

ABSR TAKSI

Universal joint yoke merupakan komponen kendaraan automotive, yang dibutuhkan baik untuk perakitan maupun untuk suku cadang.

Menyadari bahwa komponen ini masih ada yang diimport, maka hal ini merupakan tantangan bagi industri manufacturing di Indonesia, agar dapat mewujudkan komponen tersebut untuk dibuat didalam negeri.

Sedangkan industri manufacturing yang ada didalam negeri masih dalam taraf sedang berkembang, dimana rata-rata mesin perkakas yang dipunyai bersifat universal purpose machine. Kondisi yang seperti ini jelas kurang memadai untuk melaksanakan proses pemesinan komponen automotive tersebut dalam jumlah relatif besar.

Untuk menjawab tantangan tersebut, maka industri manufacturing harus mengembangkan metode proses pemesinan, yaitu dengan melengkapi mesin perkakas yang sudah ada dengan jig dan fixture, serta melakukan pemilihan proses pemesinan secara tepat.

Dengan adanya jig dan fixture diharapkan mampu memberikan nilai tambah pada mesin perkakas yang sudah ada.

Namun ada satu hal yang patut dijadikan pertimbangan, yaitu tingkat keekonomisannya.

Untuk mengevaluasi nilai keekonomisannya, maka perlu

dilakukan study ekonomi dengan metode analisa break even point. Pada akhirnya nanti dapat diketahui tingkat keuntungan finansial, yang biasanya terkait dengan tingkat produktivitasnya.

***Tugas Akhir ini ku persembahkan
Untuk Almarhumah Ibunda Tercinta dan segenap Ketulusan***

BAB II

DASAR TEORI

Sebagai telah dijelaskan pada bab terdahulu, bahwa fixture adalah perkakas khusus yang digunakan untuk menempatkan benda kerja dan memegangnya dengan kokoh, serta posisi benda kerja tidak berubah selama operasi pemesinan.

Dengan demikian bahwa fixture harus mampu mengantisipasi gerakan benda kerja yang diakibatkan oleh gaya-gaya yang timbul selama pemotongan.

Untuk maksud ini jig & fixture mutlak memerlukan alat-alat bagian/ elemen-elemen, seperti locator, clamping dan sebagainya, sekalipun untuk bentuk jig & fixture yang paling sederhana.

2.1. LOCATING ELEMEN

Elemen peletakan ini berfungsi untuk peletakan benda kerja dan menahan benda kerja terhadap gerakan yang ditimbulkan oleh gaya pemotongan selama operasi pemesinan. Dengan mengetahui arah gaya pemotongan yang timbul, maka dapat ditentukan posisi-posisi locatornya.

Biasanya bentuk benda kerja yang dikerjakan ada yang mempunyai permukaan yang datar dan silindris, maka locator yang diperlukan akan berbeda.

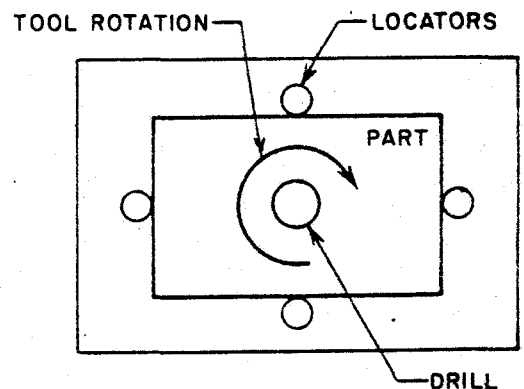
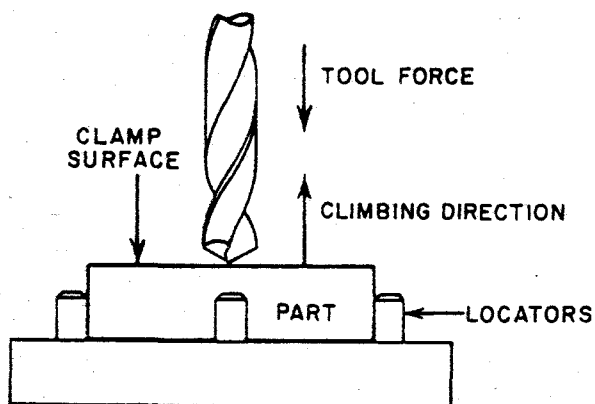
Locator untuk permukaan datar yang sering digunakan adalah rest button, sedangkan untuk menempatkan benda kerja dengan bentuk

permukaan silindris digunakan V-Blok.

2.1.1. BUTTON

Kebanyakan benda kerja yang dikerjakan pada operasi pemesinan adalah produk forging, dimana permukaannya masih kasar, maka button yang paling sesuai untuk peletakan permukaan yang kasar tersebut adalah rest button dengan head bundar (Round head button). Dalam hal ini luasan kontak antara button dan benda kerja akan mendekati suatu titik, sehingga kondisi ini akan menghasilkan stabilitas yang lebih baik pada benda kerja. Sedangkan untuk permukaan datar sudah dikerjakan, menggunakan button dengan head datar (Flat head button).

Apabila benda kerja dengan permukaan datar, harus dilakukan operasi drilling, maka pengaturan posisi locatornya adalah seperti tampak pada gambar dibawah.

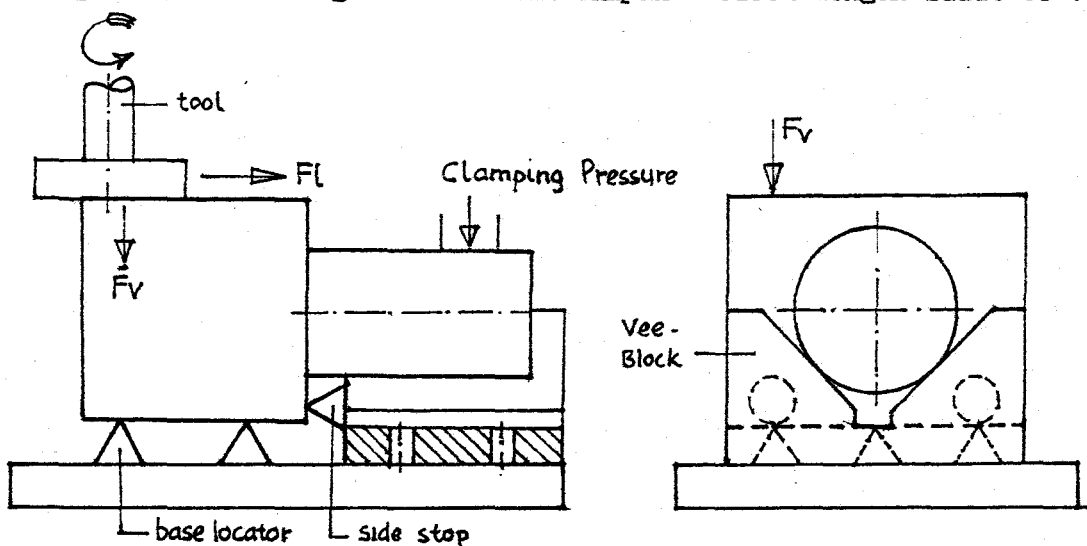


Gaya pemotongan kearah bawah ditahan oleh tiga buah base locator, sedang gaya keliling yang bekerja pada tool (drill) akan cenderung akan memutar benda kerja, agar benda kerja tetap pada posisinya, maka pada fixture dilengkapi empat buah sides top. Dengan demikian benda kerja tetap pada posisinya selama operasi pemesinan. Untuk memperkokoh peletakan benda kerja, maka dibutuhkan sebuah clamp pressure untuk mencekap benda kerja, dengan demikian perlakuan gaya yang besar terhadap benda kerja dapat dikurangi.

Prinsip yang sama seperti yang tersebut diatas, juga digunakan untuk operasi pemesinan yang lainnya. Dengan demikian dapat dipahami bahwa pengaturan posisi locator disesuaikan arah gaya yang timbul selama operasi pemesinan.

2.1.2. VEE-BLOCK

Vee-block (V-Block) digunakan untuk menempatkan benda kerja yang mempunyai bentuk permukaan silindris pada posisi longitudinal. Pada gambar dibawah tampak V-block dengan sudut 90° .

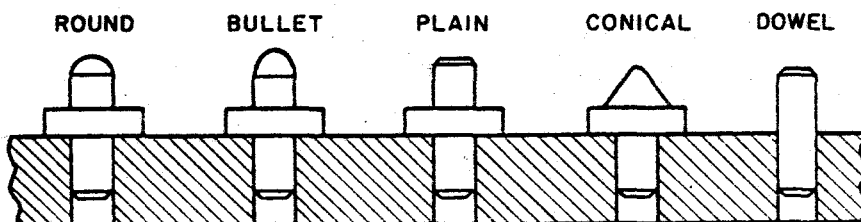


Pada gambar diatas tampak bahwa permukaan datar benda kerja harus difacing dengan menggunakan Milling machine. Permukaan silindris benda kerja ditempatkan pada V-block, sedangkan permukaan datar benda kerja ditempatkan pada tiga titik peletakkan (3 base locator), untuk permukaan datar yang lain (sisi kanan) ditahan oleh dua side stop.

Gaya pemotongan kearah longitudinal ditahan oleh side stop, sedang gaya keliling yang bekerja pada cutter cenderung memutar benda kerja, namun pengaruh perputaran ini ditiadakan oleh adanya side stop dan bentuk Vee(V) yang menahan permukaan silindris benda kerja dengan demikian benda kerja tetap pada posisinya selama operasi pemesinan. Untuk memperkokoh peletakan benda kerja, clamp pressure digunakan untuk menekan benda kerja.

2.1.3. INTERNAL LOCATOR

Internal locator digunakan untuk peletakkan benda kerja yang berlubang. Apabila internal locator digunakan untuk lubang yang kecil, biasanya yang digunakan adalah pin locator. Adapun pin locator ini mempunyai bentuk yang bermacam-macam, yaitu : Round, Bullet, Plain, Conical dan Dowel.

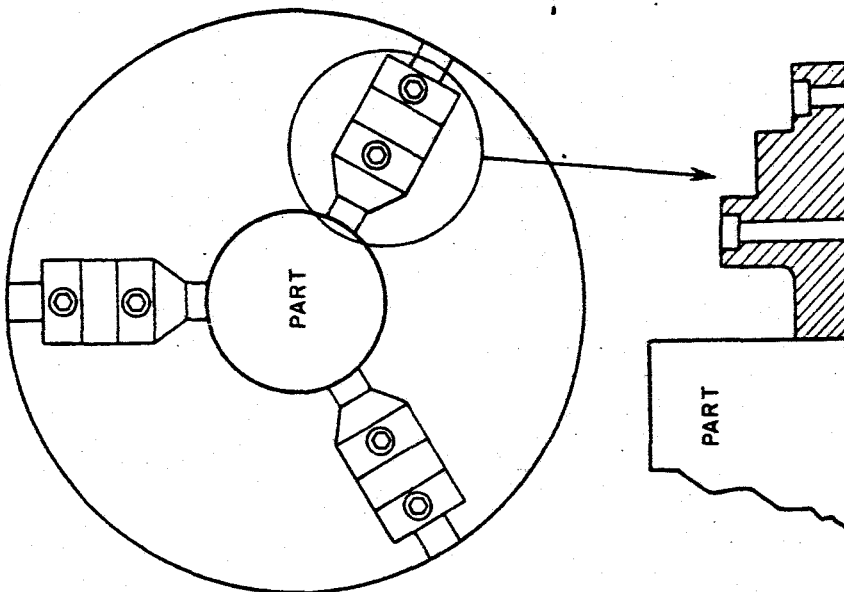


2.2. CENTRALIZER

Pada proses pemesinan sering dijumpai pengerjaan benda kerja yang menuntut kesesuaian sumbu benda kerja dengan sumbu spindle mesin perkakas yang digunakan. Kesesuaian yang penulis maksud adalah bahwa sumbu benda kerja sepusat dengan sumbu spindle mesin perkakas, misalnya proses turning, facing, boring dll. Untuk keperluan tersebut diperlukan peralatan/ elemen pemusat benda kerja (centering).

Prinsip kerja centering adalah membawa dua permukaan pada saat yang bersamaan, sehingga yang ada diantara dua permukaan tersebut ada ditengah-tengah.

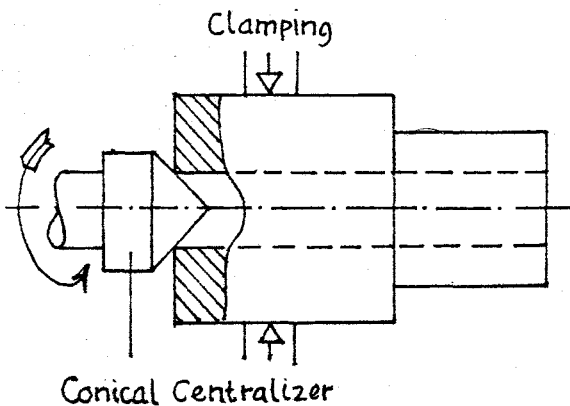
Alat-alat yang bekerja dengan sistem cetering dinamakan centralizer. Pada gambar dibawah ditunjukkan centralizer yang dipasang pada mesin bubut.



Centralizer tersebut diatas adalah Chuck Jaw, yaitu yang bekerja secara serempak kepusat spindle mesin. Dengan demikian untuk benda kerja yang mempunyai bentuk permukaan silindris dapat dengan mudah ditempat padanya. Centralizer ini sekaligus berfungsi clamping elemen. Sehingga benda kerja dapat dicekam dengan kokoh pada posisinya selama operasi pemesinan. Centralizer jenis ini termasuk double centering, yaitu dapat memusatkan dua bidang tengah yang biasanya tegak lurus sesamanya.

Karena elemen ini mampu bekerja sendiri, maka dinamakan atau dikategorikan sebagai self centering chuck.

Apabila bentuk benda kerja adalah kombinasi bentuk flat (datar) dan silindris seperti pada gambar dibawah :

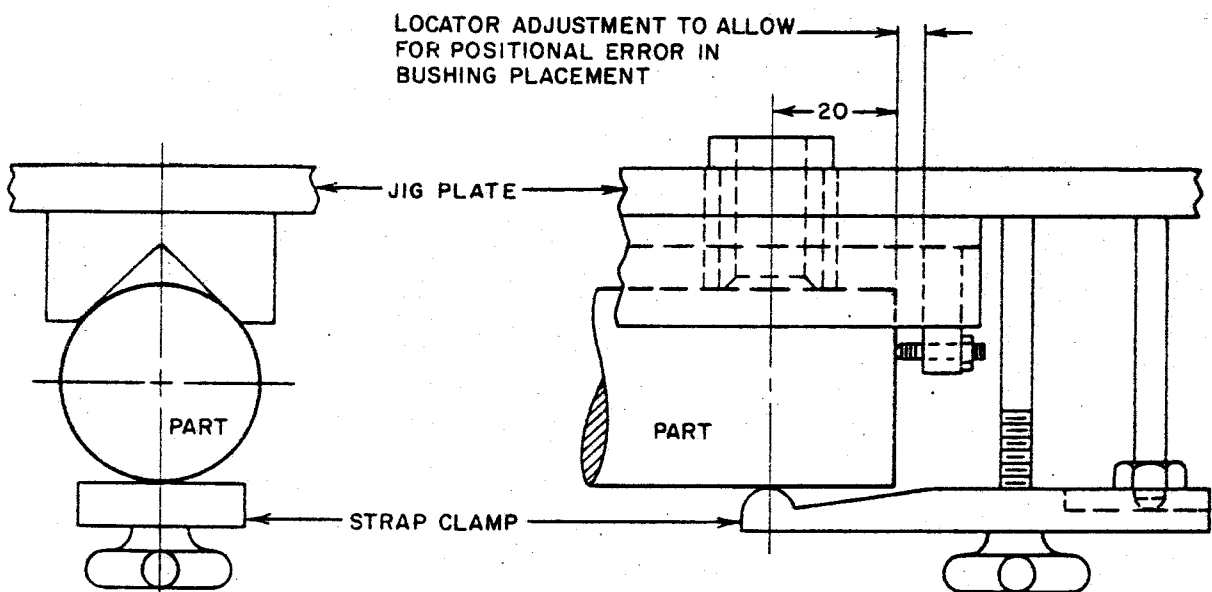


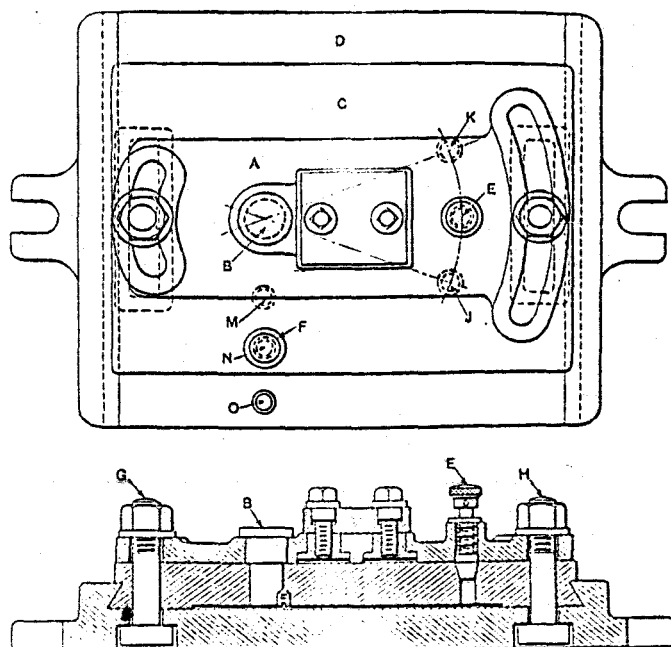
2.3. CLAMPING ELEMEN

Sebelumnya telah disinggung, bahwa clamping elemen berfungsi untuk mencekam benda kerja atau unit jig & fixture, agar kondisinya tetap stabil selama ditempatkan pada jig & fixture (untuk benda kerja) dan pada table mesin atau chuck (untuk jig & fixture).

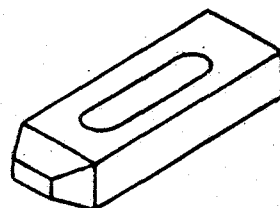
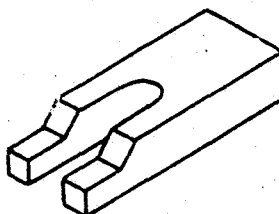
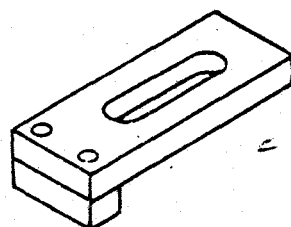
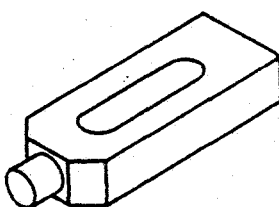
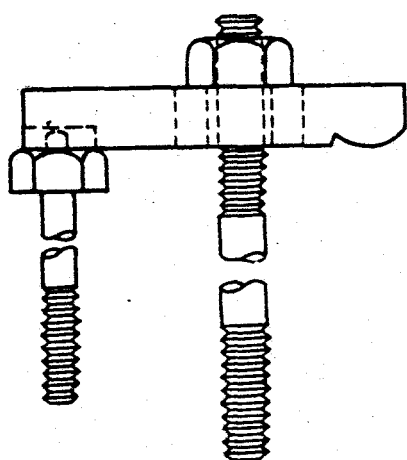
Gaya-gaya pemotongan atau gaya berat benda kerja, dapat mengakibatkan terjadinya pergeseran benda kerja dari posisinya oleh karena itu untuk mencegah ini, gaya gesek yang ditimbulkan oleh clamping elemen antara benda kerja dan penyangganya harus memadai.

