi waktu setup, meningkatkan produktivitas dan memudahkan penggunaan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Jig dan *fixture* merupakan alat bantu produksi yang digunakan pada proses manufaktur sehingga dihasilkan duplikasi part yang akurat. Hubungan yang tepat dan sejajar antara pemotong, atau alat yang lain, dan benda kerja harus dijaga. *Jig* dan *fixture* merupakan alat bantu produksi yang digunakan pada proses manufaktur, sehingga dihasilkan duplikasi *part* yang akurat. *Jig* dan *fixture* biasanya dibuat secara khusus sebagai alat bantu proses produksi untuk mempermudah dalam penyetingan material yang menjamin keseragaman bentuk dan ukuran produk dalam jumlah banyak serta untuk mempersingkat waktu produksi. *Jig* adalah peralatan khusus yang berfungsi untuk memegang, menahan dan menyokong benda kerja yang akan mengalami proses pemesinan. *Jig* tidak hanya menahan dan menyokong benda kerja, tetapi juga mengarahkan alat pemotong (pahat) ketika proses produksi dilakukan.

Fixture adalah peralatan yang berfungsi untuk menahan benda kerja dan mendukung pekerjaan sehingga operasi pemesinan dapat dilakukan. Perancangan *jig* dan *fixture* disesuaikan dan dikhususkan untuk memegang dan menopang benda kerja tertentu karena *jig* dan *fixture* termasuk kedalam *dedicated fixture* atau dengan kata lain bahwa *jig* and *fixture* dirancang guna kebutuhan benda kerja tertentu.

2.1. Prinsip PENCEKAMAN (Workholding)

Secara umum pengecaman (*clamping*) merupakan bagian peralatan produksi yang berfungsi menahan atau memegang benda kerja. Ditinjau dari *clamping* merupakan bagian dari *jig* dan *fixture* yang berfungsi mencekam benda kerja sehingga posisi benda kerja tidak berubah selama proses

pemesinan. Tujuan utama dari proses pengecaman (*clamping*) adalah untuk menahan secara aman posisi benda kerja terhadap lokator selama siklus pemesinan. Ada beberapa prinsip jenis dan penempatan *clamping*, yaitu :

1. Gaya pengecaman adalah gaya yang dibutuhkan untuk menjaga posisi benda kerja selama proses pemesinan.
2. Besarnya gaya pengecaman tergantung dari besarnya gaya pemotongan dan cara peletakan benda kerja relatif terhadap pahat.
3. Gaya pengecaman hanya cukup untuk menahan benda kerja ke lokator. Gaya total harus ditahan oleh *locator*.

2.2. Penentuan Besar Gaya Pengecaman

Gaya pengecaman yang harus diberikan pada benda perlu ditentukan. Suatu pendekatan dalam menentukan besarnya gaya pengecaman yang harus diberikan pada benda kerja dapat ditentukan berdasarkan besarnya gaya permesinan terbesar yang akan terjadi selama pengecaman berlangsung. Perhitungan sederhana dapat dilakukan dengan menganggap gaya pemotongan oleh mesin bekerja seluruhnya pada arah horizontal dan benda kerja dapat ditahan secara stabil dengan memanfaatkan gaya gesek. Persamaan perhitungan gaya pengecaman tersebut dapat dilihat pada persamaan (1).

$$\text{Gaya Pengecaman (Clamping Force)} = \frac{\text{Cutting Force} \times \text{Faktor Keamanan}}{\text{Koefisien Gesek Statis}} \dots\dots\dots(1)$$

Prinsip Kesetimbangan Gaya Pada Benda Kerja yang Ditahan *fixture*. Hubungan antara gaya pengecaman, gaya reaksi pada lokator, dan gaya pemesinan dapat dinyatakan oleh persamaan (2).

$$\sum_{i \in P} f_i \cdot w_i + \sum_{j \in A} f_j \cdot w_j + f_k \cdot w_k = 0 \dots\dots\dots(2)$$

untuk semua k

dimana:

- w_i = Arah gaya (*colom wrench*) yang bekerja pada locator ke- i .
- w_j = Arah gaya yang bekerja pada *clamp* ke- j .
- w_k = Arah gaya pemotongan k .
- f_i = Besarnya gaya (*colom wrench*) yang bekerja pada kolom ke- i .
- f_j = Besarnya gaya yang bekerja pada *clamp* ke- j .
- f_k = Besarnya gaya pemotongan k .
- P = Set seluruh locator.
- A = Set seluruh *clamp*.
- K = *Subscript* gaya potong.