Srew clamping adalah merupakan type clamping yang paling sederhana dan banyak dipakai, karena penggunaan dan pembuatannya tidak sulit. Gambar dibawah memperlihatkan screw clamping pada V-block, dan screw clamping untuk unit jig & fixture.





Sedangkan untuk pengikatan benda kerja dengan permukaan silindris pada mesin bubut, dilaksanakan oleh chuck jaws (lihat pada centralizer), disamping itu masih ada jenis pengeclamp yang lain, seperti strap clamp, angular clamp, dll.



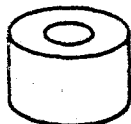
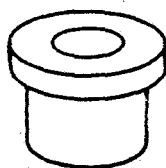
Strap clamps

Gambar diatas memperlihatkan centralizer clamp (single centering). Bila socket (B) bergerak kebawah, maka pencekam (A) akan mengeklaim benda kerja.

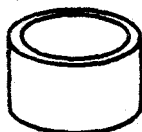
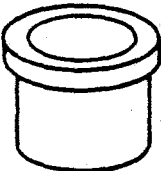
2.4. TOOL GUIDING ELEMENT

Elemen ini digunakan untuk menempatkan dan menuntun perkakas potong terutama pada pembuatan lubang (drill, tap, counter bores, counter sinks). Untuk pembuatan lubang, pada jig dilengkapi dengan drill bushing. Elemen ini biasanya ada yang bisa dibongkar pasang, tapi kadang ada fixed ditempatnya. Untuk drill bushing yang dapat dibongkar pasang, dimaksudkan apabila pada sumbu yang sama dibuat lebih dari satu lubang dengan diameter berbeda, jadi hanya drill bushingnya yang diganti, sedangkan jig & fixturenya tetap.

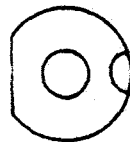
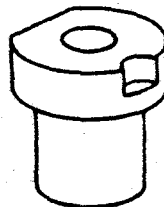
Pada gambar disebelah kiri atas adalah drill bushing dengan bentuk head type bushing, sedang drill bushing disebelah kanannya adalah head type bushing dengan klasifikasi Renewable (loose) bushing.



Press-fit bushings



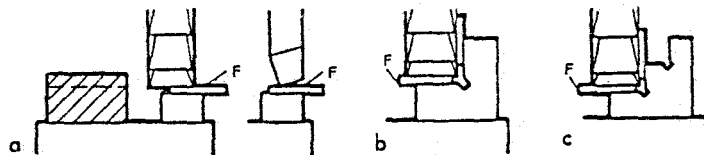
Liner bushings



Fixed-renewable bushing

Untuk drill bushing yang pertama tersebut termasuk klasifikasi press fit bushing, dimana pemasangannya langsung pada jig, tanpa menggunakan liner dan bersifat permanen (fixed). Sedangkan untuk renwable bushing dipasang pada liner bushing, dan mudah diganti dengan diameter dalam yang berbeda, untuk disesuaikan dengan kebutuhan.

Setting block adalah termasuk tool guiding element, yaitu digunakan untuk memposisikan perkakas potong secara tepat relatif terhadap benda kerja dan mengurangi keperluan uji coba pemotongan, pengukuran benda kerja, serta pengaturan kembali perkakas potong. Pengarah perkakas potong ini biasanya berbentuk flat atau block yang dipasang secara permanen atau semipermanen pada fixture. Pemasangan pada fixture dengan menggunakan screw dan doqel pin. Pengaturan posisi perkakas potong terhadap peralatan ini, diantarai dengan gap tertentu. Pengaturan gap yang dikehendaki tersebut bisa menggunakan feeler gage, gage block. Pengarah perkakas potong jenis ini sering digunakan untuk operasi milling, shaping dan planing.



2.5. INDEXING DEVICE

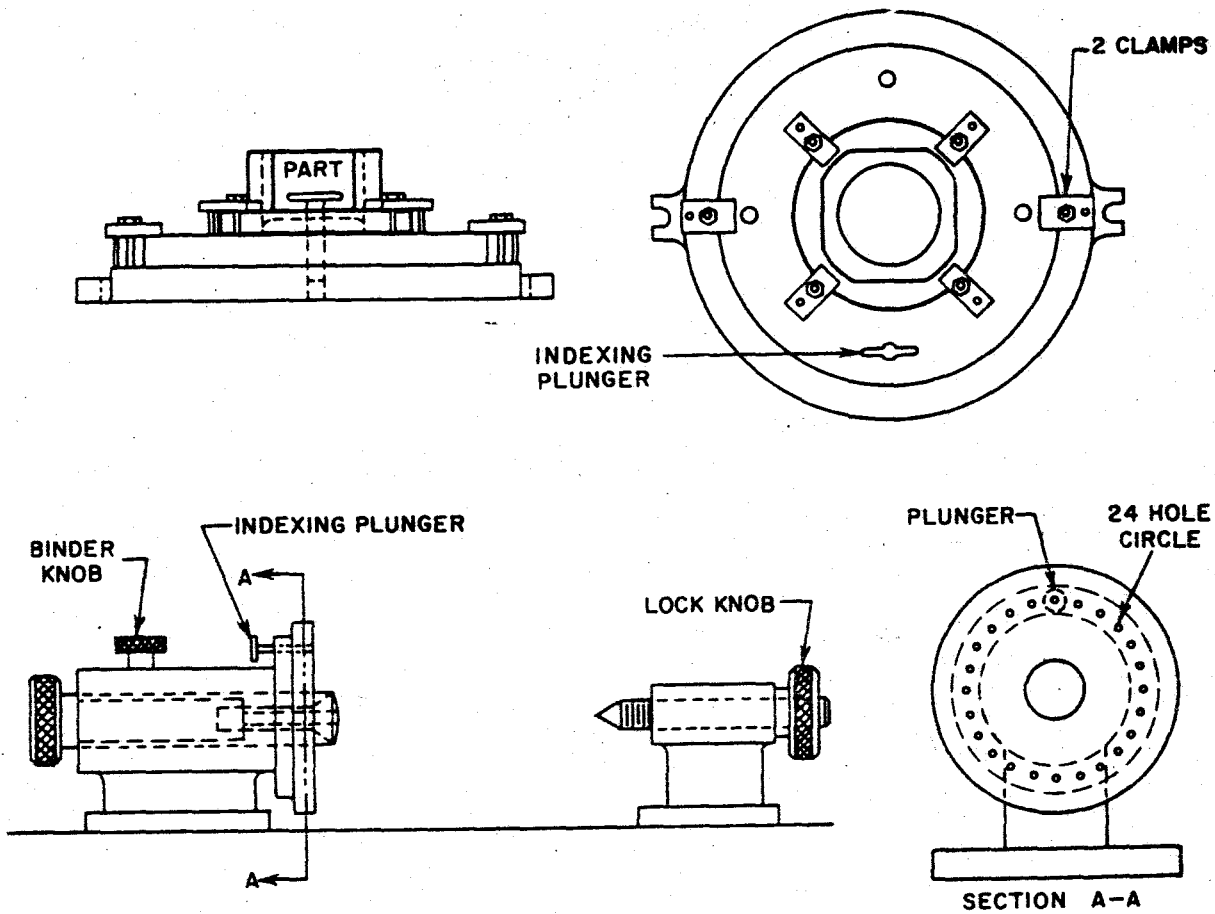
Peralatan ini berfungsi untuk merubah posisi benda kerja ke posisi yang baru secara cepat.

Perubahan posisi yang dikehendaki pada benda kerja, mengikuti indexing yang diatur sedemikian rupa pada fixture. Indexing pada fixture ini, biasanya diatur mengikuti lintasan lingkaran.

Dari posisi satu ke posisi yang lain diatur dengan besar sudut tertentu yang disesuaikan dengan kebutuhannya.

Indexing device ini terdiri dari suatu fixture dengan bearing pin yang berpasangan dengan lubang yang ada pada bagian fixture yang lain, atau dengan kata lainnya adalah Indexing hole dan indexing plunger, clamping device serta beberapa tanda posisi dimana benda kerja harus dimasining.

Untuk memposisikan benda kerja ke posisi yang baru, dilakukan dengan membebaskan indexing plunger dari indexing hole pasangannya, kemudian memutar bagian fixture yang membawa benda kerja ke posisi yang baru, dengan sasaran indexing hole yang telah ditandai sebelumnya, selanjutnya memasangkan kembali indexing plunger dengan indexing hole yang baru. Dan yang terakhir adalah mencekam bagian fixture yang membawa benda kerja dengan peralatan clamping, baru kemudian dilakukan pemotongan.



Indexing fixture

2.6. DIMENSIONAL CONTROL

Dimensional control adalah pengendalian yang terkait dengan usaha untuk mempertahankan dimensi fisik seperti yang dispesifikasi pada gambar produk. Dengan demikian sasarannya adalah menghasilkan benda kerja dalam rentang toleransi dimensi seperti yang ditunjukkan pada masing-masing dimensi benda kerja.

Dimensional control dilaksanakan dengan penempatan locator secara tepat, yaitu memilih permukaan yang tepat untuk penempatan locator dan memposisikan secara tepat locator pada permukaan yang telah dipilih.

Apabila konsep dimensional control ini tidak dipertahankan, maka

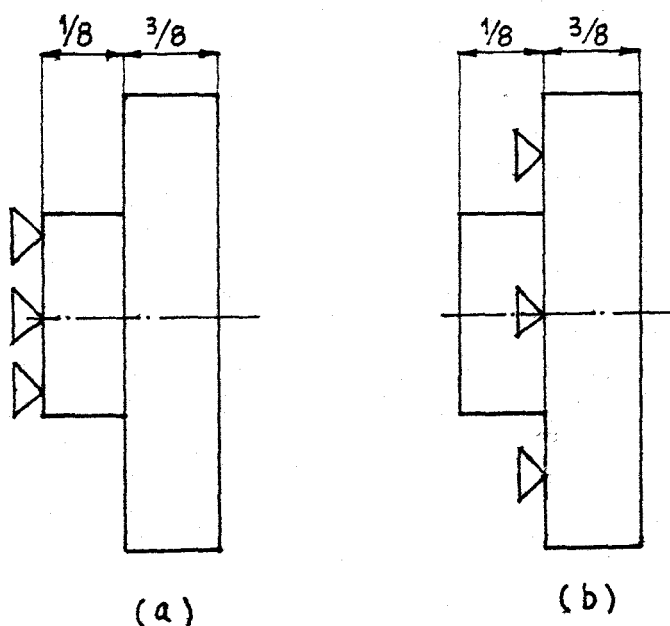
beberapa dimensi benda dengan toleransi yang lebih ketat (sempit) dari pada toleransi yang telah dispesifikasikan. Usaha yang dilakukan untuk mencapai toleransi yang lebih ketat tersebut diatas akan mengakibatkan biaya produksi yang lebih tinggi.

Oleh karena itu mempertahankan dimensional control adalah suatu cara yang lebih ekonomis untuk menghasilkan dimensi benda kerja dalam rentang toleransinya.

Pemilihan Locating Surface

Penempatan locator yang tepat akan mengurangi proses toleransi tumpuk. Toleransi tumpuk adalah kombinasi toleransi dari masing-masing dimensi untuk memperoleh toleransi pada dimensi total.

Untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas tentang kasus ini, penulis akan memberikan contoh berikut :



Produk casting/ forging diletakkan pada tiga locator seperti yang ditunjukkan pada gambar (a) untuk melakukan operasi facing. Operasi facing ini dilakukan untuk dimensi $3/8$ in pada permukaan yang paling kanan (lihat anak panah operasi facing)> Toleransi pada masing-masing dimensi adalah $\pm 0,010$. Dengan penempatan locator pada permukaan yang ditunjukan oleh gambar (a), menimbulkan proses toransi tumpuk. Kasus semacam ini menunjukkan adanya dimensional control yang jelek.

Jarak dari locator ke permukaan yang difacing ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Jarak} = (1/8 \pm 0,010) + (3/8 \pm 0,010) = (1/2 \pm 0,020)$$

Dengan demikian dimensi dari locator ke permukaan yang difacing mempunyai toleransi $\pm 0,020$. Bila diandaikan jarak ini dibuat pada toleransi $\pm 0,020$, dan dianggap pula bahwa toleransi yang dicapai oleh dimensi $1/8$ adalah $- 0,010$, maka dimensi $3/8$ yang dihasilkan akan menjadi :

$$(1/2 + 0,020) - (1/8 - 0,010) = (3/8 + 0,030)$$

Dengan demikian tampak jelas bahwa dimensi $3/8$ keluar dari rentang toleransinya ($\pm 0,010$), sedangkan untuk dimensi $1/8$ dapat diterima. Kasus semacam ini disebut proses toleransi tumpuk.

Agar dimensi $3/8$ yang dihasilkan masuk dalam rentang toleransinya maka toleransi dari dimensi $1/2$ harus diturunkan sampai $\pm 0,000$, dengan demikian akan diperoleh :

$$(1/2 + 0,000) - (1/8 - 0,010) = (3/8 + 0,010)$$

$$(1/2 - 0,000) - (1/8 + 0,010) = (3/8 - 0,010)$$

Namun kondisi semacam ini sungguh tidak mungkin. Jarak locator ke permukaan yang difacing dengan toleransi $\pm 0,000$ sungguh sulit untuk dicapai.

Cara lain untuk memberikan jawaban pada masalah ini adalah dengan memilih locating surface yang tidak menimbulkan proses toleransi tumpuk.

Dalam hal ini, penempatan locator diletakkan pada permukaan yang lain, yaitu seperti yang ditunjukkan pada gambar (b). Jadi penempatan locator ada pada permukaan yang bersebelahan (berlawanan) dengan permukaan yang difacing. Dengan demikian proses toleransi tumpuk tidak terjadi. Maka kini untuk mencapai dimensional control yang baik dapat dilaksanakan oleh penempatan locator pada permukaan yang tepat.

Selanjutnya facing tool dapat diatur dengan menggerakkan mesin hingga mencapai jarak dari locator $3/8$ in. Akhirnya benda kerja yang dihasilkan akan masuk dalam rentang toleransinya dengan tanpa mengurangi beberapa toleransi yang sudah dispesifikasikan. Kini operasi yang dilaksanakan benar-benar ekonomis.

Konsep dimensional control kelak akan digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan permukaan yang harus diletakkan pada locator jig and fixture yang direncanakan.

2.7. TEORI KESEIMBANGAN

Untuk mencapai sasaran pengendalian benda kerja, maka benda kerja harus ada dalam kondisi seimbang.

Kondisi keseimbangan benda kerja tersebut adalah keseimbangan linier dan keseimbangan rotasional.

Suatu benda dikatakan dalam kondisi kesetimbangan apabila, gaya-gaya yang bekerja pada benda tersebut saling seimbang. Dengan kata lain bahwa gaya-gaya tersebut mempunyai besar yang sama, dengan arah yang saling berlawanan.

2.7.1. KESEIMBANGAN LINIER

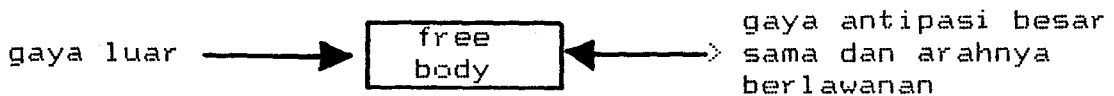
Apabila suatu body hanya dikenai satu gaya luar, maka body tersebut akan menjadi tidak seimbang, dan akibatnya body akan bergerak dengan arah yang sama dengan arah gaya luar tersebut.

Dimana gerakan tersebut mengikuti suatu lintasan yang linier.

Apabila diinginkan keadaan yang seimbang pada body tersebut, maka suatu gaya yang besarnya sama serta dengan arah yang berlawanan dengan gaya semula, harus dikenakan body tersebut. Dengan demikian kedua gaya tersebut saling meniadakan pengaruhnya, sehingga tidak terjadi kecenderungan gerakan pada body.



(Kondisi tidak seimbang)



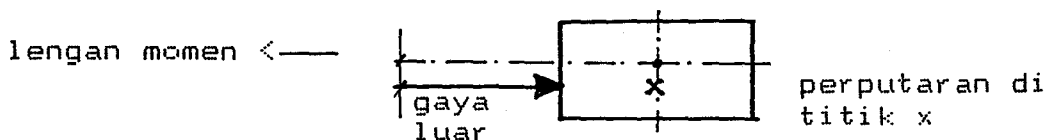
(Kondisi seimbang)

2.7.2. KESEIMBANGAN ROTASIONAL

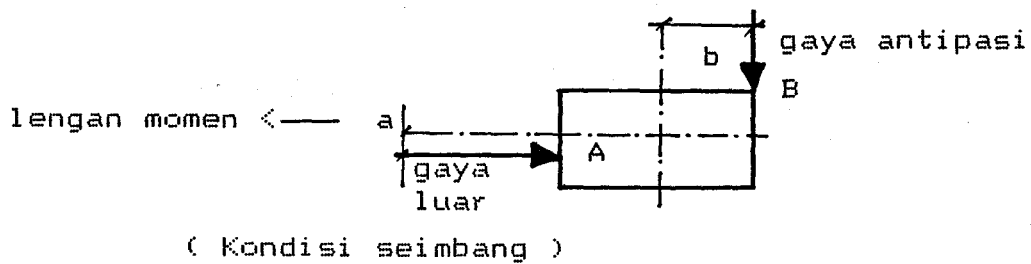
Seperti halnya suatu free body yang tidak mempunyai keseimbangan linier, dapat juga terjadi gerakan rotasional. Gerakan rotasional tersebut dapat terjadi apabila gaya yang bekerja pada free body tersebut membentuk offset dari sumbu pusatnya. Karena gaya tersebut mempunyai lengan terhadap pusat sumbu, maka terjadi momen putar pada free body terhadap sumbunya.

Kondisi free body yang demikian ini, dikatakan tidak dalam keseimbangan rotasional.

Agar free body tersebut mempunyai keseimbangan rotasional, maka pada free body tersebut harus dikenai momen lawan yang besarnya sama dan arahnya berlawanan dengan momen semula.



(Kondisi tidak seimbang)



Persamaan keseimbangan rotasional :

$$A \times a = B \times b$$

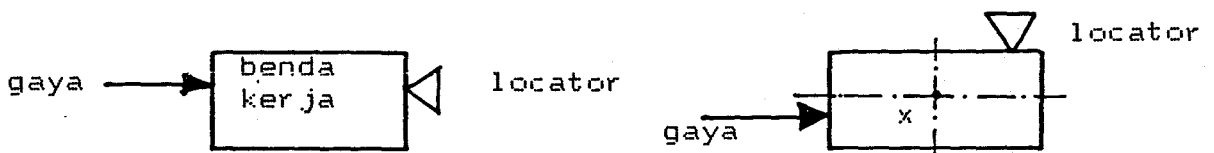
atau

$$Aa - Bb = 0$$

Pada proses pemesinan, gaya luar yang bekerja pada free body adalah gaya yang ditimbulkan oleh gaya pemotongan atau gaya clamping yang bekerja pada benda kerja.

Selanjutnya bagaimana menciptakan kondisi keseimbangan pada benda kerja selama proses pemotongan . Untuk itu diperlukan pengetahuan yang baik tentang arah-arah gaya pemotongan pada proses pemesinan serta menguasai dengan baik konsep dasar peletakan benda kerja.

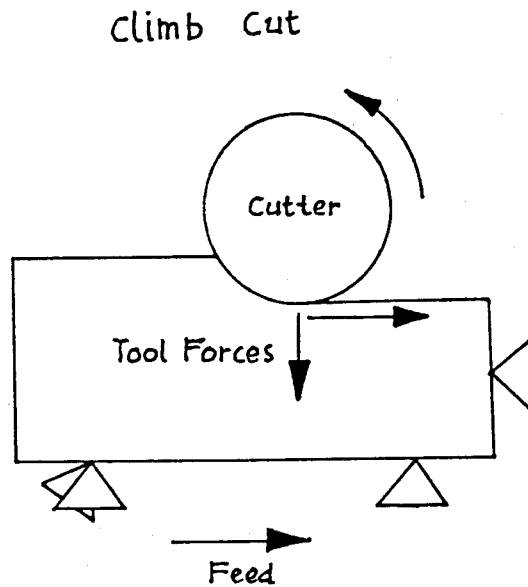
Salah satu contoh bagaimana mengatur peletakan benda kerja, agar dalam kondisi yang seimbang, dapat dilihat pada gambar dibawah.



Kondisi keseimbangan linier

Kondisi keseimbangan rotasional

Untuk memperoleh gambaran tentang kondisi keseimbangan linier maupun rotasional pada aplikasi proses pemesinan (Operasi milling) dapat dilihat pada gambar berikut :



BAB III

DATA PRODUK

Pengetahuan secara komplit tentang produk adalah hal yang patut, sebab informasi dari produk ini, nantinya digunakan sebagai pertimbangan dalam perencanaan jig & fixture dan perencanaan proses pemesinan untuk universal joint yoke.

Informasi produk tersebut meliputi jenis produk, bahan dan sifat produk serta bentuk dan ukuran produk. Dimana informasi ini digunakan sebagai acuan didalam pemilihan elemen-elemen jig & fixture, besar kecilnya gaya penjepit clamping (ini dipengaruhi oleh besar gaya pemotongan yang terjadi), material jig & fixture, metode pemesinannya, serta bentuk jig & fixture yang dibutuhkan.

3.1. JENIS PRODUK

Produk / benda kerja yang akan dikerjakan dengan pemesinan adalah salah satu komponen transmisi daya untuk automotive, yaitu universal joint yoke. Dimana produk ini dihasilkan dari proses forging. Kondisi dari produk forging ini memiliki permukaan yang kasar. Menyadari bahwa proses pemesinan tersebut dilaksanakan dengan bantuan perkakas khusus (jig & fixture), maka pemilihan elemen-elemen jig & fixture dalam perencanaan harus memadai dengan kondisi produk forging tersebut, hal ini dimaksudkan agar jig & fixture yang direncanakan dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Sebagai contoh, untuk locator elemen yang memadai untuk peletakan

produk casting dengan permukaan datar (flat) adalah round head button, sebab ia memungkinkan memberikan stabilitas yang baik pada peletakan produk forging didalam jig & fixture.

3.1. BAHAN DAN SIFAT PRODUK

Produk universal joint yoke pada kendaraan automotive berfungsi untuk menstransmisikan daya dari poros out put versnelling ke propeller shaft dan selanjutnya oleh propeller shaft diteruskan ke gardan penggerak roda belakang.

Agar benda kerja ini dapat berfungsi dengan baik, maka ia harus dibuat dari material/ bahan yang cukup kuat untuk menahan gaya yang bekerja padanya. Dari referensi (Metal Hand Book, volume 1) halaman 308 ; material untuk universal joint (Flange joint) ini adalah carbon steel C 1040 yang diheat treatment.

Adapun sifat-sifatnya adalah seperti pada tabel dibawah (referensi : Standard Hand Book for Mechanical Engineering) halaman 636, yaitu :

Tensile strength (psi)	Yield point (psi)	Elongation (%)	Hardness (BHN)
98000 ÷ 125000	60000 ÷ 104000	11 ÷ 22	205 ÷ 260

Informasi tentang sifat bahan sangat berpengaruh terhadap penentuan besarnya gaya pemotongan yang bekerja pada produk. Tujuannya agar gaya pemotongan yang bekerja tersebut tidak

menimbulkan deformasi yang berlebihan selama operasi, sebab kekuatan oleh gaya luar yang cukup besar akan mengakibatkan deformasi pada produk. Secara geometris deformasi pada produk akan mengakibatkan penyimpangan dimensi. Oleh karena itu hal ini harus dihindarkan, karena akan menurunkan kualitas produk (ketepatan dimensi) dan besar kemungkinan akan menimbulkan masalah pada saat produk ini dirakit dengan komponen yang lainnya.

Informasi tentang kekerasan material produk mempunyai arti penting didalam menentukan parameter proses pemesinan (metode proses), jenis material perkakas potong (tool) serta pemilihan material jig & fixture. Dan pada akhirnya pemilihan ini diarahkan pada kondisi yang mempunyai nilai paling ekonomis.

3.3. BENTUK DAN UKURAN PRODUK

Bentuk dan ukuran produk (universal joint yoke) terlihat seperti pada gambar terlampir.

Bentuk akhir dari suatu produk mempunyai arti penting didalam menentukan pemilihan proses pemesinan (mesin perkakas yang digunakan, urutan pengerjaan) serta bentuk dan ukuran jig & fixture yang dibutuhkan.

BAB IV

ANALISA PROSES

Universal joint yoke merupakan produk forging, yang permukaan dari produk ini masih kasar. Jadi merupakan produk setengah jadi. Agar universal joint yoke dapat dirakit dengan baik bersama komponen lainnya, maka beberapa bagian dari permukaannya harus dikerjakan lagi, yaitu dengan menggunakan proses cutting (pemesinan). Sebelum melangkah lebih jauh lagi dalam analisa proses, maka informasi yang didapat dari hasil analisa produk, selanjutnya akan dijadikan suatu pertimbangan dalam melakukan analisa proses (merencanakan proses pemesinan).

Setelah mempelajari dan memahami bentuk permukaan yang harus dikerjakan pada proses cutting (pemesinan) serta ukuran-ukuran produk yang harus dicapai pada hasil akhir, maka langkah berikutnya adalah menginvestasi macam-macam proses. Kemudian agar proses tersebut diatas dapat dilaksanakan dengan baik, maka perlu menentukan jenis mesin perkakas yang digunakan untuk melayani masing-masing proses beserta alternatifnya. Dan selanjutnya menentukan urutan proses beserta alternatifnya. Kemudian setelah macam-macam proses, jenis mesin perkakas, dan urutan dibuat dalam bentuk flow proses chart, maka langkah berikutnya adalah membuat suatu keputusan yang berkaitan dengan flow proses chart dari berbagai alternatif yang paling patut dilaksanakan didalam manufakturing produk universal

joint yoke.

Suatu hal yang harus dipertimbangkan dengan hati-hati didalam mengambil keputusan alternatif jawab tersebut diatas dan dalam pelaksanaan manufakturing produk adalah bahwa hasil akhir (produk akhir)nya dapat diterima oleh customer, baik secara fungsional, ekonomi, maupun dari sudut pandang penampilan produk.

4.1. MACAM-MACAM PROSES

Setelah mempelajari spesifikasi produk (bentuk dan ukuran) dan bagian-bagian permukaan yang harus dikerjakan dengan proses cutting (pemesinan), maka proses yang dapat diinvestasi adalah sebagai berikut :

*> Proses Facing :

- facing untuk ϕ 52 - ϕ 36
- facing untuk 114 x 76
- facing untuk 50 x 66 sisi kanan
- facing untuk 50 x 66 sisi kiri

*> Proses Turning (bubut) :

- turning ϕ 66 x 7
- turning ϕ 52 x 40
- turning (chamfering) 2 x 45° x ϕ 66

*> Proses Boring :

- boring ϕ 36 x 54
- boring ϕ 50 x 5
- boring ϕ 32 x 19 sisi kanan

- boring ϕ 32 x 19 sisi kiri
- *> Proses Broaching :
 - spline broaching ϕ 36 x 49
- *> Proses Drilling :
 - drilling 4 x (ϕ 10 x 7)
 - drilling 44 x (ϕ 9 x 20)
- *> Proses Counter Boring :
 - spot facing 4 x (ϕ 20 x 1)
- *> Proses Tapping :
 - tapping 4 x (M 10 x 1,5)
- *> Proses Shaping :
 - scraping 25 x 55 sisi kanan
 - scraping 25 x 55 sisi kiri
 - chamfering (1 x 45⁰ x 15 x 17) x 6
 - scraping 4 x (6 x 13)
 - scraping 4 x (6 x 15)
 - scraping 4 x (15 x 17)
- *> Proses Sawing :
 - sawing 4 x (15 x 17)
- *> Proses Grinding :
 - grinding 4 x (13 x 15)
 - grinding cap 4 x (13 x 15)

Proses cutting yang tersebut diatas sebenarnya beberapa diantaranya dapat digunakan alternatif proses yang lain, sebagai contoh proses shaping secara fungsional hampir sama dengan proses

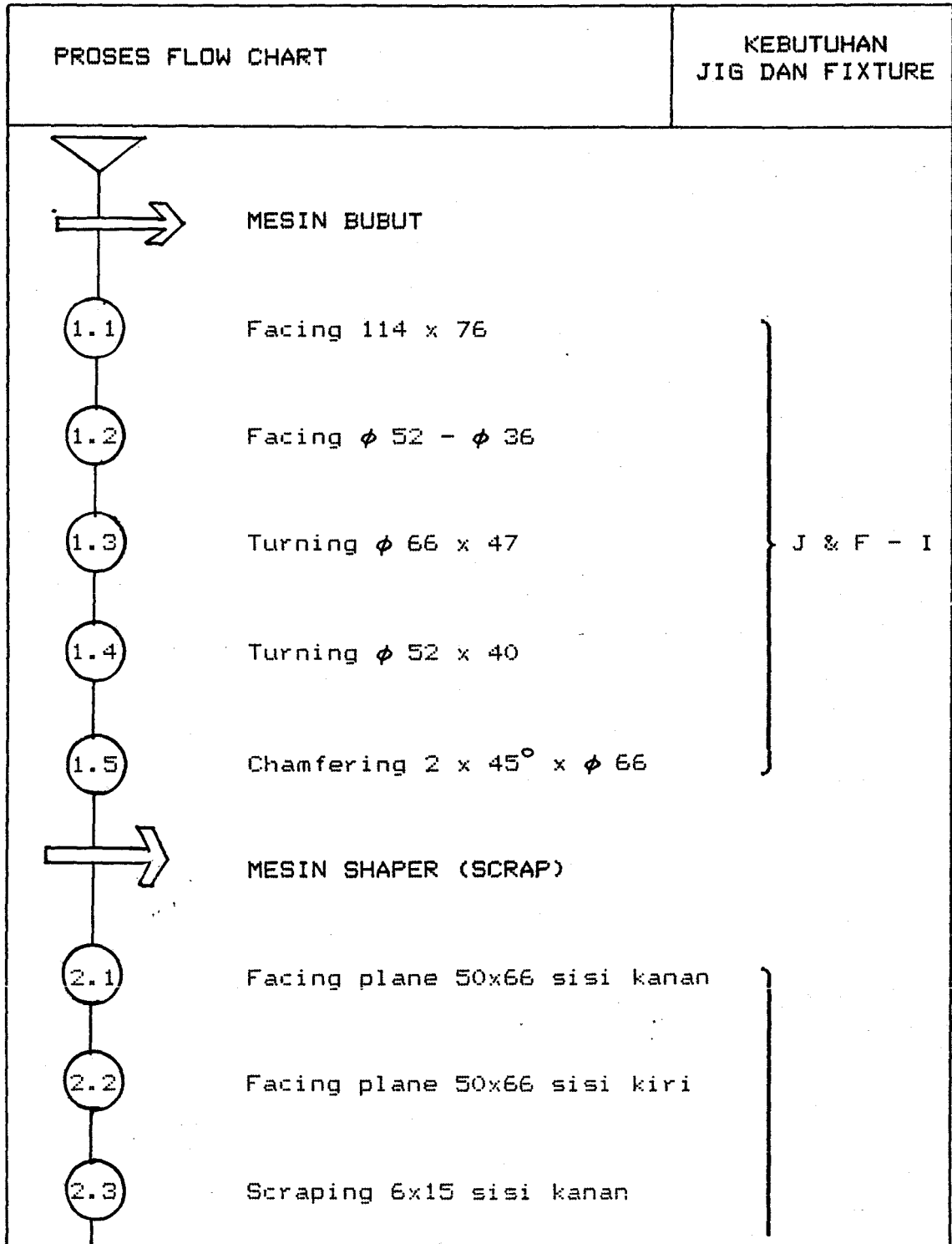
milling, namun untuk mencari alternatifnya dibahas dibagian berikutnya.

4.2. URUT-URUTAN PROSES

Urut-urutan proses adalah metode pengerjaan produk/ benda kerja dalam manufakturing. Dalam hal proses cutting, urutan proses adalah merupakan step-step pengerjaan pemесinan mulai dari raw material (produk setengah jadi) sampai menjadi produk akhir.

Urut-urutan proses digambarkan secara skematik, padanya memuat bermacam-macam proses pengerjaan dan urut-urutannya serta mesin yang digunakan untuk melaksanakan jenis proses tertentu. Diagram urut-urutan proses tersebut disebut proses flow chart.

Proses flow chart untuk proses cutting universal joint yoke beserta alternatifnya dapat dilihat pada halaman berikutnya.



2.4

Scraping 6x15 sisi kiri

2.5

Scraping 6x13 sisi depan

2.6

Scraping 6x13 sisi belakang

J & F - II

2.7

Scraping 25x55 sisi kanan

2.8

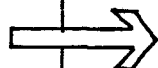
Scraping 25x55 sisi kiri

2.9

Scraping cap 2x(15x17) sisi kanan

2.10

Scraping cap 2x(15x17) sisi kiri



MESIN DRILL

3.1

Drill 4x(ϕ 10x7)

3.2

Spot facing 4x(ϕ 20x1)

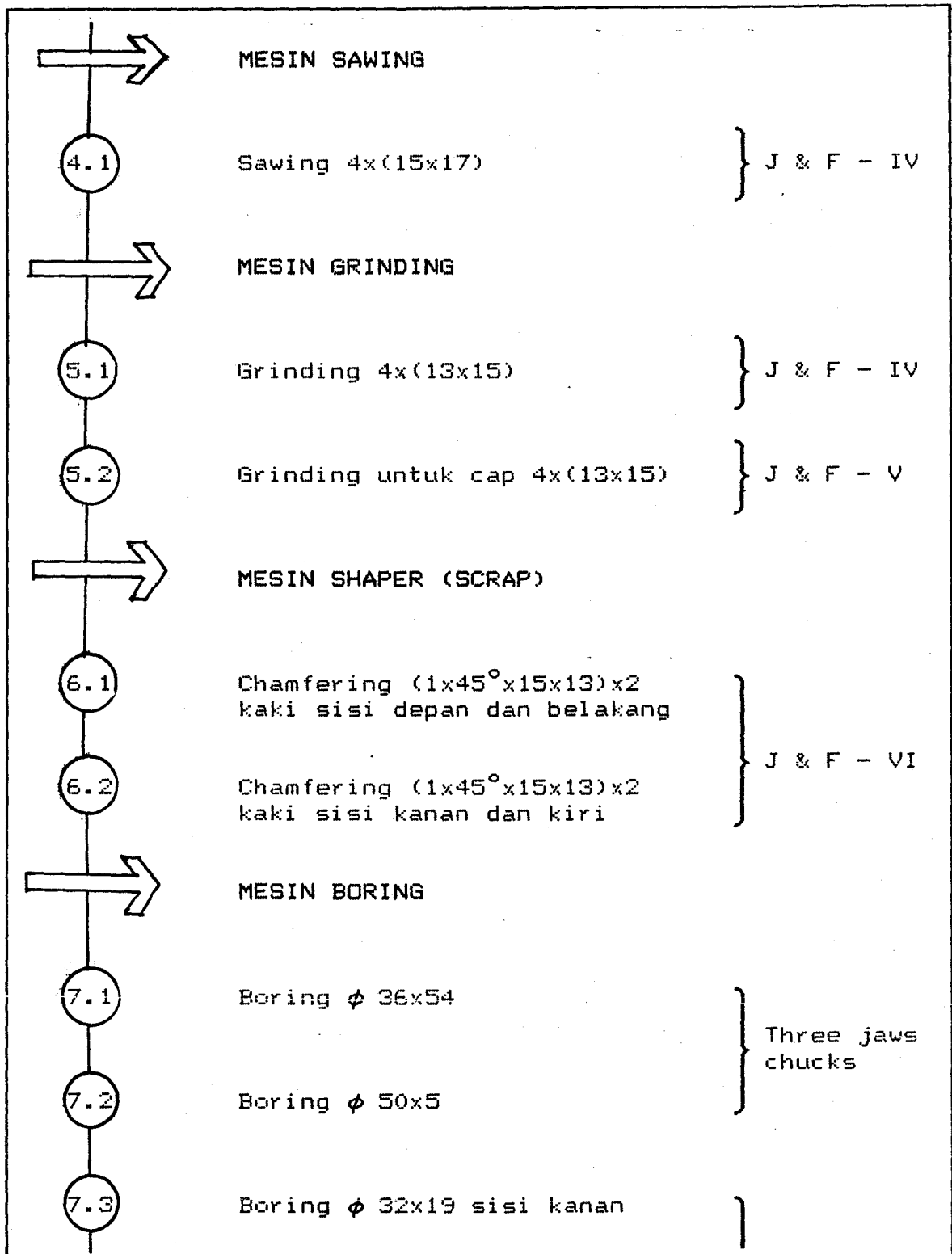
3.3

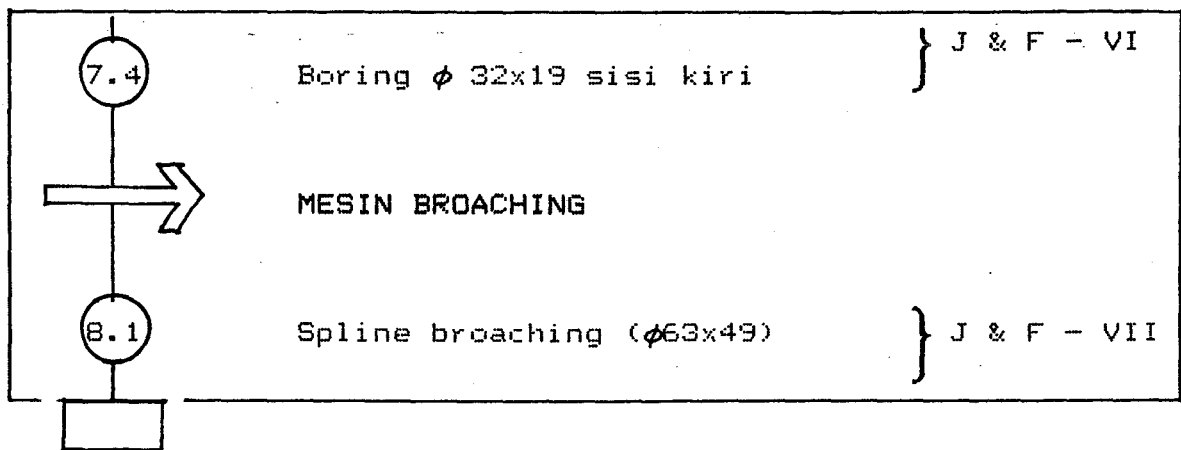
Drill 4x(ϕ 9x20)