Persamaan (2) dapat ditulis dalam bentuk sebagai berikut:

$$(W_p \cdot W_a)(F_p \cdot F_a)^T + f_k \cdot w_k = (0) \quad (3)$$

atau

$$W_p \cdot F_p + W_a \cdot F_a + f_k \cdot w_k = 0 \quad \text{untuk semua } k \quad (4)$$

dimana:

- W_p = Matriks arah gaya yang bekerja pada locator.
- W_a = Matriks arah gaya yang bekerja pada *clamp*.
- w_k = Matriks arah gaya pemotongan.
- F_p = Matriks gaya yang bekerja pada locator.
- F_a = Matriks gaya yang bekerja pada *clamp*.
- f_k = Matriks gaya pemotongan.
- p = Pasif.
- a = Aktif.

Matriks W_p , W_a , dan w_k disusun berdasarkan arah gaya dan momen dari suatu gaya tertentu dan terdiri dari tiga arah gaya pada sumbu X , Y , dan Z (n_x, n_y, n_z) dan tiga momen terhadap sumbu X , Y , dan Z (m_x, m_y, m_z). Dengan menghilangkan matriks W_p pada baris sebelah kiri dari persamaan

(3) maka gaya reaksi di locator (F_p) dapat dihitung sebagai berikut :

$$F_p = -W_p^{-1} \cdot W_a \cdot F_a - W_p^{-1} \cdot w_k \cdot f_k \quad (5)$$

Persamaan (5) ini harus menghasilkan solusi non-negatif untuk F_p , yang artinya setiap locator memiliki kontak dengan benda kerja. Penyusunan invers dari matriks W_p dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$W_p = \begin{pmatrix} A & O \\ T & B \end{pmatrix} \quad (6)$$

dan

$$W_p^{-1} = \begin{pmatrix} A^{-1} & O \\ -B^{-1} \cdot T \cdot A^{-1} & B^{-1} \end{pmatrix} \quad (7)$$

Pada tahap penempatan (*locating stage*), benda kerja didorong oleh gaya luar, yaitu gaya penempatan f_l , pada arah yang berlawanan dengan arah gaya locator (w_l). Pada tahap ini benda kerja belum dicekam sehingga belum ada gaya pencekaman. Persamaan (5) dapat dituliskan menjadi :

$$W_p \cdot F_p = -w_l \cdot f_l \quad \text{atau} \quad F_p = -W_p^{-1} \cdot w_l \cdot f_l \quad (8)$$

dimana :

- w_l = Arah gaya penempatan
- f_l = Besar gaya penempatan

Persamaan (8) harus menghasilkan solusi non-negatif untuk F_p , yang artinya setiap locator memiliki kontak dengan benda kerja. Pada tahap pencekaman (*clamping stage*), gaya luar (f_l) sudah tidak bekerja lagi sedangkan gaya pemesian belum bekerja, sehingga persamaan yang berlaku adalah :

$$F_p = -W_p^{-1} \cdot W_a \cdot F_a \quad (9)$$

Persamaan (9) harus menghasilkan solusi non-negatif untuk F_p , yang artinya setiap lokator memiliki kontak dengan benda kerja.

Pada tahap pemesinan, gaya potong dan gaya pencekaman bekerja pada benda kerja, sehingga persamaan yang berlaku adalah :

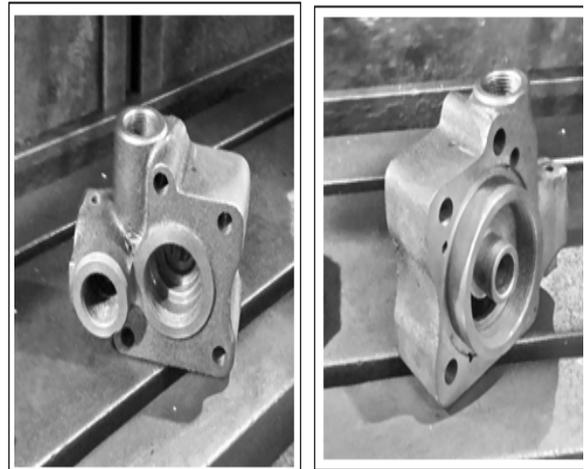
$$Fp = -W_p^{-1} W_k F_k + (-W_p^{-1} W_a F_a) \dots (10)$$

Persamaan (10) harus menghasilkan solusi non-negatif untuk F_p , yang artinya setiap lokator memiliki kontak dengan benda kerja.

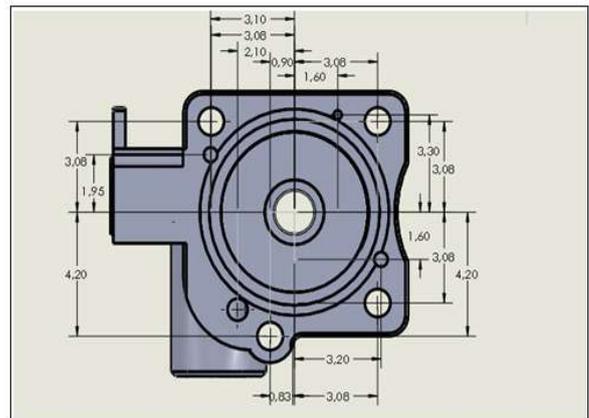
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan *jig* dan *fixture* dilakukan untuk mempermudah proses pelubangan di tiga permukaan yang pada kondisinya saat ini menggunakan tiga alat bantu. Produk yang menjadi objek penelitian perancangan *jig* dan *fixture* adalah produk *cover on-off* yang menjadi salah satu komponen pengereman kereta api. Gambar 1 dan gambar 2 merupakan gambar produk *cover on-off* yang digunakan sebagai acuan dalam pembuatan rancangan *jig* dan *fixture*.