3.4

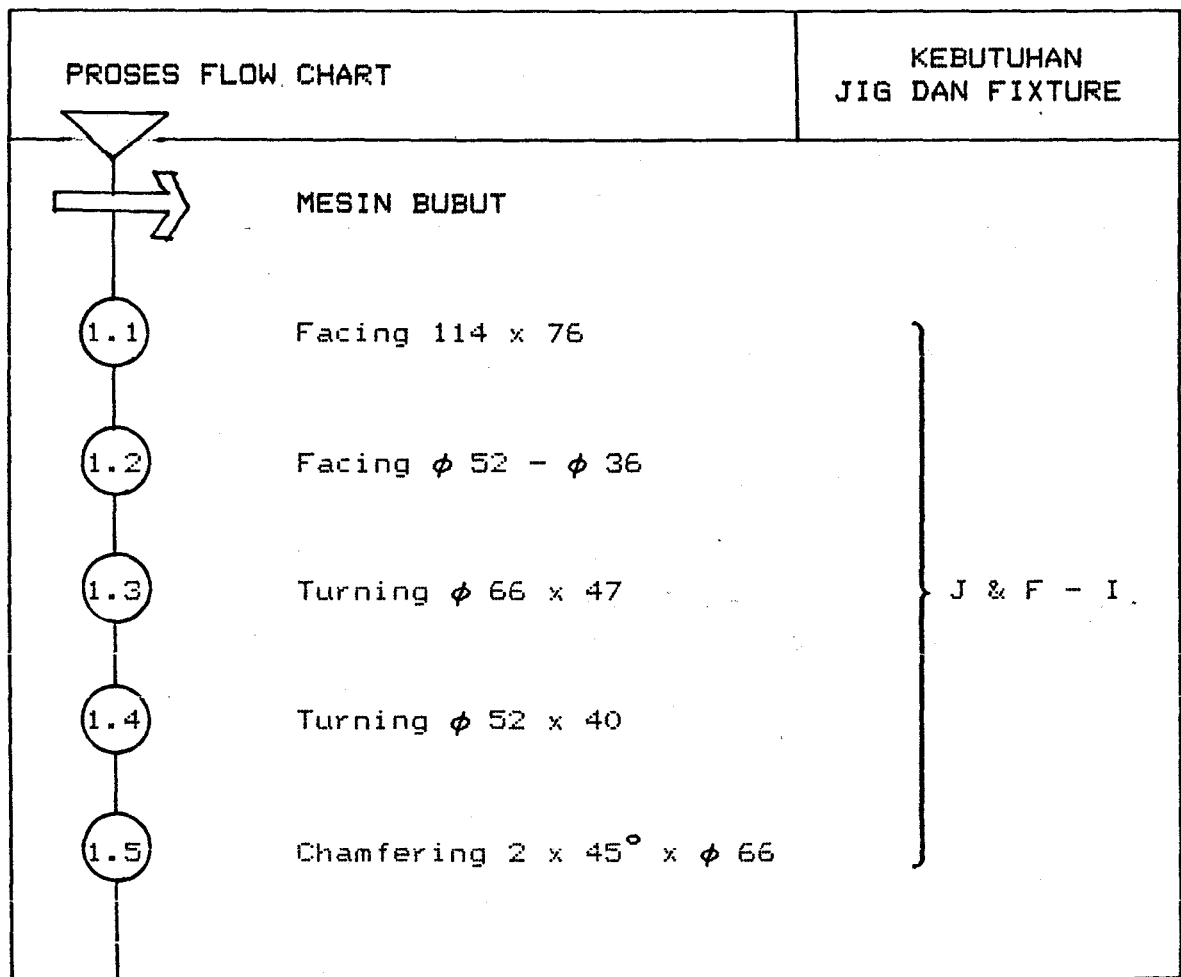
Threading dalam 4x(20xM-10x1,5)

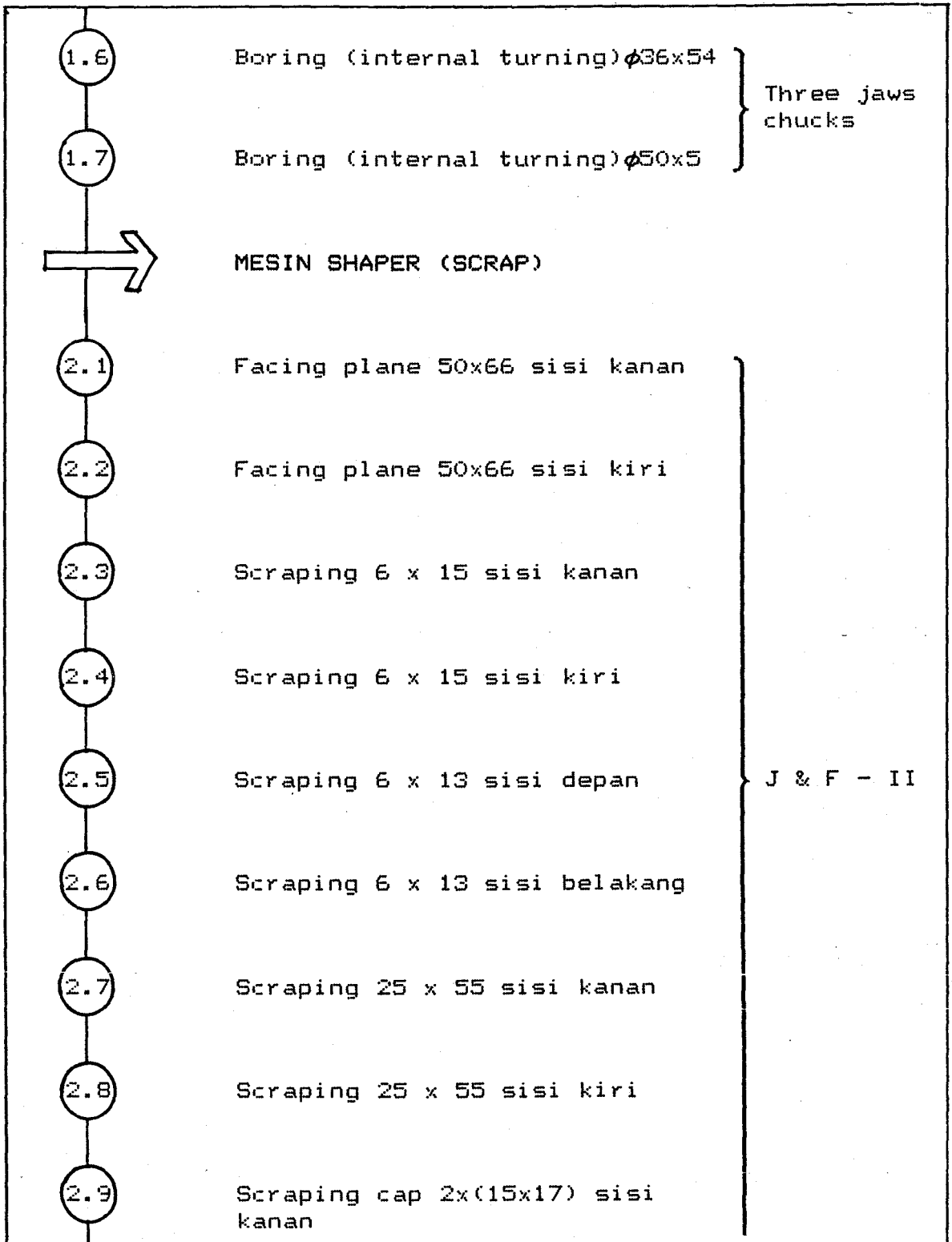
J & F - III

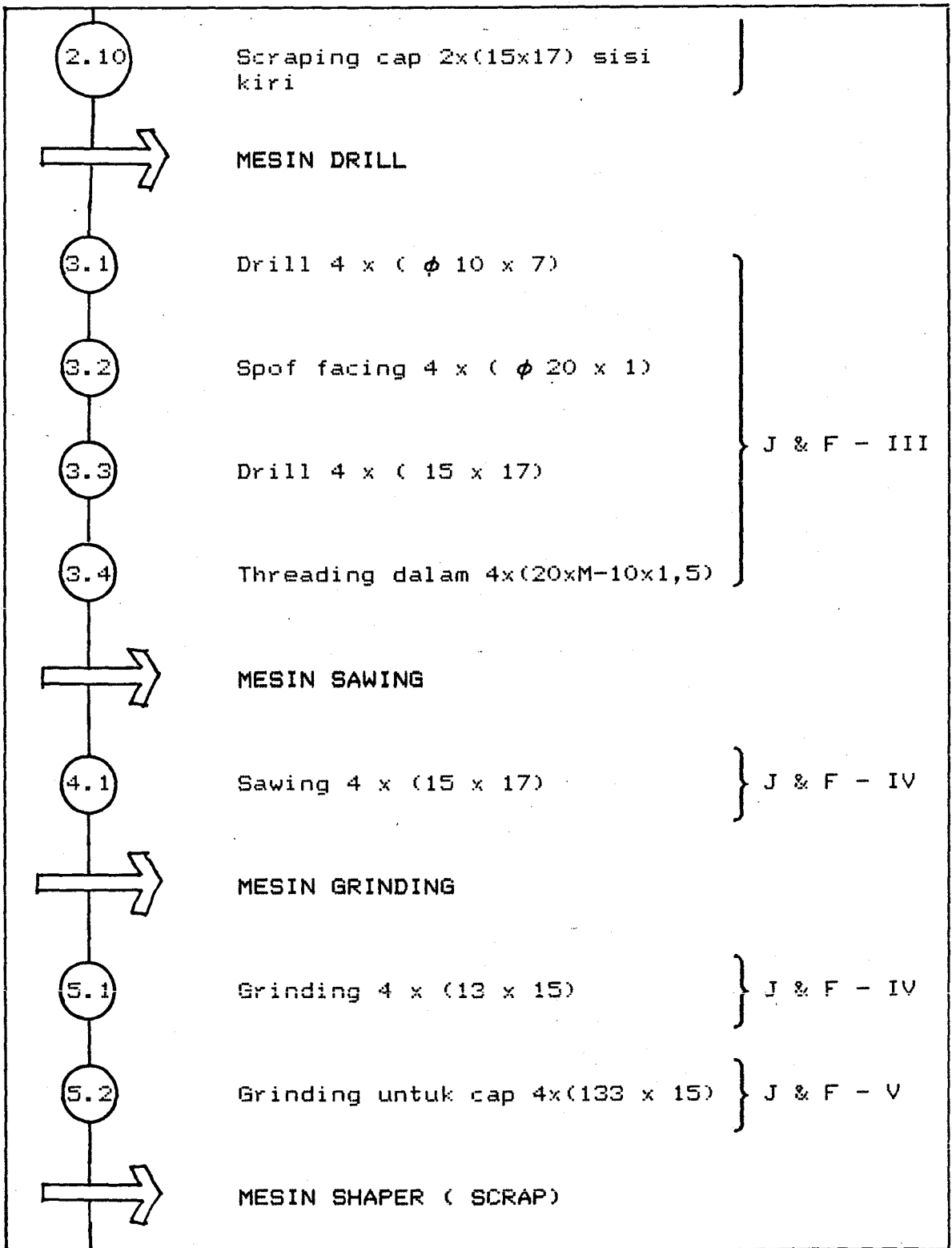


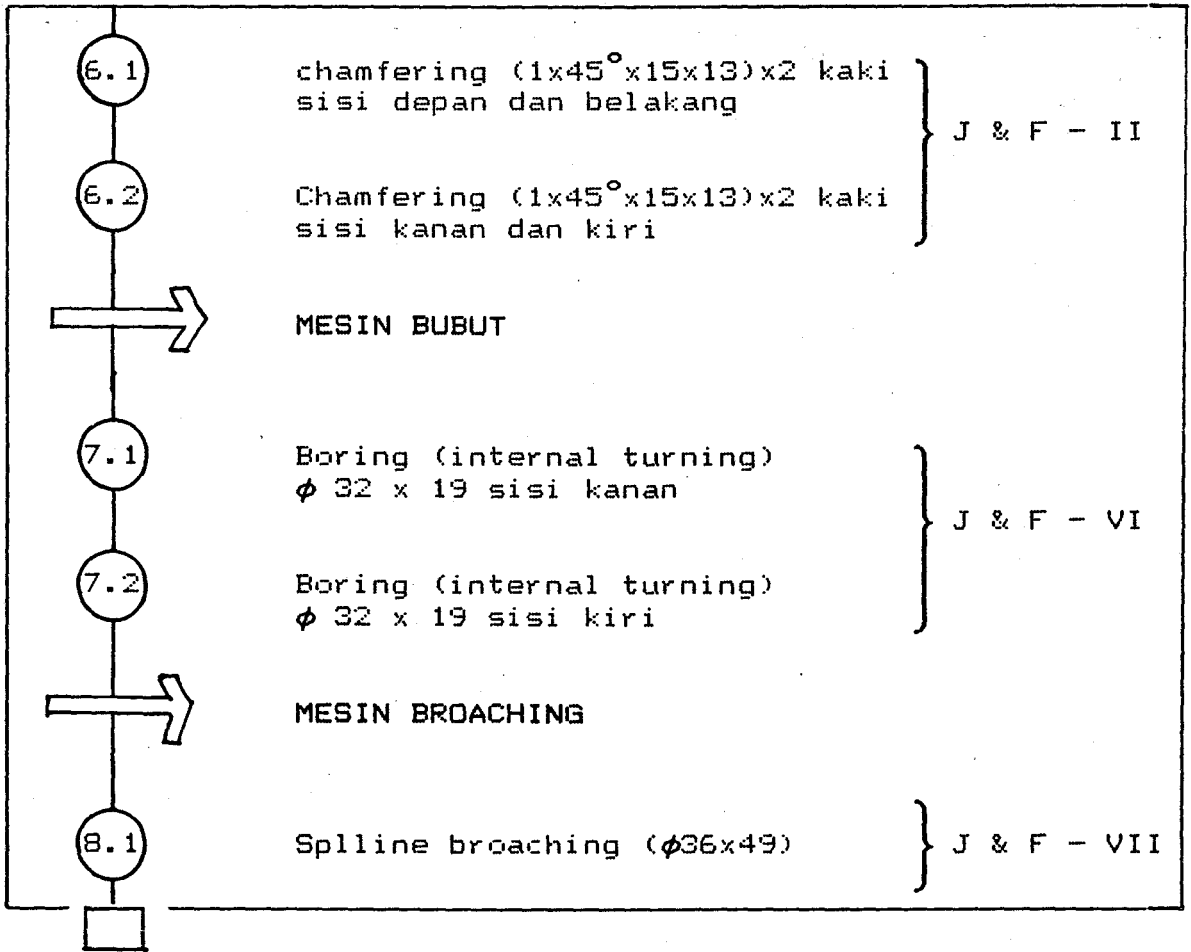


ALTERNATIVE - II









ALTERNATIVE - III

PROSES FLOW CHART	KEBUTUHAN JIG DAN FIXTURE
<pre> graph TD Start(()) --> 1.1((1.1)) 1.1 --> MB[MESIN BUBUT] </pre> 1.1 Facing 114 x 76	1

1.2

Facing ϕ 52 - ϕ 36

1.3

Turning ϕ 66 x 47

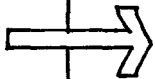
1.4

Turning ϕ 52 x 40

1.5

Chamfering 2 x 45° x ϕ 66

J & F - I



MESIN FRAIS (MILLING)

2.1

Straddle milling (Bidang sejajar)
- 50 x 66 sisi kanan dan kiri

2.2

Straddle milling
- 6 x 15 sisi kiri dan kanan

2.3

Straddle milling
- 6 x 15 sisi depan dan belakang

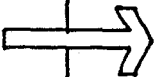
2.4

Milling cap 2 x (15 x 17) sisi
kanan

2.5

Milling cap 2 x (15 x 17) sisi
kiri

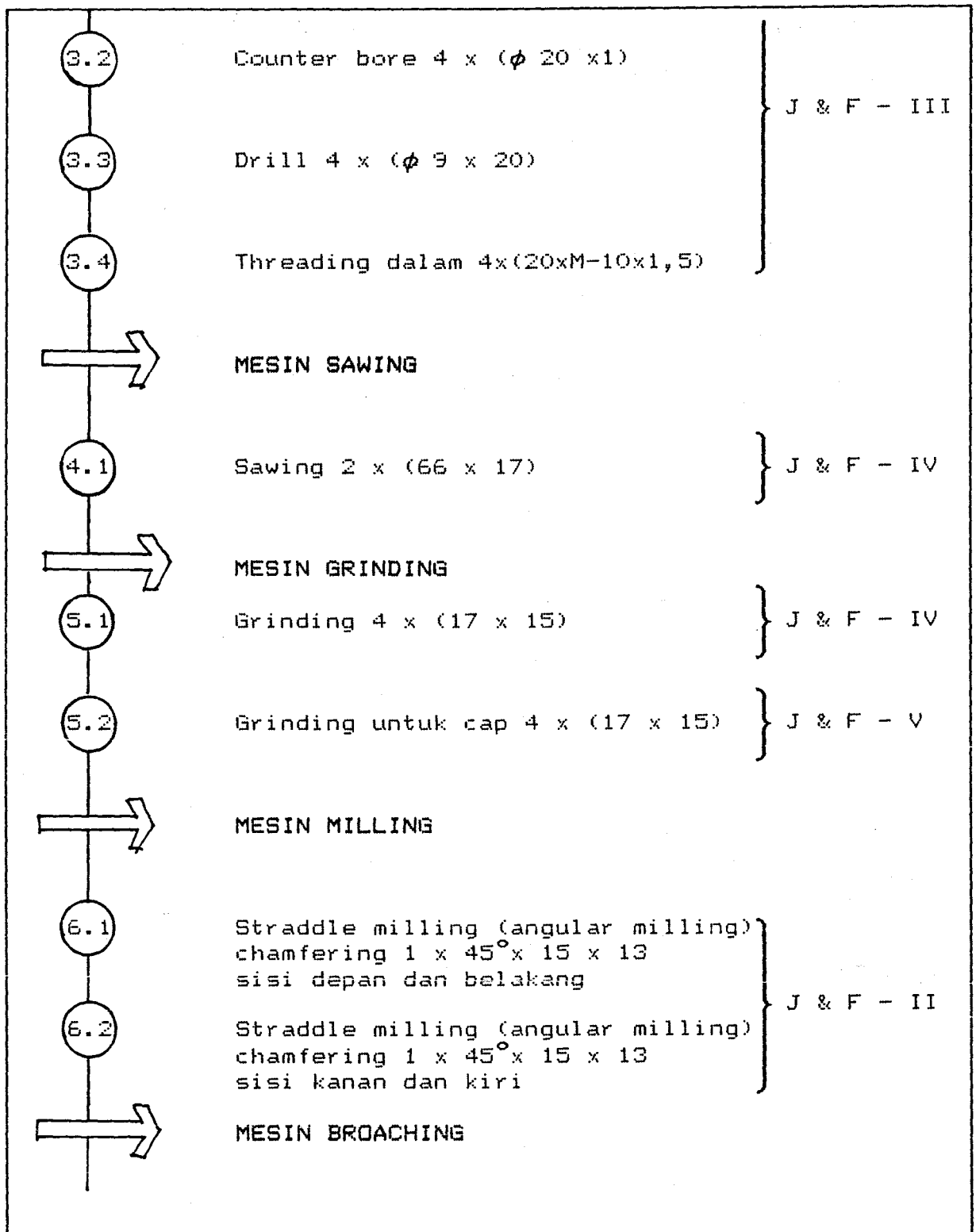
J & F - II

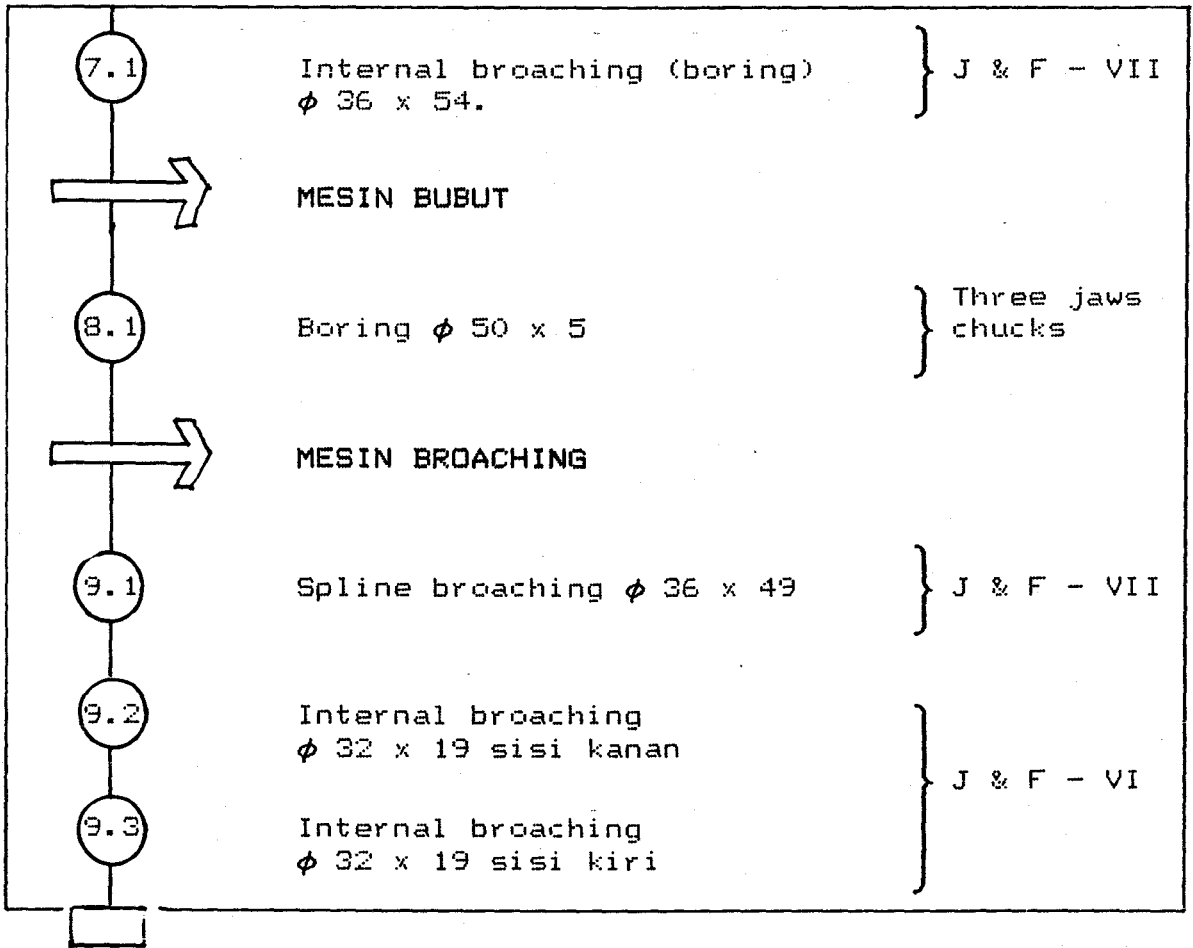


MESIN DRILL

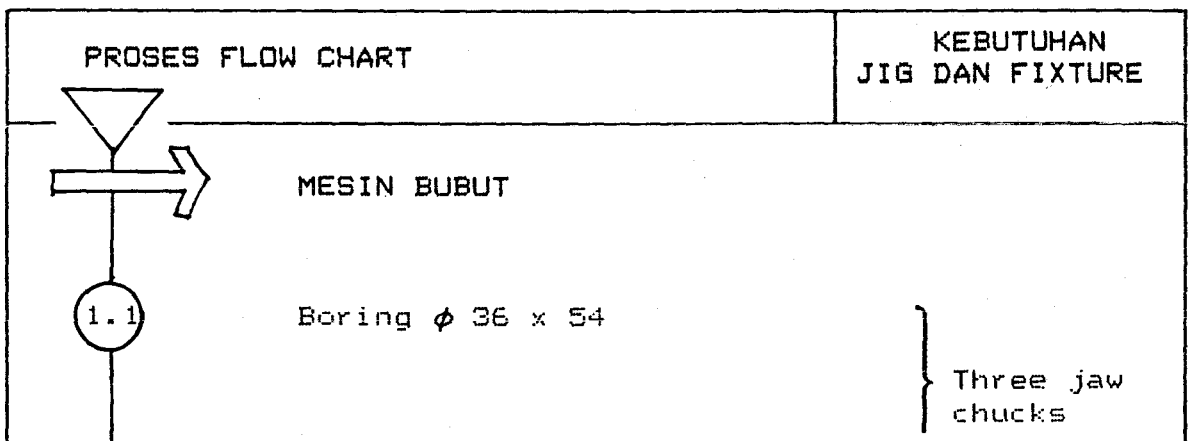
3.1

Drill 4 x (ϕ 10 x 7)





ALTERNATIVE - IV



1.2

Boring ϕ 50 x 5

1.3

Facing 114 x 76

1.4

Facing ϕ 52 - ϕ 36

1.5

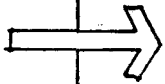
Turning ϕ 66 x 47

J & F - I

1.6

Turning ϕ 52 x 40

1.7

Chamfering 2 x 45° x ϕ 66

MESIN FRAIS (MILLING)

2.1

Gang milling :

- 50 x 66 sisi kanan dan kiri
- 25 x 55 sisi kanan dan kiri

2.2

Straddle milling :

- 6 x 15 sisi kanan dan kiri

2.3

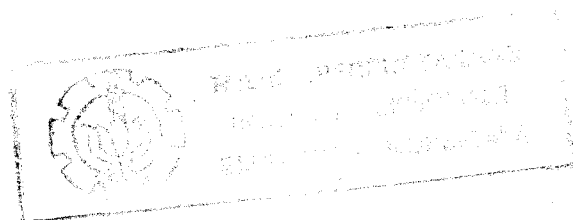
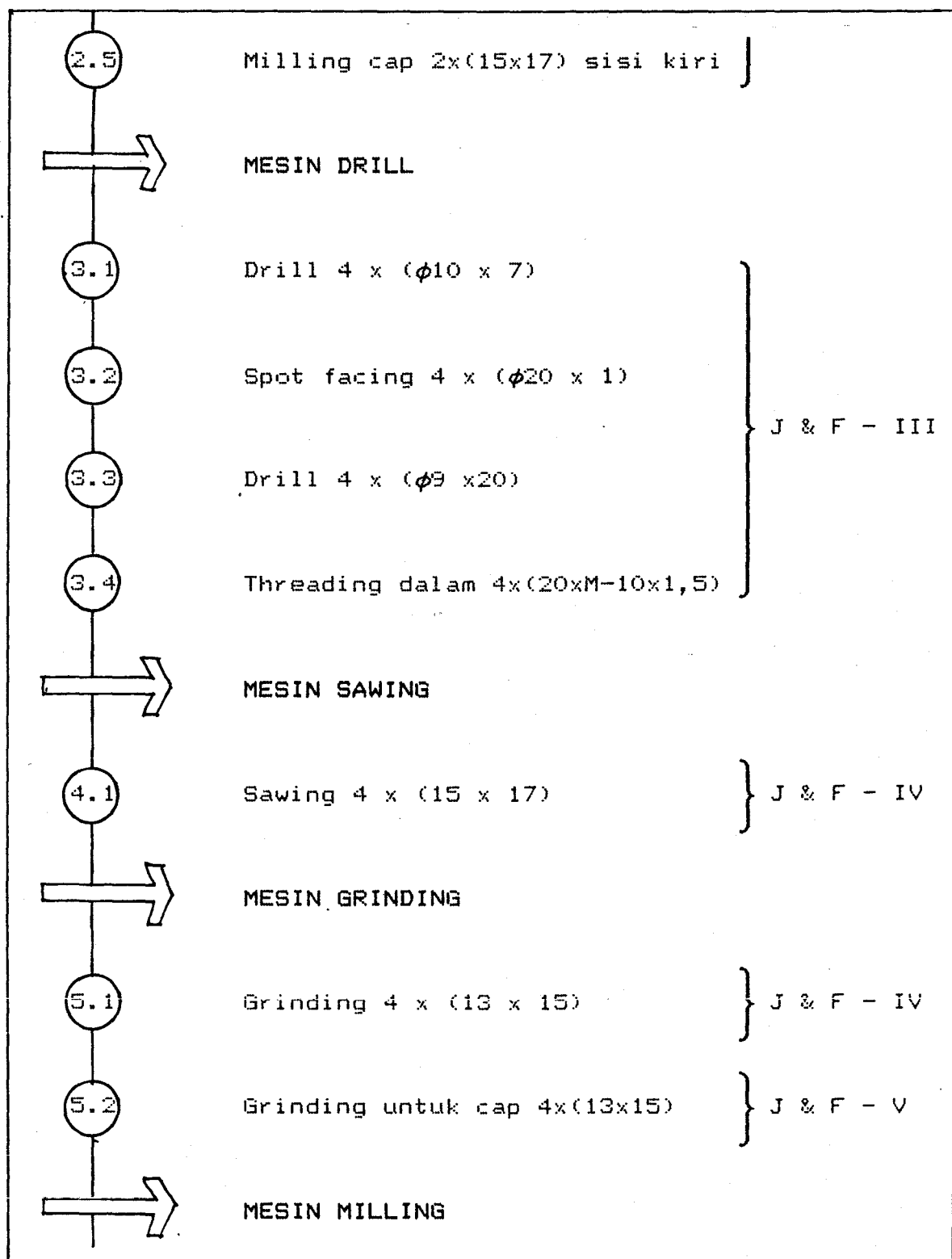
Straddle milling :

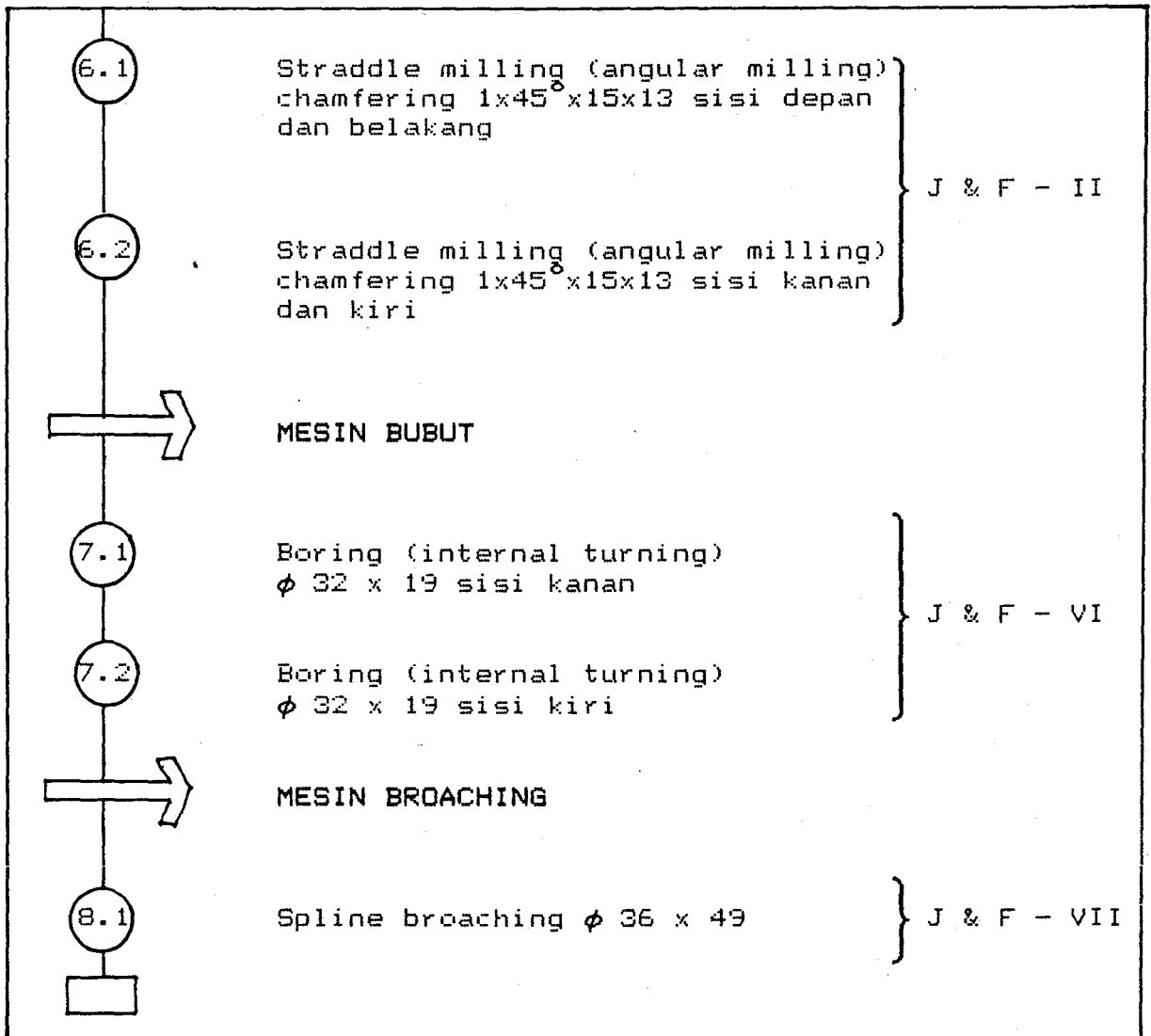
- 6 x 15 sisi depan dan belakang

J & F - II

2.4

Milling cap 2x(15x17) sisi kanan





4.3. ANALISA PEMILIHAN ALTERNATIF MESIN DAN PROSES MASINING

Proses flow chart untuk universal joint yoke yang penulis tampilkan pada halaman sebelumnya adalah merupakan alternatif dari berbagai kemungkinan, dari urutan proses pemesinan. Adapun pertimbangan yang mendasari pengambilan keputusan dalam menentukan alternatif jawab tersebut adalah berdasarkan keekonomisan, frekwensi set up perkakas potong (tool), frekwensi set up benda kerja dan waktu produksi (T_p), serta gaya pemotongan.

Nomer proses yang dipakai untuk perbandingan, dipinjam dari proses flow chart - III.

- Untuk proses (1-1), (1-2), (1-3), (1-4) dan (1-5), adalah mutlak dilaksanakan pada mesin bubut, mengingat tidak ada alternatif lainnya yang secara fungsional bisa menggantikan mesin bubut. Selanjutnya untuk proses (7-1), (8-1), (9-2) dan (9-3), secara fungsional mesin boring dapat melaksanakan proses tersebut namun secara fungsional dapat digantikan oleh mesin yang lain, yang juga digunakan untuk melayani proses pemesinan universal joint yoke, maka penggunaan mesin boring untuk melayani proses (7-1), (8-1), (9-2) dan (9-3). Ini berarti akan menambah kebutuhan mesin Sedangkan pengadaan mesin akan membutuhkan biaya. Kesimpulan pemilihan mesin boring untuk melaksanakan proses tersebut diatas tidak ekonomis.

- Untuk proses (2-1), (2-2), (2-3), (6-1) dan (6-2) alternatif pengerjaannya adalah pada mesin frais (milling) dan mesin scrap (shaper). Namun pemilihan mesin frais untuk melayani proses

tersebut diatas mempunyai suatu kelebihan dibandingkan dengan penggunaan mesin scrap. Untuk proses (2-1), dengan menggunakan mesin frais (gang milling) hanya membutuhkan satu kali (1x) set up tool. Apabila untuk melayani proses tersebut diatas digunakan mesin scrap, maka dibutuhkan dua kali (2x) set up tool dan dua kali (2x) set up benda kerja, yaitu masing-masing, set up tool untuk shaping 50 x 66 sisi kanan, set up benda kerja untuk shaping 50 x 66 sisi kiri, set up tool untuk shaping 25 x 55 sisi kanan, set up benda kerja untuk shaping 25 x 55 sisi kiri.

Untuk proses (2-2) dan (2-3), pelaksanaan pada mesin frais (spanddle milling) hanya membutuhkan satu kali (1x) set up tool dan satu kali (1x) set up benda kerja, tapi bila digunakan mesin scrap maka dibutuhkan dua kali (2x) set up tool dan dua kali (2x) set up benda kerja, yaitu masing- masing set up tool untuk shaping 6 x 66 sisi kiri, set up benda kerja untuk shaping 6 x 66 sisi kanan, set up tool untuk shaping 6 x 114 kaki depan, set up benda kerja untuk shaping 6 x 114 kaki belakang.

Untuk proses (6-1) dan (6-2), pelaksanaan pada mesin frais (straddle milling), membutuhkan satu kali (1x) set up tool dan dua kali (2x) set up benda kerja. Namun apabila digunakan mesin scrap, membutuhkan tiga kali (3x) set up tool dan tiga kali (3x) set up benda kerja, yaitu masing- masing identik dengan cara tersebut diatas.

Kemudian dari sisi operasi pemesinan, untuk mesin frais (milling) feeding dapat dilaksanakan dengan cara otomatis, sedangkan untuk operasi shaping, feedingnya dilakukan cara manual, karena bidang yang dikerjakan adalah bidang vertikal.

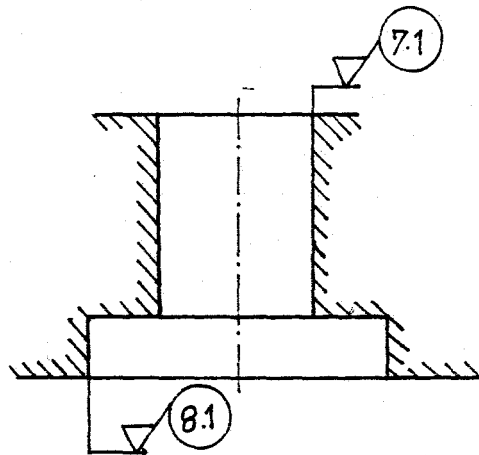
Operasi shaping ini bisa dilaksanakan dengan feeding otomatis namun apabila bidang yang dikerjakan adalah horizontal. Operasi pemesinan (shaping) tersebut diatas, jelas sangat melelahkan bagi operator, lebih-lebih lagi untuk tingkat produksi yang relatif besar. Pada gilirannya nanti waktu demi waktu, unjuk kerja operator tersebut akan mengalami kemerosotan, dan akhirnya waktu produksi akan bertambah. Bertambahnya waktu produksi akan mengakibatkan meningkatnya biaya operasi, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penggunaan mesin frais (milling) untuk melayani proses-proses tersebut diatas lebih handal, jika dibandingkan dengan penggunaan mesin scrap (shaper).

Penggunaan mesin drill untuk melayani proses (3-1), (3-2), (3-3) dan (3-4) adalah merupakan pilihan tunggal. Demikian pula untuk proses (4-1) yang dilaksanakan pada mesin sawing, dan proses (5-1), (5-2) yang dilaksanakan pada mesin grinder.

Untuk proses (9-2) dan (9-3) alternatif mesin yang digunakan adalah mesin bubut, mesin broaching dan mesin boring. Begitu juga untuk proses (7-1) dan (8-1). Pemilihan mesin boring untuk melaksanakan operasi/ proses tersebut, digugurkan oleh karena tidak ekonomis.