Proses pelubangan pada produk *cover on-off* untuk saat ini sudah dibantu dengan penggunaan alat bantu *jig* dan *fixture*. Alat bantu *jig* dan *fixture* yang digunakan saat ini terdiri dari tiga buah, yang masing - masing alat bantu tersebut digunakan untuk memproses permukaan benda kerja yang berbeda sehingga waktu *setup* yang dihasilkan menjadi lebih lama karena membutuhkan proses *loading* dan *unloading* pada masing-masing penggunaan alat bantu *jig* dan *fixture* tersebut.



Gambar 1. Produk *Cover On-Off*.



Gambar 2. Gambar Teknik Produk *Cover On-Off*.

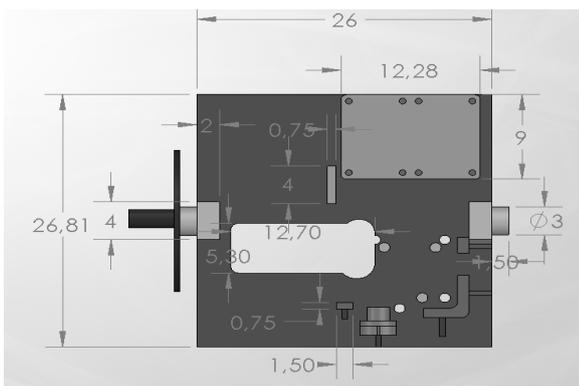
Perancangan *jig* dan *fixture* untuk proses pelubangan *cover on-off* dilakukan untuk memperbaiki alat bantu yang telah ada. Salah satunya yaitu untuk dapat membantu operator dalam melakukan proses pelubangan. Selain itu, perancangan *jig* dan *fixture* ini dapat mempercepat waktu *setup* yang dilakukan oleh operator karena penggunaan alat bantu yang lebih sedikit dan mudah di operasikan.

3.1. Perancangan Jig dan Fixture

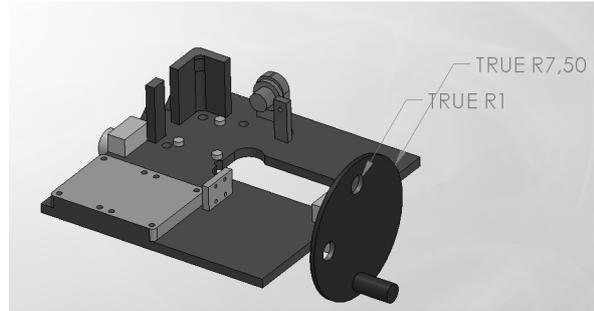
Dalam perancangan *jig* dan *fixture* yang dilakukan ini hanya mencakup tiga buah proses pelubangan dari empat proses pelubangan yang dilakukan pada produk *cover on-off*. Hal tersebut dilakukan karena ketiga proses pelubangan ini memiliki sumbu putar yang sama sehingga dapat dilakukan proses dalam satu alat bantu seperti rancangan yang dilakukan, kecuali proses pelubangan dengan kemiringan 45° (derajat). Terdapat beberapa tahap dalam melakukan perancangan, salah satunya dengan melakukan pemilihan dan merancang komponen yang dibutuhkan dalam perancangan *jig and fixture* seperti *baseplate* atau landasan, lokator, dan *toggle-action clamp*.

3.2. Perancangan Base Plate

Perancangan dudukan *baseplate* dilakukan sebagai penopang utama dari *fixture* sehingga *fixture* yang dirancang memungkinkan untuk dapat diputar 360° (derajat). Dudukan *baseplate* dirancang dengan berbentuk U yang pada kedua dinding sisinya tersebut memiliki lubang yang berfungsi sebagai tempat masuknya poros dengan bantalan *bearing*. Pada salah satu dinding sisinya tersebut memiliki 2 buah lubang yang berfungsi sebagai tempat masuk pin pengunci agar pada saat di proses, *fixture* tersebut tidak bergerak. Gambar rancangan *baseplate* beserta dimensinya masing - masing dan bagian yang terdapat pada *baseplate* dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 3. Perancangan Baseplate Tampak Atas.



Gambar 4. Perancangan Baseplate Isometri.