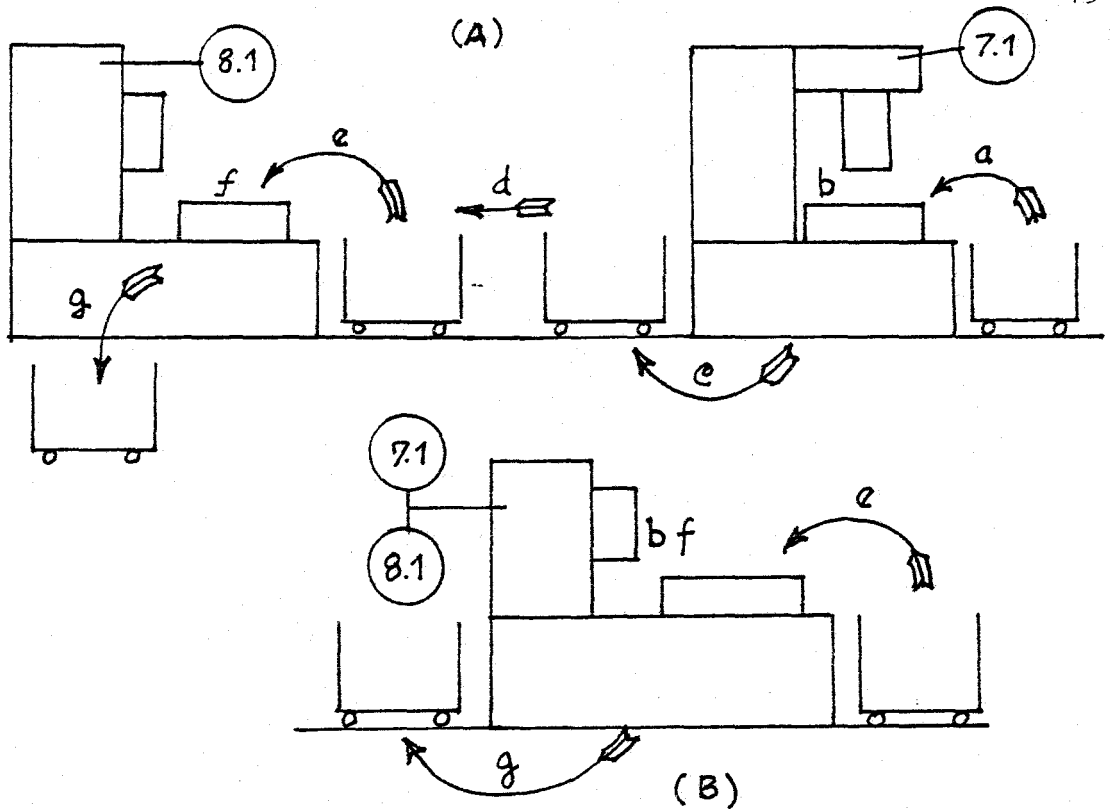
Sebelum melakukan pemilihan mesin untuk proses (7-1) dan

(8-1), terlebih dahulu kita kenali geometri benda kerja yang terkait dengan proses (7-1) dan (8-1), yaitu seperti pada gambar berikut :



Apabila proses (7-1) dan (8-1) dikerjakan pada mesin bubut maka hanya dilakukan dua kali (2x) set up tool dan satu kali (1x) loading dan satu kali (1x) unloading.

Selanjutnya apabila proses (7-1) dikerjakan pada mesin broaching maka konsekwensinya proses (8-1) dikerjakan pada mesin bubut, sebab proses ini tidak bisa dilaksanakan pada mesin broaching. Untuk memperoleh gambaran tentang keadaan operasi dari keduanya dapat dijelaskan dengan gambar berikut :



Lintasan operasi proses (7-1) & (8-1)

Keterangan :

Gambar A : proses (7-1) & (8-1) dengan mesin broaching dan mesin bubut.

Gambar B : proses (7-1) & (8-1) hanya dengan mesin bubut

a = loading benda kerja dari lantai/ kereta ke fixture

b = set up tool untuk proses (7-1)

c = unloading dari fixture ke kereta

d = transfer kereta dari broaching ke bubut

e = loading benda kerja dari kereta ke fixture

f = set up tool untuk proses (8-1)

g = unloading dari fixture ke kereta

Perbandingan dari kedua metode operasi tersebut diatas

didasarkan atas waktu produksinya.

Asumsi :

- Waktu loading & unloading dari kedua mesin sama
- Waktu set up tool dari kedua mesin sama
- Tool life dari kedua jenis pahat mesin sama

Waktu produksi dihitung menurut rumus :

$$t_{pr} = t_l + t_m + (N_t/N_b)t_{ct} \quad (\text{second})$$

dimana :

t_{pr} = production time/piece

t_l = non productive time

t_m = machining time

N_t = frekuensi penggantian tool

N_b = bath production

t_{ct} = waktu yang dibutuhkan untuk penggantian tool

Harga $t_l = t_1 + t_s + t_z$

dimana :

t_1 = waktu untuk loading benda kerja

t_1 = waktu untuk tranfer benda kerja

t_z = waktu untuk un-loading

t_s = waktu untuk set up tool

Besaran yang diestimasi adalah :

$$t_1 = 0,014 \text{ h} = 50,4 \text{ sec}$$

$$t_{ct} = 240 \text{ sec}$$

$$t_l = 900 \text{ sec}$$

$$t_z = 0,014 \text{ h} = 50,4 \text{ sec}$$

$$t_s = 0,025 \text{ h} = 90 \text{ sec}$$

$$N_b = 15000 \text{ piece}$$

$$\text{Harga } t_m = \frac{L_{\max}}{v} \quad (\text{minute}) \quad \longrightarrow \text{Mesin Broaching}$$

$$t_m = \frac{L_{\max}}{s \cdot n} \quad (\text{minute}) \quad \longrightarrow \text{Mesin Bubut}$$

dimana :

$L_{\max}$ = panjang max benda kerja (m)

v = cutting speed (m/min)

s = feed per revolution (mm/rev)

n = putaran spindle (rpm)

$$\text{Harga } N_t = \frac{N_b \cdot t_m}{t}$$

$$\frac{N_t}{N_b} = \frac{t_m}{t}$$

dimana :

t = tool life (minute), harga tool life ini dihitung dari rumus Taylor, dengan material tool dari HSS

4.3.1 Menghitung machining time Mesin Broaching

Untuk material benda kerja adalah carbon steel dengan BHN (205 - 260) diambil dengan BHN 205, dengan material tool HSS dari gambar 6.2 (Ref.4), harga cutting speed $v_r = 1,8 \text{ m/s}$, tool life $t_r = 605$. Maka harga cutting speed untuk carbon steel adalah 6 - 9 m/min (tabel 279, ref.10), diambil $v = 6 \text{ m/min} = 0,1 \text{ m/sec}$.

$$\frac{t}{t_r} = \left(\frac{v_r}{v} \right)^{\frac{1}{n}}$$

dimana harga $n = 0,125$ untuk material tool HSS

$$t = t_r \left(\frac{v_r}{v} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$t = 60 \left(\frac{1,8}{0,1} \right)^{\frac{1}{0,125}}$$

$$t = 6,61 \times 10^{11} \text{ sec}$$

Maching time untuk proses (7.1)

$$t_m = \frac{L_{max}}{v}$$

dimana :

$$L_{max} = 5 + 54 + 5 = 64 \text{ mm} = 0,064 \text{ m}$$

$$v = 0,1 \text{ m/sec} = 6 \text{ m/min}$$

$$t_m = \frac{0,064}{6}$$

$$= 0,011 \text{ min}$$

$$t_m = 0,66 \text{ sec}$$

4.3.2 Menghitung machining time Mesin Bubut

Menurut tabel 275 (ref.10), harga cutting speed $v = 25-50$ m/min dengan material benda kerja carbon steel dan material HSS. Sedang kondisi operasi lainnya, feeding $s = 0,2-0,3$ mm/rev, dept of cut $a = 0,5-2$ mm.

Kondisi operasi yang diambil :

$$v = 25 \text{ m/min}$$

$$s = 0,3 \text{ mm/rev}$$

$$a = 2 \text{ mm}$$

Menghitung tool life untuk proses (7.1)

$$\frac{t}{t_r} = \left[\frac{V_r}{V} \right]^{\frac{1}{n}}$$

untuk tool H55, $n = 0,125$

$$\begin{aligned} t &= t_r \left[\frac{V_r}{V} \right]^{\frac{1}{n}} \\ &= 60 \left[\frac{1,8}{0,42} \right]^{\frac{1}{0,125}} \\ &= 7,28 \times 10^6 \text{ sec} \end{aligned}$$

Menghitung machining time untuk proses (7.1)

$$t_m = \frac{L_{\max}}{S \times n}$$

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d}$$

dimana

d = diameter awal lubang

$d = 36 \text{ mm}$

$$n = \frac{1000 \times 25}{\pi \times 36} = 221,05$$

diambil $n = 220 \text{ rpm}$

maka harga

$$t_m = \frac{0,064}{0,00003 \times 220}$$

$$t_m = 0,97 \text{ min}$$

$$t_m = 58,2 \text{ sec}$$

Menghitung tool life untuk proses (8.1)

Menurut tabel (B 35,1) (ref. 6), untuk material pahat H55 didapat $V = 20 \text{ m/min}$, $a = 7 \text{ mm}$, $s = 1 \text{ mm/rev}$.

$$\frac{t}{t_r} = \left[\frac{V_r}{V} \right]^{\frac{1}{n}}$$

$$\begin{aligned} t &= t_r \left[\frac{V_r}{V} \right]^{\frac{1}{n}} \\ &= 60 \left[\frac{1,8}{0,33} \right]^{\frac{1}{0,125}} \\ &= 4,3 \times 10^7 \text{ sec} \end{aligned}$$

Menghitung machining time untuk proses (8.1)

$$t_m = \frac{L_{\max}}{S \times n}$$

dimana : $L_{\max} = 5 + 5 = 10 \text{ mm}$

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{1000 \times 20}{\pi \times 36} = 176,8 \text{ rpm}$$

diambil $n = 175 \text{ rpm}$

maka harga :

$$t_m = \frac{10}{1 \times 175}$$

$$t_m = 0,057 \text{ min}$$

$$t_m = 3,429 \text{ sec}$$

4.3.3 Menghitung frequensipenggantian tool untuk proses (7.1)
dan (8.1), masing-masing untuk tool broach dan tool bubut

$$N_t (\text{broach}) = \frac{t_m (7.1) \cdot N_b}{t (7.1)}$$

$$= \frac{0,66 \cdot 15000}{6,61 \cdot 10^{11}}$$

$$N_t (\text{broach}) = 1,5 \times 10^{-8} \text{ kali}$$

Melihat kembali ke proses (8.1)

$$N_t (\text{bubut}) = \frac{t_m (8.1) \cdot N_b}{t (8.1)}$$

$$= \frac{3,429 \cdot 15000}{4,34 \cdot 10^7}$$

$$N_t (\text{bubut}) = 1,2 \times 10^{-3} \text{ kali}$$

4.3.4 Menghitung frequensipenggantian tool untuk proses (7.1) dan (8.1), hanya untuk di mesin bubut

$$N_t (\text{bubut}) = \left[\frac{t_m(7.1)}{t(7.1)} + \frac{t_m(8.1)}{t(8.1)} \right] N_b$$

$$= \left[\frac{58,2}{7,28 \cdot 10^6} + \frac{3,429}{4,34 \cdot 10} \right] 15000$$

$$N_t (\text{bubut}) = 8,1 \times 10^{-6} \text{ kali}$$

4.3.5 Menghitung waktu total penggantian tool untuk Bubut dan Broaching

$$t_{ct}(\text{BB}) = (N_t(\text{Broach}) + N_t(\text{Bubut})) t_{ct}$$

$$= (1,5 \cdot 10^{-8} + 1,2 \cdot 10^{-3}) 240$$

$$t_{ct}(\text{BB}) = 0,288$$

4.3.6 Menghitung waktu total penggantian tool untuk Bubut

$$t_{ct}(\text{B}) = N_t(\text{Bubut}) \cdot t_{ct}$$

$$= 8,1 \cdot 10^{-6} \cdot 240$$

$$t_{ct}(\text{B}) = 0,0019 \text{ sec}$$

4.3.7 Menghitung waktu produksi total untuk Bubut dan Broaching

$$t_{pr}(\text{Total})_{\text{BB}} = N_b \left[t_l + t_m + \left(\frac{N_t}{N_b} \right) t_{ct} \right]_{(7.1)} + t_t +$$

$$N_b \left[t_1 + t_m + \left(\frac{N_t}{N_b} \right) t_{ct} \right]_{(8.1)}$$

$$= N_b(t_1 + t_m)(7.1) + t_t + N_b(t_1 + t_m)(8.1) \\ + \left[(N_t \cdot t_{ct})(7.1) + (N_t \cdot t_{ct})(8.1) \right]$$

$$= N_b(t_1 + t_m)(7.1) + t_t + N_b(t_1 + t_m)(8.1) \\ + t_{ct}(BB) \\ = 15000 \left[(50,4 + 90 + 50,4) + 0,66 \right]_{(7.1)} + 900$$

$$+ 15000 \left[(50,4 + 90 + 50,4) + 3,429 \right]_{(8.1)} + 0,288$$

$$tpr(\text{total})_{BB} = 6002235,2 \quad \text{sec}$$

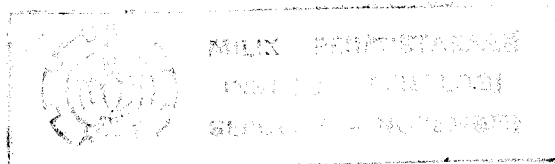
$$tpr(\text{total})_{BB} = 1667,288 \quad \text{h}$$

$$tpr(BB)/\text{piece} = \frac{tpr(\text{total})_{BB}}{N_b} = \frac{1667,288 \text{ h}}{15000}$$

$$tpr(BB)/\text{piece} = 0,111 \text{ h}$$

4.3.8 Menghitung waktu produksi total untuk Bubut

Jika melihat kembali lintasan operasi proses pada gambar (B) dihalaman sebelumnya, bahwa set up tool terjadi dua kali, yaitu masing-masing untuk proses (7.1) dan (8.1). Dengan demikian harga t_1 menjadi :



$$t_1 = t_1 + t_s + t_s + t_2$$

maka:

$$\text{tpr}(\text{total})_B = N_b \left[t_1 + t_m + \left(\frac{N_t}{N_b} \right) t_{ct} \right] \quad (7.1), (8.1)$$

$$= N_b \left[(50,4 + 90 + 90 + 50,4) + \right.$$

$$\left. (58,2 + 3,429) + \left(\frac{N_t}{N_b} \right) t_{ct} \right]$$

$$= \left[N_b (288) + N_b (61,629) + (N_t \cdot t_{ct})_B \right]$$

$$= \left[N_b (288) + N_b (61,629) + t_{ct}(B) \right]$$

$$= 15000 (288) + 15000 (61,629) + 0,0019$$

$$\text{tpr}(\text{total})_B = 5244435 \text{ sec}$$

$$\text{tpr}(\text{total})_B = 15,788$$

$$\text{tpr}(B)/\text{piece} = \frac{\text{tpr}(\text{total})_B}{N_b} = \frac{1456,788}{15000}$$

$$\text{tpr}(B)/\text{piece} = 0,097 \text{ h}$$

4.3.9 Menghitung Laju Produksi

$$R_p = \frac{1}{t_{pr}}$$

maka :

$$R_p(BB) = \frac{1}{tpr(BB)/piece} = \frac{1}{0,111}$$

$$R_p(BB) = 9 \text{ piece/h}$$

$$R_p(B) = \frac{1}{tpr(B)/piece} = \frac{1}{0,097}$$

$$R_p(B) = 10,31 \text{ piece/h}$$

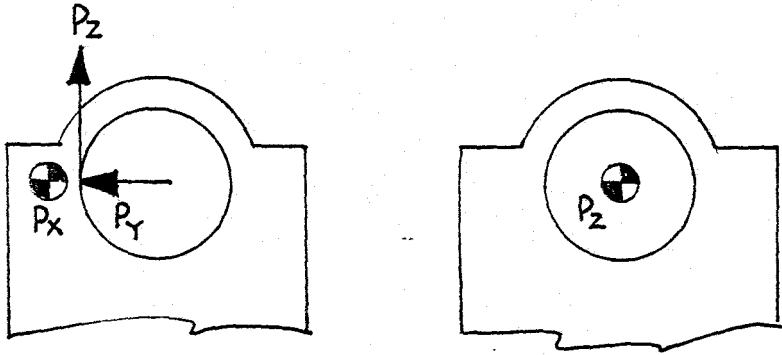
Dengan demikian alternative jawab untuk melaksanakan proses (7.1) dan (8.1) adalah hanya pada mesin bubut

Sebelum melakukan pemilihan mesin untuk proses (9.2) dan (9.3), maka terlebih dahulu kita lihat kembali geometri benda kerja yang menjalani proses tersebut diatas.

Selanjutnya yang dijadikan pertimbangan pemilihan adalah seberapa besar gaya pemotongan yang terjadi. Karena gaya pemotongan yang relative besar, akan membawa pengaruh deformasi terhadap benda kerja selama operasi.

Benda kerja yang mengalami deformasi selama operasi cutting akan mengakibatkan penyimpangan ukuran dan geometri produk. Hal ini yang sebenarnya justru dihindari.

Pada gambar dibawah diperlihatkan kondisi gaya pemotongan yang terjadi pada benda kerja.



operasi Bubut

operasi Broaching

dimana :

P_z = gaya potong

P_x = gaya feeding dengan arah menuju bidang gambar

P_y = gaya radial

4.3.10 Perhitungan gaya potong untuk operasi Bubut

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$P_z = K_s \cdot A$$

dimana :

P_z = gaya potong (N)

K_s = gaya potong spesifik (N/mm^2)

A = Penampang geram sebelum terpotong.

$A = b \cdot h$

$$b = \frac{a}{\sin Kr} \quad , \quad h = f \cdot \sin Kr$$

atau

$$A = a \cdot f$$

dimana

a = kedalaman potong (mm)

f = gerak makan (mm/rev)

$$K_s = K_{s11} \cdot h^{-Z}$$

dimana :

K_{s11} = tahanan potong spesifik material untuk lebar geram
(b) dan tebal geram (h), masing-masing =
1 mm untuk sudut potong utama K_r tertentu (90°)

h = tebal geram sebelum terpotong (mm)

Z = pangkat tebal geram, rata-rata berharga = 0,2

$$K_{s11} = 144 \tau_u^{0,37}$$

$$\tau_u = 2,93 \text{ HB}^{1,03}$$

dimana :

τ_u = kekuatan tarik material benda kerja

HB = kekerasan material benda kerja

Dalam hal ini benda kerja diperkirakan mempunyai HB = 205.

maka :

$$\tau_u = 2,93 (205)^{1,03}$$

$$\tau_u = 704,65 \text{ N/mm}^2$$

$$K_{s11} = 144 (704,65)^{0,37}$$

$$K_{s11} = 1629,72 \text{ N/mm}^2$$

$$K_s = K_{s11} \cdot h^{-z} \longrightarrow h = 0,3 \text{ mm}$$

$$K_s = (1629,72)(0,3)^{-0,2}$$

$$K_s = 2073 \text{ N/mm}^2$$

$$P_z = K_s \cdot A = K_s \cdot a \cdot f \longrightarrow a = 2 \text{ mm}, f = 0,13 \text{ mm/rev}$$

$$P_z = (2073)(2)(0,3)$$

$$P_z = 1243,8 \text{ N}$$

Hubungan antara P_z dan P_x adalah sebagai berikut :

$$P_x = (0,3 \div 0,4)P_z$$

diambil

$$P_x = 0,35 P_z$$

$$P_x = 0,35 (1243,8)$$

$$P_x = 435,33 \text{ N}$$

4.3.11 Perhitungan gaya potong untuk operasi Broaching

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$P_z = K_s (\pi d z) (S_z)$$

dimana :

$$P_z = \text{Gaya pemotongan (N)}$$

$$K_s = \text{Gaya potong spesifik (N/mm}^2\text{)}$$

$$d = \text{diameter broach (mm)}$$

$$z = \text{jumlah gigi yang kontak pada bidang pengerjaan}$$

$$S_z = \text{rise per gigi (mm)}$$

$$Z = \frac{L_{\max}}{P}$$

dimana :

L_{max} = panjang pengerjaan (in)

P = pitch gigi broach (in)

$$P = 0,35 \sqrt{L_{max}}$$

Dalam hal ini :

$$d = 32 \text{ mm}$$

$$S_z = 0,075 \text{ mm}$$

$$L_{max} = 17 \text{ mm} = 0,67 \text{ in}$$

maka :

$$P = 0,35 \sqrt{0,67}$$

$$P = 0,287 \text{ in}$$

$$Z = \frac{0,67}{0,287}$$

$$Z = 2,3 \text{ gigi}$$

$$Z_{min} = 2 \text{ gigi}$$

$$Z_{max} = 3 \text{ gigi}$$

$$P_z = (2073)(\pi \cdot 32 \cdot 2)(0,075)$$

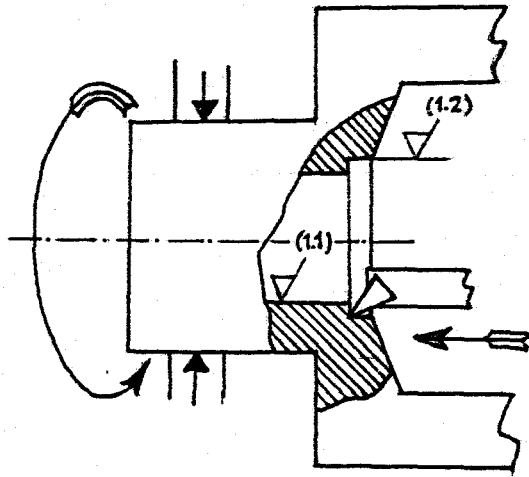
$$P_z = 31260 \text{ N}$$

Dari perhitungan gaya pemotongan tampak jelas, bahwa gaya pemotongan yang terjadi pada operasi broaching jauh lebih besar jika dibandingkan dengan gaya pemotongan pada operasi Bubut.

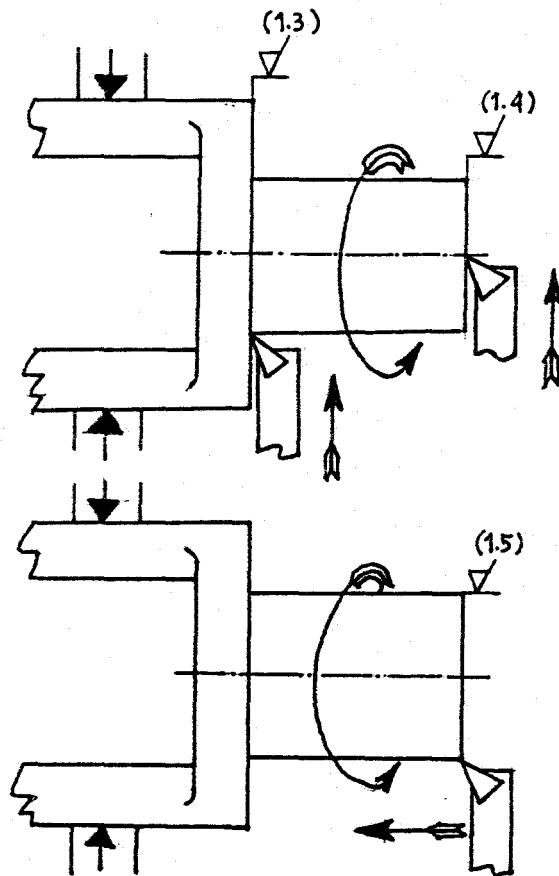
Dengan demikian mesin yang dipilih untuk melaksanakan operasi proses (9.2) dan (9.3) adalah mesin bubut. Sedangkan untuk proses (9.1), penggunaan mesin broaching adalah merupakan pilihan tunggal, yaitu untuk pengerjaan spline untuk diameter dalam.

4.4. OPERASI PEMESINAN

Proses flow chart yang terpilih untuk proses pemesinan universal joint yoke, adalah merupakan hasil study alternatif yang telah dibahas sebelumnya. Untuk memperjelas proses flow chart itu sendiri dalam pelaksanaan pemesinan, maka dipandang perlu untuk membuat tabel operasi pemesinan. Pada gambar operasi pemesinan diperlihatkan bagaimana benda kerja harus dimasining pada tiap-tiap proses seperti yang terdapat pada proses flow chart. Untuk lebih memperoleh gambaran, maka dapat dilihat pada gambar operasi pemesinan berikut :

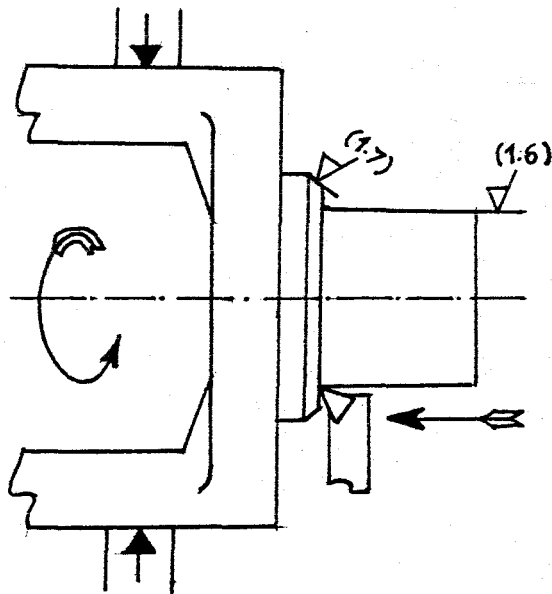


No. Proses	: (1.1) , (1.2)	No. Bagian	:
Mesin	: Engine Lathe	Material	: c 1040
Tool	: Internal Turning Tool	Fixture	: Three Jaws Chuck
Nama	UNIVERSAL JOINT YOKE		
Diskripsi	:		
	- Cekam benda kerja pada fixture		
	- Melakukan internal turning untuk (1.1), $\phi 36 \times 54$		
	- Melakukan internal turning untuk (1.2), $\phi 50 \times 5$		

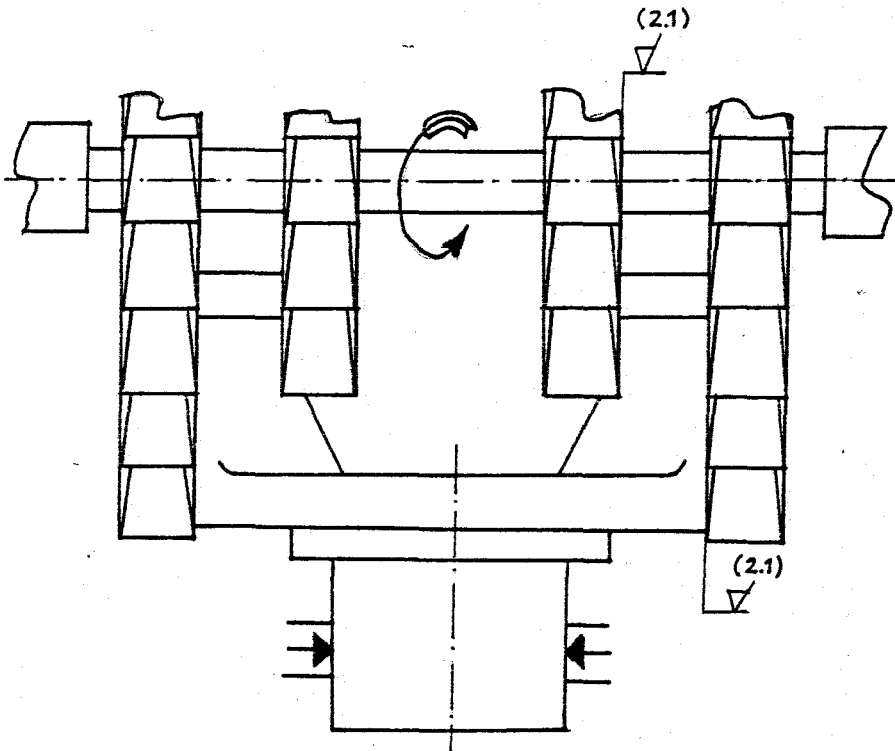


No. Proses	: (1.3) , (1.4) , (1.5)	No. Bagian	:
Mesin	: Engine Lathe	Material	: c 1040
Tool	:	Fixture	: J dan F-I

Nama	UNIVERSAL JOINT YOKE		
Diskripsi	:	- Cekam benda kerja pada fixture mesin (Three Jaws Chuck) - Pasang benda kerja pada J dan F-I - Melakukan Facing untuk (1.3) - Melakukan Facing untuk (1.4) - Melakukan Turning untuk (1.5), ϕ 66 x 47	

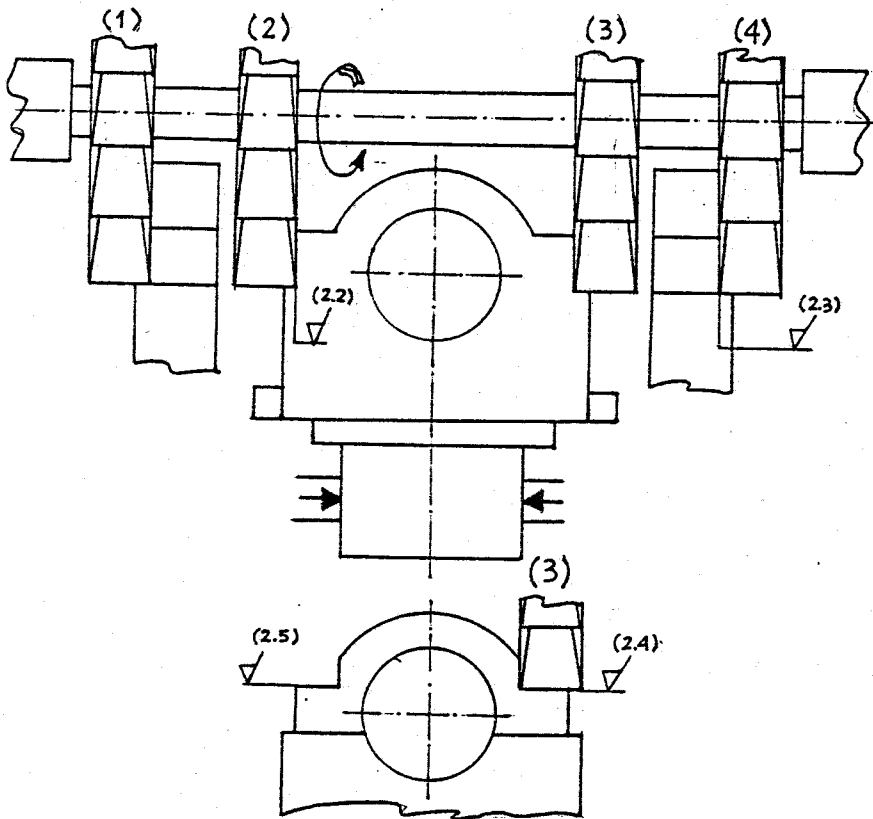


No. Proses	: (1.6) , (1.7)	No. Bagian	:
Mesin	: Engine Lathe	Material	: c 1040
Tool	: External Turning Tool	Fixture	: J dan F-I
Nama	UNIVERSAL JOINT YOKE		
Diskripsi	:		
	- Posisi benda kerja seperti pada (1.5)		
	- Melakukan turning untuk (1.6), ϕ 52 x 40		
	- Melakukan chamfering untuk (1.7), 2 x 45° x ϕ 66		



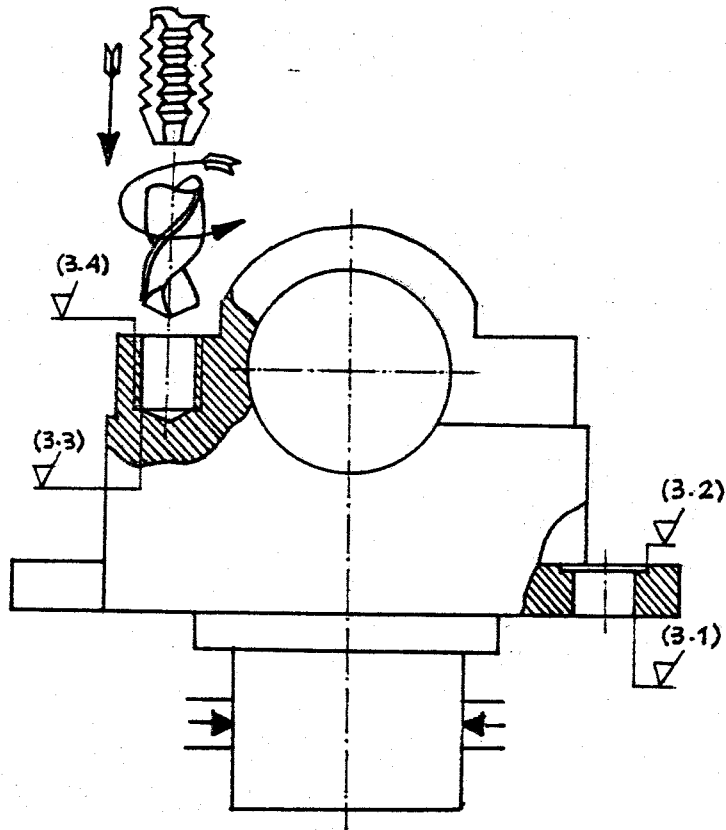
No. Proses	: (2.1)	No. Bagian	:
Mesin	: Horizontal Milling	Material	: c 1040
Tool	: Gang Milling Cutter	Fixture	: J dan F-II

Nama	UNIVERSAL JOINT YOKE		
Diskripsi	- Pasang J dan F-II pada table - Pasang benda kerja pada J dan F-II, seperti pada gambar - Melakukan Gang Milling (2.1) - Arah feeding tegak lurus bidang gambar		



No. Proses	: (2.2), (2.3), (2.4), (2.5)	No. Bagian	:
Mesin	: Horizontal Milling	Material	: c 1040
Tool	: Straddle Milling Cutter	Fixture	: J dan F-II

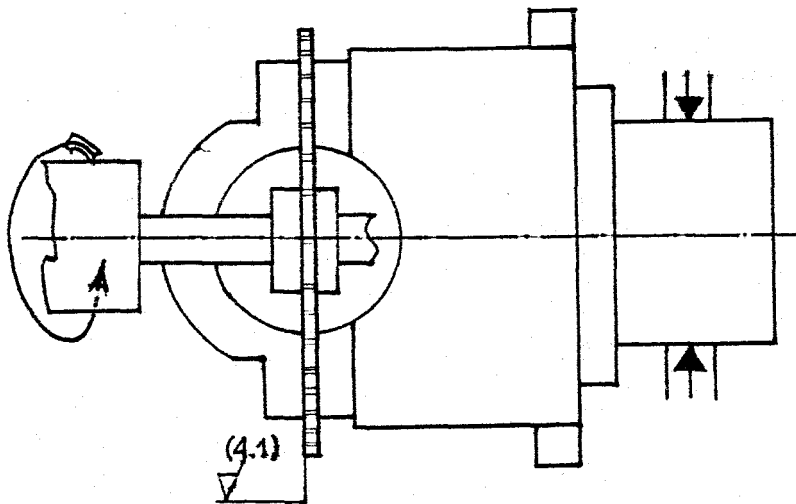
Nama	UNIVERSAL JOINT YOKE
Diskripsi	: - Posisi benda kerja seperti pada (2.1) - Melakukan feeding untuk (2.2) - Memutar benda kerja melalui Indexing device (90°) - Melakukan feeding untuk (2.3) - Set Up bearing C&P pada tool (3), dan feeding untuk (2.4) - Memutar benda kerja (180°), dan feeding untuk sisi berikutnya



No. Proses	: (3.1), (3.2), (3.3), (3.4)	No. Bagian	:
Mesin	: Drill Press	Material	: c 1040
Tool	: Twist Drill, Tap, Counter Bore	Fixture	: J dan F-III

Nama	UNIVERSAL JOINT YOKE
------	----------------------

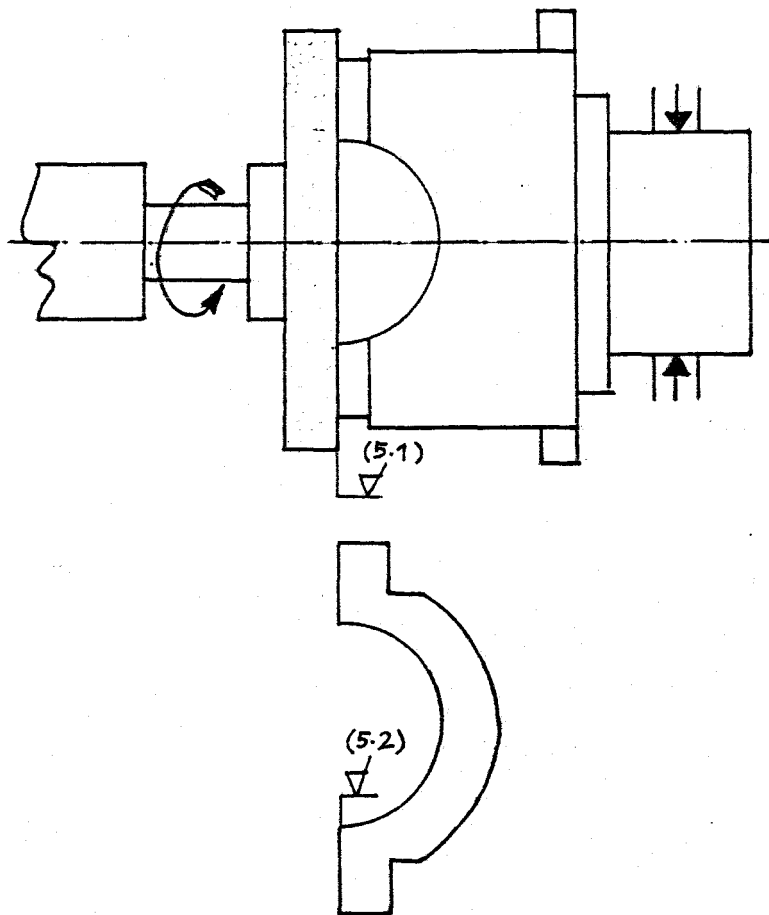
Diskripsi	:
	- Drill ϕ 10 x 7 , 4 kali
	- CounterBore ϕ 20 x 1 , 4 kali
	- Drill ϕ 9 x 20 , 4 kali
	- Tap 20 x M10 x 1,5 , 4 kali



No. Proses	: (4.1)	No. Bagian	:
Mesin	: Horizontal Milling	Material	: c 1040
Tool	: Slitting Saw	Fixture	: J dan F-IV