3.3. Perancangan Lokator

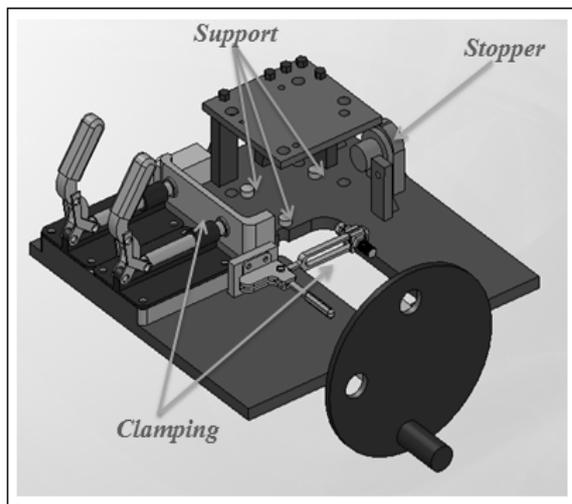
Lokator yang berfungsi untuk menahan beban benda kerja dan menjamin penopangan yang kaku disebut *support* (penopang) sedangkan lokator yang berfungsi untuk menghasilkan titik / bidang referensi pada sisi benda disebut *stopper*. *Fixture* yang dirancang menggunakan prinsip 3-2-1 untuk penempatan lokatornya., dimana pada rancangan yang dibuat menggunakan 3 buah lokator yang berfungsi sebagai penopangan benda kerja pada saat proses permesinan nantinya, 3 buah *clamping* yang berfungsi sebagai penekaman yang ditambahkan dengan komponen tambahan sehingga nantinya 2 buah *clamping* tersebut menjadi satu kesatuan, serta satu buah *stopper* yang berfungsi sebagai titik acuan saat penempatan benda kerja pada rancangan *fixture*. Rancangan lokator dapat dilihat pada gambar 5 dan 6.

Support yang terdiri dari 3 buah ini dirancang dengan bentuk tabung dimana 2 dari 3 *support* mengikuti titik *center* lingkaran yang akan di proses pada benda kerja dan di posisikan sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu pergerakan pahat. Kemudian 1 dari 3 buah komponen *support* diposisikan pada tengah-tengah dua buah silinder yang akan di proses. Ketiga *support* tersebut memiliki ukuran diameter 10 mm dan tinggi 7 mm.

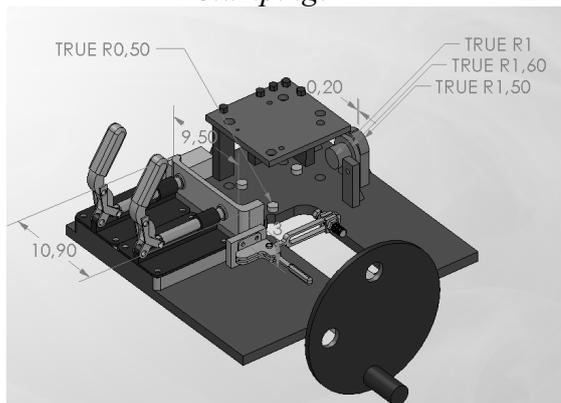
Clamping yang digunakan untuk mencekam benda kerja adalah jenis *toggle action clamp*, karena dilihat dari pengoperasiannya yang cukup sederhana. Selain pengoperasiannya yang sederhana, pemilihan tersebut dilakukan sebagai salah satu langkah untuk

meminimasi waktu setup pada penggunaan rancangan ini. Pada salah satu bagian *clamping* pada rancangan ini di tambahkan menggunakan komponen custom yang nantinya akan dimiliki bentuk persegi panjang yang mengikuti bentuk alur dari benda kerja sehingga pada saat dilakukan pengecaman dapat mencekam benda kerja dengan baik.

Lokator lain yaitu *stopper* yang terdiri dari satu buah ini dirancang mengikuti bentuk tabung yang terdapat pada benda kerja bagian atas, namun ukuran silinder pada *stopper* ini dirancang lebih kecil karena difungsikan agar *stopper* ini dapat masuk kedalam silinder yang ada pada benda kerja. Ketiga jenis *lokator* tersebut menggunakan bahan yang sama seperti halnya bahan *baseplate* yaitu ST-40 karena murah dari segi harga dan mudah di dapat.



Gambar 5. Perancangan *Support*, *Stopper*, *Clamping*.



Gambar 6. Posisi Penempatan *Support*, *Stopper*, *Clamping*.

Clamping diposisikan berdasarkan daerah pengecaman pada daerah benda kerja yang tidak mengalami proses permesinan, sehingga *clamping* yang di pasang tidak mengganggu pergerakan pahat, kerja operator dan mampu mencekam benda kerja dengan maksimal. Gaya pengecaman yang di berikan terdiri dari 2 (dua) arah, yaitu pengecaman yang searah dengan sumbu Y, dan pengecaman yang mengarah pada sumbu X. dilihat dari besar gaya yang ditimbulkan oleh pengecaman, arah pengecaman yang saling tegak lurus dengan sumbu Y menimbulkan gaya pengecaman yang paling besar, karena *clamping* ini terdiri dari 2 (dua) *toggle action clamp* yang dirakit bersamaan pada sebuah komponen lain untuk pengecaman, sehingga memungkinkan untuk digerakan bersamaan. Gaya pengecaman ini mengarah pada *set-block* dan *stopper* yang menahan arah gaya dan menjaga kestabilan untuk benda kerja dari gaya yang diberikan oleh *clamping*.

Gaya pengecaman lain yang ditimbulkan adalah *clamping* yang memberikan arah gaya pengecaman searah dengan sumbu X, gaya yang di berikan oleh *clamping* ini tidak sebesar gaya yang searah dengan sumbu Y, karena gaya pengecaman yang ditimbulkan hanya terdiri dari 1 (satu) *toggle action clamp*. Gaya tersebut mengarah pada *set-block* yang menahan arah gaya dan menjaga kestabilan untuk benda kerja dari gaya yang diberikan oleh *clamping*. Persamaan perhitungan gaya pengecaman tersebut dapat dilihat pada persamaan (2).

$$\text{Gaya Pengecaman (Clamping Force)} = \frac{\text{Cutting Force} \times \text{Faktor Keamanan}}{\text{Koefisien Gesek Statis}} \dots\dots\dots(11)$$

$$\text{Gaya Pengecaman} = \frac{61565,6576 \times 23,2171 \text{ cm/min} \times 9,6 \text{ mm}}{5965,909 \text{ rpm}} = 2304,03 \text{ Newton.}$$

Berdasarkan perhitungan besar gaya yang akan diterima oleh benda kerja pada saat permesinan, membuat pemakaian *clamp*

harus memberikan gaya yang lebih besar dibandingkan gaya yang akan timbul. Pada dasarnya setiap jenis *toggle action* clamp memiliki besar kekuatan gaya maksimum yang dapat di timbulkan, sehingga pemilihan *clamp* disesuaikan dengan besar gaya yang diinginkan. Jenis *toggle action clamp* yang akan dipilih adalah jenis *toggle* yang memiliki kekuatan cekam maksimum sebesar 2450 N. Jenis tersebut dipilih untuk pencekaman yang nantinya akan dirakit dengan menggunakan komponen tambahan, yang dirancang menggunakan 2 (dua) buah *toggle* sehingga total gaya yang akan diberikan adalah sebesar 4900 N.

3.4. Perancangan Poros

Rancangan diameter poros ini berdasar pada *baseplate* yang dirancang tersebut dapat berputar 360°. Pada dasarnya perhitungan poros ini terdapat 2 (dua) kondisi dimana rumus yang digunakan untuk perhitunganpun berdasarkan kondisi yang terjadi pada rancangan yang di buat. Kondisi yang pertama, poros yang memiliki beban sebesar 15 kg (beban *fixture* dan benda kerja), akan mendapatkan gaya sebesar N ketika poros dalam keadaan berputar, sehingga dapat digunakan persamaan (2.18) dan persamaan (2.19). Kondisi kedua, poros memiliki beban sebesar 15 kg, akan mendapatkan gaya sebesar N ketika poros dalam keadaan diam. Poros menerima gaya sebesar N ketika poros tersebut berada dalam keadaan diam, karena pada saat dilakukan pemrosesan, *baseplate* tersebut akan dikunci sehingga pergerakan rotasi pada *fixture* dapat diredam. Besar diameter poros yang disarankan untuk estimasi beban sebesar 15 kg dapat diselesaikan dengan persamaan (12).

$$d_p = \left[\frac{10,2}{\sigma_a} M_{21} \right]^{1/3} \dots\dots\dots(12)$$

Dimana :

$$\sigma_a = \frac{40 \text{ kg/mm}^2}{6 \times 4} = 1,667 \text{ kg/mm}^2$$

Besar momen yang terdapat didalam perhitungan ini ialah berdasarkan momen terbesar yang terjadi pada rancangan.

$$\begin{aligned} M &= \text{Beban (kg)} \times \text{Jarak (mm)} \\ &= 15 \text{ kg} \times 220 \text{ mm} \\ &= 3.300 \text{ kg mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_p &= \left[\frac{10,2}{1,667} \times 3300 \right]^{1/3} \\ &= 27,2325 \text{ mm.} \end{aligned}$$

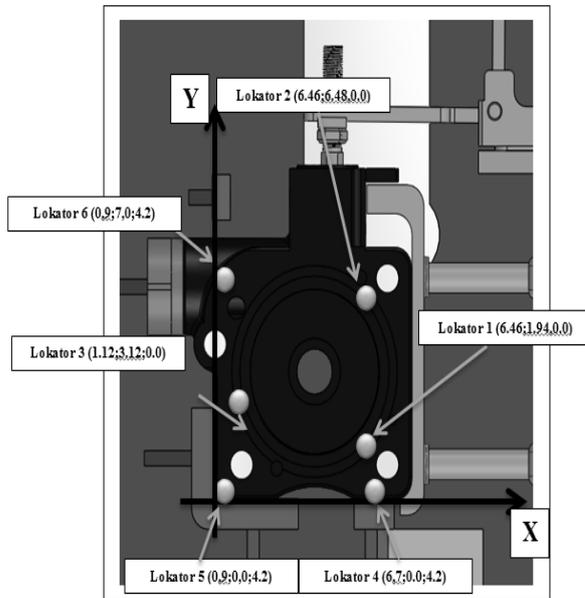
Diameter poros yang direkomendasikan dengan bahan baku ST-40 agar dapat menopang beban seberat 15 kg adalah minimal 2,8 cm.

3.5. Matriks Gaya Penempatan, Pencekaman dan Permesinan

Perhitungan matriks ini dilakukan untuk mengetahui apakah rancangan yang dilakukan sudah baik atau belum, dilihat dari perhitungan matriks penempatan, pencekaman dan permesinan tidak bernilai negatif. Perhitungan yang dilakukan melibatkan titik locator (*support*, *set-block*, dan *stopper*), yaitu titik yang saling memotong ataupun saling berlawanan dengan arah gaya berat dari benda kerja, maupun yang berlawanan dengan arah pencekaman, titik pencekaman (*clamping*), yaitu gaya pencekaman, serta titik permesinan yaitu gaya permesinan. Gambar penempatan lokator dapat dilihat pada gambar 5. Gambar titik koordinat peletakan benda kerja dari tampak atas dapat dilihat pada gambar 7. Calon titik lokator (*set-block*, *Support*, dan *stopper*) yang bersentuhan langsung dengan benda kerja sesuai dengan koordinat pada rancangan dapat dilihat pada tabel 1.

Matriks penempatan ini, setiap lokator akan diuji dengan menggunakan perhitungan matriks tanpa melibatkan gaya pencekaman ataupun permesinan. Setelah memodifikasi titik *locator*, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan matriks. Apabila hasil perhitungan menghasilkan nilai negatif, maka peletakan *locator* pada rancangan yang dibuat tersebut harus di modifikasi kembali

sampai dengan hasil perhitungan matriks tidak bernilai negatif. Berikut ini merupakan perhitungan matriks penempatan dengan nilai Wp , Wl , Fl , dan Fp :



Gambar 7. Gambar Titik Koordinat Peletakan Benda Kerja.

Tabel 1. Calon Titik Lokator Pada Rancangan

Locator	X	Y	Z
1	6,46	1,94	0
2	6,46	6,48	0
3	1,12	3,12	0
4	6,7	0	4,2
5	0,9	0	4,2
6	0,9	7	4,2

$$Wp = \begin{vmatrix} nx & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ ny & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ mz & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ nz & 0 & 0 & 0 & 6,7 & -0,9 & -7 \\ mx & 1,94 & 6,48 & 3,12 & 0 & 0 & 7 \\ my & -6,46 & -6,46 & -1,12 & 4,2 & 4,2 & 4,2 \end{vmatrix}$$

$$Wl = \begin{vmatrix} nx & F1 & F2 & F3 \\ ny & 0 & 0 & -1 \\ mz & -1 & 0 & 0 \\ nz & 0 & 0 & 0 \\ mx & 0 & -1 & 0 \\ my & 0 & 2,5 & -5 \\ & 0 & 0 & 1,12 \end{vmatrix}$$

$$FL = \begin{vmatrix} 1 & & & & & & \\ 1 & & & & & & \\ 1 & & & & & & \end{vmatrix} \dots \begin{vmatrix} nx & 0,72 \\ ny & 0,07 \\ mz & 0,21 \\ nz & 0,12 \\ mx & 0,88 \\ my & 0,00 \end{vmatrix}$$

Fp bernilai non-negatif, hal tersebut menandakan bahwa terjadi kontak antara benda kerja dan lokator pada saat benda kerja di tempatkan. Benda kerja dalam keadaan seimbang atau gaya yang diterima oleh lokator dapat menahan gaya berat dari benda kerja.

Pada tahap pengecaman ini setiap lokator diuji apakah terjadi kontak dan bekerja dengan benda kerja selama tahap pengecaman ini. Setiap titik lokator diuji menggunakan perhitungan matriks. Untuk menentukan besarnya gaya yang berlangsung selama pengecaman maka dilakukan perhitungan gaya pengecaman. Besar gaya pengecaman yang diperoleh adalah 2304,033 Newton. Berikut ini merupakan perhitungan matriks pengecaman dengan nilai Wa , Fa , dan Fp :

$$Wa = \begin{vmatrix} nx & w1 & w2 \\ ny & 0 & 0 \\ mz & -1 & 0 \\ nz & 7 & 0 \\ mx & 0 & -1 \\ my & -9,45 & -7 \end{vmatrix}$$

$$Fa = \begin{vmatrix} f1 & 2304,033 \\ f2 & 0,45 \end{vmatrix}$$

$$Fp = \begin{vmatrix} nx & 1323,40 \\ ny & 5,85 \\ mz & 975,24 \\ nz & 0,00 \\ mx & 0,00 \\ my & 2304,03 \end{vmatrix}$$

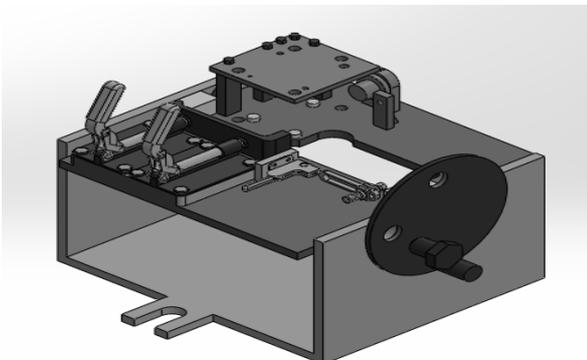
Fp bernilai non-negatif, hal tersebut menandakan bahwa terjadi kontak antara benda kerja selama bekerjanya gaya pengecaman. Pada tahap permesinan ini setiap *locator* diuji apakah terjadi kontak dan bekerja dengan benda kerja selama tahap permesinan ini. Berikut ini merupakan perhitungan matriks gaya pemesinan :

$$Wk = \begin{vmatrix} nx & W1 \\ ny & 0 \\ mz & 0 \\ nz & -1 \\ mx & -7 \\ my & 5 \end{vmatrix} \quad Fp = \begin{vmatrix} nx & -118,20 \\ ny & 389,22 \\ mz & 101,98 \\ nz & 0,00 \\ mx & 0,00 \\ my & 0,00 \end{vmatrix}$$

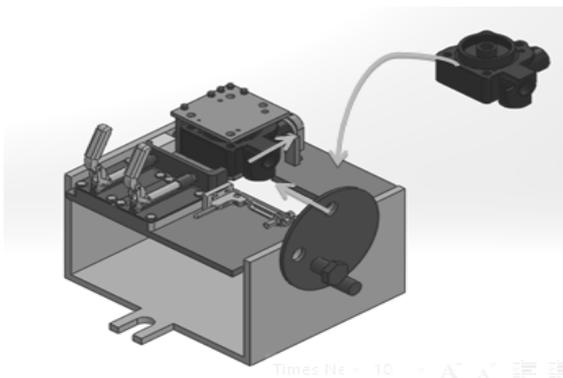
$$f_k = F_p = \begin{matrix} nx & 3655,46 \\ ny & 603,30 \\ mz & 3027,70 \\ nz & 0,00 \\ mx & 0,00 \\ my & 6912,10 \end{matrix}$$

F_p bernilai non-negatif, hal tersebut menandakan bahwa terjadi kontak antara benda kerja dan lokator selama bekerjanya gaya pemresinan.

Dari hasil pengujian menunjukkan secara matematik bahwa rancangan *jig* dan *fixture* dapat memberikan posisi benda kerja yang *rigid* selama proses pemresinan, sehingga usulan *jig* dan *fixture* dapat digunakan. Berikut merupakan rancangan pada saat *jig* and *fixture* dalam keadaan utuh dan dalam keadaan tanpa benda kerja pada tampak isometri dapat dilihat pada gambar 8 dan gambar 9.

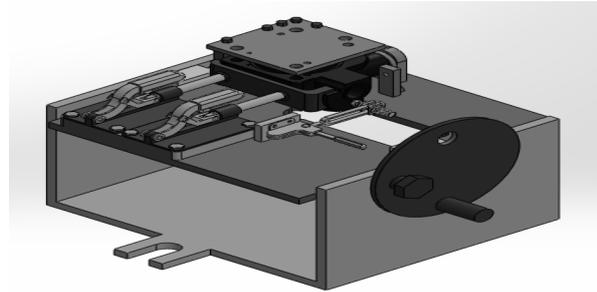


Gambar 8. Rancangan Utuh *Jig* and *Fixture* Tampak Isometri Tanpa Benda Kerja.



Gambar 9. Rancangan Utuh Tampak Isometri dan Benda Kerja Dengan *Clamp* Terbuka.

Hasil rancangan utuh dan benda kerja, dengan kondisi *clamping* tertutup dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 Rancangan Utuh Tampak Isometri dan Benda Kerja Dengan *Clamping* Tertutup.

3.6. Analisis Waktu Penggunaan *Jig* and *Fixture*

Rancangan *jig* dan *fixture* yang dilakukan mampu menghasilkan waktu setup yang lebih kecil dibandingkan dengan waktu setup alat bantu sebelumnya yang secara tidak langsung akan berdampak pada waktu pengerjaan suatu komponen menjadi lebih cepat. Perhitungan waktu menggunakan metode *motion time measurement* baik pada setup sebelum menggunakan alat bantu *jig* dan *fixture* saat ini maupun waktu setup menggunakan usulan rancangan *jig* dan *fixture* yang dilakukan. Perbandingan waktu untuk kedua alat bantu tersebut dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2 Waktu Penggunaan Alat Bantu Sekarang

	Waktu (Menit)	Jumlah Benda Kerja (Unit)
Waktu <i>Setup Loading & Unloading</i>	2,55	1
Waktu Pemresinan	3,00	
Total Waktu <i>Setup</i>	5,55	

Tabel 3 Waktu Penggunaan Usulan Rancangan *Jig and Fixture*

	Waktu (Menit)	Jumlah Benda Kerja (Unit)
Waktu <i>Setup Loading & Unloading</i>	0,76	1
Waktu Permesinan	3,00	
Total Waktu <i>Setup</i>	3,76	

Waktu yang dihasilkan oleh penggunaan usulan rancangan *jig* dan *fixture* lebih kecil dibandingkan waktu penggunaan alat bantu yang saat ini digunakan. Hal tersebut dapat dikarenakan pada alat bantu sebelumnya terdiri dari tiga buah alat bantu yang pastinya membutuhkan waktu lebih lama pada saat kegiatan *setup* alat bantu dilakukan, sedangkan pada alat bantu yang dirancang hanya terdiri dari satu buah alat bantu yang dapat melakukan tiga proses dengan permukaan benda kerja yang berbeda.

3.7. Analisis Produktivitas penggunaan *Jig* dan *fixture*

Perbandingan produktivitas yang dihasilkan berdasarkan penggunaan *jig* and *fixture* sebelum dan penggunaan *jig* dan *fixture* usulan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Perbandingan Produktivitas Penggunaan Alat Bantu Sekarang dan Usulan

	Jumlah Produk / Jam (Unit)	Jumlah Produk / Hari (Unit)	Jumlah Produk / Bulan (Unit)
Alat Bantu Sekarang	10,80	86,46	1729,10
Alat Bantu Usulan	15,95	127,6	2551,98

Penggunaan usulan rancangan *jig* and *fixture* menghasilkan nilai produktivitas yang lebih besar karena total waktu proses benda kerja *cover on-off* menjadi lebih cepat yang berbeda dengan alat bantu yang saat ini digunakan. Pada usulan rancangan pun tidak perlu operasi tambahan yang mengharuskan operator melakukan pengaturan atau pemosisian benda kerja terhadap *jig* maupun *fixture* seperti pada alat bantu sebelumnya.

3.8. Analisis Kelayakan Ekonomis Alat Bantu Produksi

Analisis kelayakan ekonomis dilakukan untuk melihat apakah *Jig* dan *fixture* yang dibuat cukup layak secara ekonomis. Hasil analisis kelayakan ekonomis dapat perbandingan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Perbandingan Ongkos antara *Jig* dan *Fixture* yang Lama dan yang Baru

Kriteria	<i>Jig</i> dan <i>fixture</i> yang lama	<i>Jig</i> dan <i>fixture</i> Usulan
Ukuran Lot Produksi	12.000 unit	12.000 unit
Jumlah Benda kerja per Jam	10,80 unit/ jam	15,95 unit/ jam
Ongkos Tenaga Kerja	Rp. 15.268.055	Rp. 10.344.922
Ongkos pembuatan/unit	Rp. 1.788,74	Rp. 1.267,42

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa penggunaan *jig* dan *fixture* usulan dapat meningkatkan volume produksi yang berakibat pada penurunan biaya pembuatan produk.

4. KESIMPULAN

Rancangan *Jig* dan *Fixture* yang dibuat dapat digunakan sebagai alat bantu produksi pembuatan produk *cover on-off*. Rancangan *Jig* dan *Fixture* dapat memberikan penurunan total waktu pembuatan produk, peningkatan kualitas produk, peningkatan produktivitas dan penghematan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Chou et al, *A Mathematical Approach To Automatic Configuration Of Machining Fixture : Analysis and Synthesis*, *Transaction of The ASME, Journal of Engineering For Industry*, 1989.
- Hoffman, Edward G, *JIG AND FIXTURE DESIGN* Fourth Edition, Delmar Publisher, 1996.
- Rizki, Ahmad, *Perancangan Fixture Berbantuan Komputer Untuk Benda Kerja Prismatic Pada Mesin Milling Vertikal*, Tugas Akhir Sarjana, Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung, 2003.
- Sularso, Kiyokatsu Suga, *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*, Cetakan ke dua belas, PT.Pradnya Paramita, Jakarta, 2008.