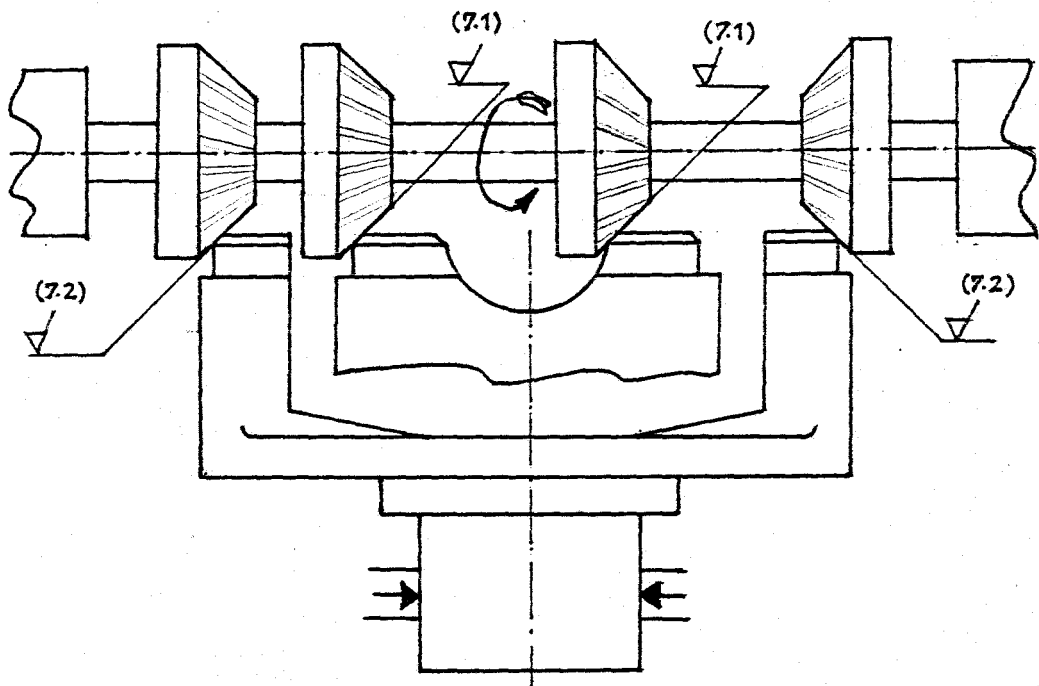
Nama	UNIVERSAL JOINT YOKE
------	----------------------

Diskripsi	: - Pasang J dan F-IV pada Vise Jaws - Pasang benda kerja pada J dan F-IV - Melakukan seting tool - Melakukan feeding untuk (4.1), 4 x (15 x 17)
-----------	--

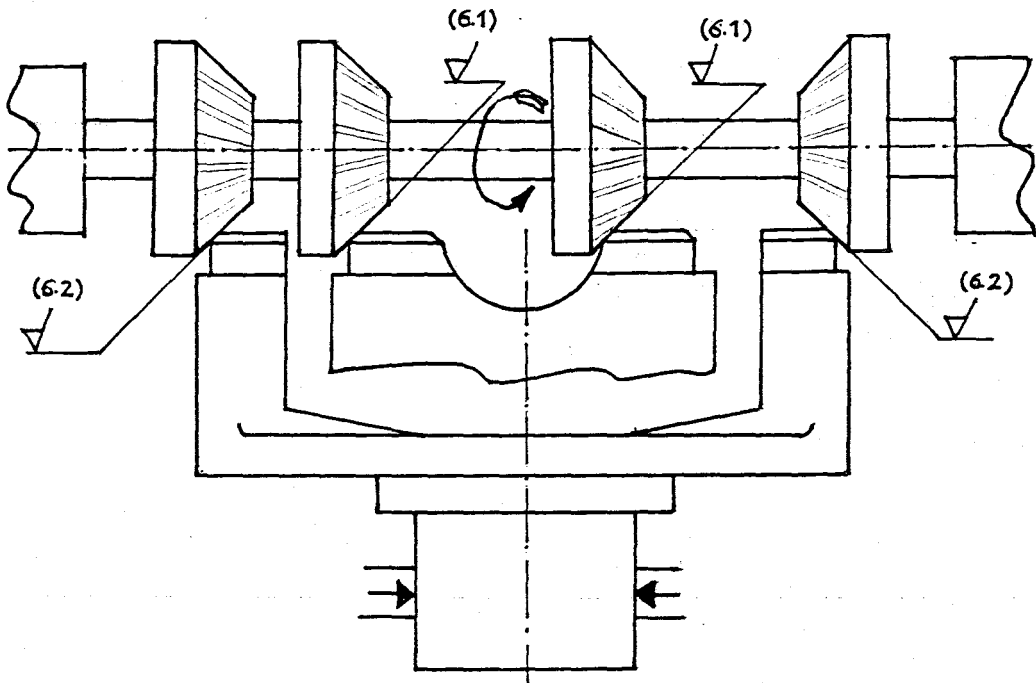


No. Proses	: (5.1) , (5.2)	No. Bagian	:
Mesin	: Grinder	Material	: c 1040
Tool	:	Fixture	: J dan F-IV serta J dan F-V

Nama	UNIVERSAL JOINT YOKE		
Diskripsi	- Pasang J dan F-IV pada Vise Jaws - Pasang benda kerja pada J dan F-IV - Melakukan feeding untuk (5.1), 4 x (13 x 15) - Pasang J dan F-V pada table mesin - Pasang benda kerja pada J dan F-V - Melakukan feeding untuk (5.2), 4 x (13 x 15)		



No. Proses	: (7.1) , (7.2)	No. Bagian	:
Mesin	: Horizontal Milling	Material	: c 1040
Tool	: Straddle Angular Milling Cutter	Fixture	: J dan F-II
Nama	UNIVERSAL JOINT YOKE		
Diskripsi	- Posisi benda kerja seperti pada (2.5) - Melakukan feeding (7.1) sisi kiri - Memutar benda kerja 90° searah jarum jam - Melakukan feeding (7.2) - Memutar benda kerja 90° searah jarum jam - Melakukan feeding (7.1) sisi kanan		

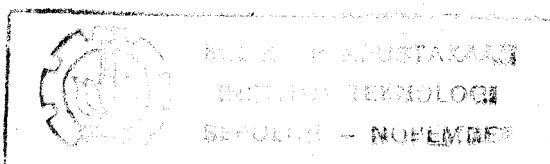


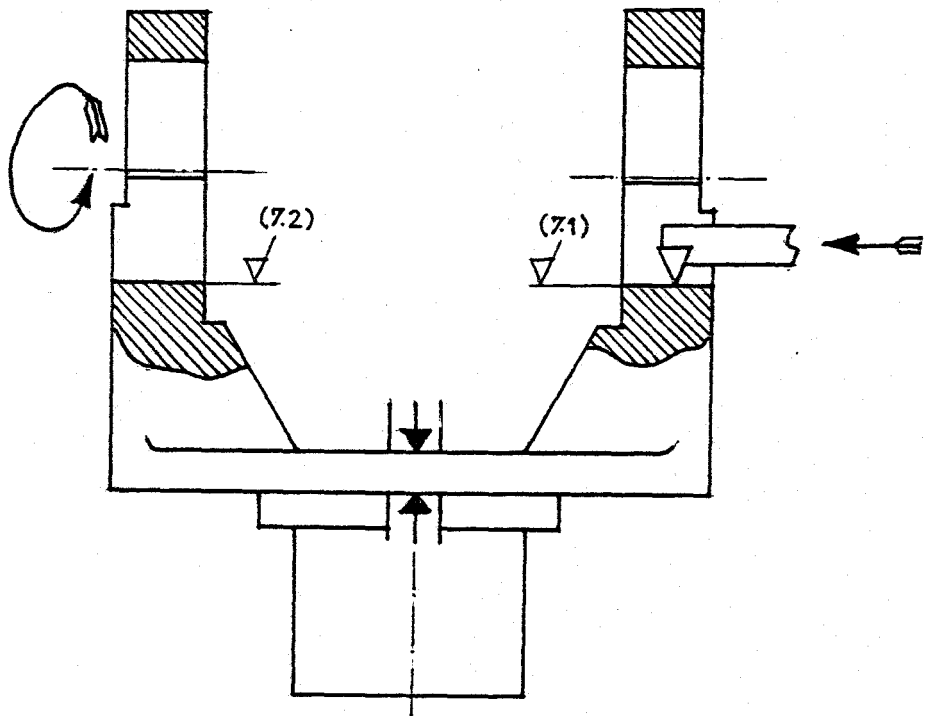
No. Proses	: (6.1) , (6.2)	No. Bagian	:
Mesin	: Horizontal Milling	Material	: c 1040
Tool	: Straddle Angular Milling Cutter	Fixture	: J dan F-II

Nama	UNIVERSAL JOINT YOKE
------	----------------------

Diskripsi :

- Posisi benda kerja seperti pada (2.5)
- Melakukan feeding (6.1) sisi kiri
- Memutar benda kerja 90° searah jarum jam
- Melakukan feeding (6.2)
- Memutar benda kerja 90° searah jarum jam
- Melakukan feeding (6.1) sisi kanan

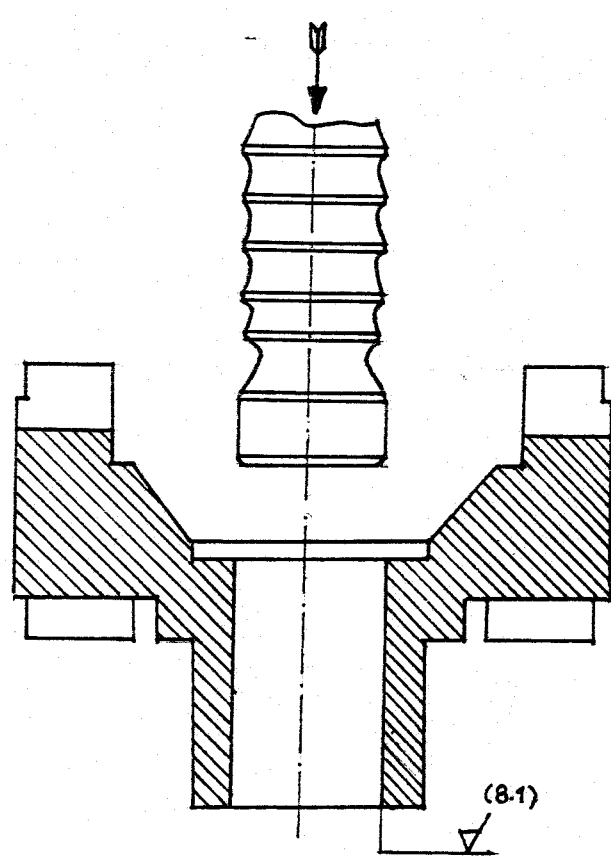




No. Proses	: (7.1) , (7.2)	No. Bagian	:
Mesin	: Engine Lathe	Material	: c 1040
Tool	: Internal turning tool	Fixture	: J dan F-IV

Nama	UNIVERSAL JOINT YOKE
------	----------------------

Diskripsi	: - Pasang J dan F-IV pada face plate - Pasang benda kerja pada J dan F-VI - Melakukan feeding untuk (7.1) - Melakukan feeding untuk (7.2)
-----------	--



No.Proses	: (8.1)	No. Bagian	:
Mesin	: Broaching	Material	: c 1040
Tool	: Spline Broach	Fixture	:J dan F-VII
Nama	UNIVERSAL JOINT YOKE		
Diskripsi	:		
	- Pasang J dan F-VII pada table		
	- Pasang benda kerja pada J dan F-VII		
	- Lakukan feeding untuk (8.1)		

B A B V

PERENCANAAN JIG DAN FIXTURE

Di dalam perencanaan bentuk Jig & Fixture untuk pemesinan universal joint yoke, hal yang patut dijadikan pertimbangan utama adalah pengaruh arah gaya pemotongan terhadap keseimbangan benda kerja.

Dengan mengetahui arah gaya pemotongan yang terjadi selama operasi pemesinan, maka dapat dianalisa sejauh mana pengaruhnya terhadap stabilitas benda kerja. Atas dasar analisa tersebut akan didapat ide tentang Jig & Fixture yang memadai untuk mengantisipasi pengaruh arah gaya pemotongan tersebut.

Analisa produk dan analisa proses yang telah penulis bahas pada bab sebelumnya adalah juga merupakan informasi yang penting didalam mewujudkan perencanaan Jig & Fixture ini. Didalam menentukan bentuk Jig & Fixture yang sesuai dengan proses pemesinan, sangat tergantung pada kompleksitas bentuk benda kerja. Namun penulis akan berusaha semaksimal mungkin untuk merencanakan bentuk Jig & Fixture yang sederhana.

Mengingat bahwa proses pemesinan untuk produk universal joint yoke relatif banyak, maka tentunya dibutuhkan Jig & Fixture sebanyak jumlah prosesnya. Tetapi bukan berarti menutup kemungkinan, bahwa Jig & Fixture yang satu bisa digunakan untuk proses pemesinan yang lain.

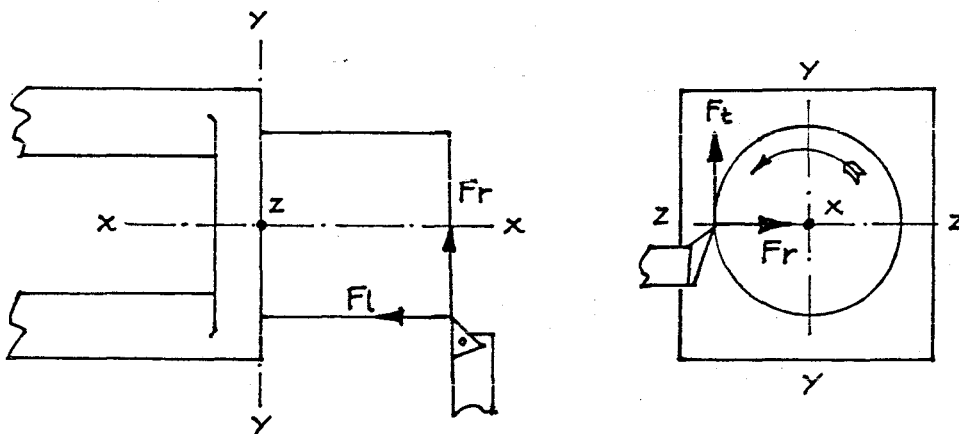
5.1 Perencanaan Jig dan Fixture - I

Jig & Fixture ini digunakan untuk operasi bubut. Oleh karena itu Jig & Fixture ini diisyaratkan, harus mampu mengendalikan posisi benda kerja, yaitu dimana pusat sumbunya sepusat dengan sumbu spindle mesin. Kemudian keharusan yang lainnya adalah kemampuannya didalam menjamin stabilitas benda kerja selama operasi pemesinan.

5.1.1 Analisa Pengaruh Arah Gaya Pemotongan pada Benda Kerja untuk Operasi Bubut

Sebelum merencanakan bentuk Jig & Fixture yang diminta, informasi tentang arah-arah gaya pemotongan yang terjadi selama proses pemotongan adalah merupakan titik tolak/pijakan awal dalam mewujudkan Jig & Fixture yang sesuai proses pemesinan.

Berkaitan dengan Jig & Fixture-I yang digunakan pada mesin bubut, maka arah-arah gaya pemotongan dapat dilihat pada gambar berikut :



dimana :

F_l = Gaya feeding

F_r = Gaya radial

F_t = Gaya tangensial

Dengan kondisi arah gaya seperti pada gambar tersebut di atas, maka gaya F_l akan mengakibatkan benda kerja tidak seimbang, sehingga akan terjadi pergerakan benda kerja sesuai dengan arah gaya F_l . Sedangkan untuk F_t dan F_r , akan mengakibatkan benda kerja berotasi, masing-masing terhadap sumbu (X-X) dan sumbu (Y-Y). Pada hal selama proses pemesinan benda kerja dituntut dalam kondisi yang stabil, serta mempunyai posisi yang sepusat dengan sumbu spindle mesin. Hal ini dimaksudkan agar benda kerja/produk yang dihasilkan memenuhi spesifikasinya.

5.1.2 Langkah - langkah Perencanaan Jig & Fixture-I

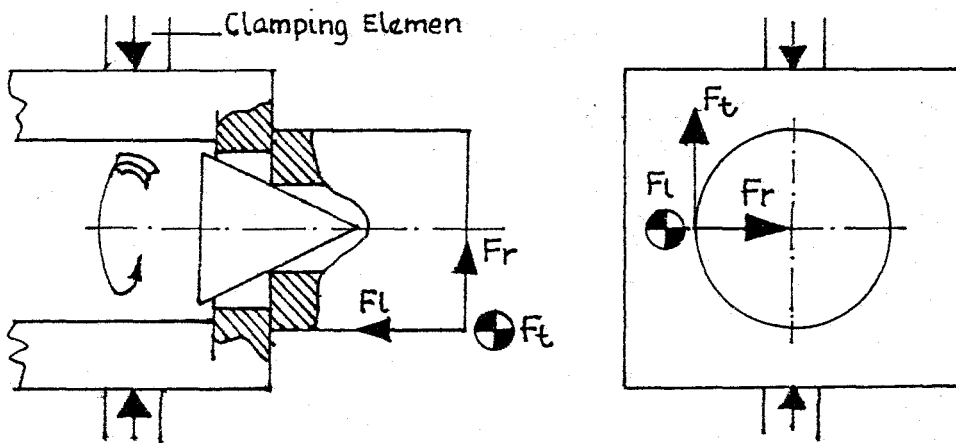
Didalam perencanaan Jig & Fixture ini tindakan yang pertama kali diambil adalah merencanakan Jig & Fixture yang bisa dipasang pada three jaws chuck, sehingga sumbu Jig & Fixture sepusat dengan sumbu spindle mesin.

Kemudian memasang conical locator (conical contering) di pusat sumbu Jig & Fixture. Dengan demikian untuk memposisikan benda kerja agar sepusat dengan sumbu spindle mesin, maka benda kerja harus diletakkan pada conical centering.

Dengan adanya conical centering tersebut, sekaligus kita akan menciptakan keseimbangan linier pada benda kerja, yaitu untuk

mengantisipasi gerakan linier yang diakibatkan oleh gaya F_t . Dan satu manfaat lagi yang kita peroleh dengan adanya conical centering tersebut adalah mampu memberikan keseimbangan rotasional, yaitu untuk mengantisipasi gerak rotasi benda kerja yang disebabkan oleh gaya F_r .

Selanjutnya untuk mengantisipasi gerak rotasi benda kerja yang disebabkan gaya F_t , maka bagian flat dari benda kerja harus disekam oleh elemen Jig & Fixture yang lain. Dengan demikian keberadaan benda kerja pada Jig & Fixture menjadi cukup kokoh selama proses pemesinan.



Dengan demikian secara global penulis sudah memperoleh suatu gambaran bentuk Jig & Fixture-I.

Adapun gambaran kasarnya, adalah Jig & Fixture ini, di bagian pusatnya diletakkan/dipasang sebuah conical centering (conical locator), dan dibagian yang lain dilengkapi dengan chucks yang berfungsi untuk mencekam/memberikan gaya clamping pada benda kerja. Dimana chucks tersebut, bekerja secara serempak menuju pusat sumbu. Nantinya gerakan kedua chucks ini diatur oleh proses

berulir yang berpasangan dengan ulir dalam yang ada pada bagian bawah chucks. Pada proses ulir tersebut mempunyai dua jenis ulir, yaitu ulir kanan dan ulir kiri, masing-masing untuk berpasangan dengan tiap-tiap chuck. Dengan demikian pada saat dilakukan pencekaman/penjepitan benda kerja, kedua chuck tidak bergerak dengan arah yang berbeda, dengan kata lain kedua chuck tersebut bergerak secara serempak, baik menuju maupun menjauhi pusat sumbu Jig & Fixture.

Untuk memperoleh gambaran lebih komplit dapat dilihat pada gambar terlampir.

5.2 Perencanaan Jig dan Fixture - II

Jig & Fixture-II untuk proses pemesinan universal joint yoke adalah digunakan untuk operasi milling. Jika kita melihat kembali gambar operasi pemesinan untuk operasi milling di bab sebelumnya, kita akan memperoleh informasi tentang bagaimana seharusnya benda kerja ditempatkan didalam Jig & Fixture.

Tuntutan peletakan benda kerja tersebut di dalam Jig & Fixture, adalah bahwa posisi benda kerja harus tegak lurus terhadap bidang meja mesin, serta sisi-sisi benda kerja yang akan dikerjakan pada operasi milling ini, harus bidang yang sejajar terhadap sisi tool.

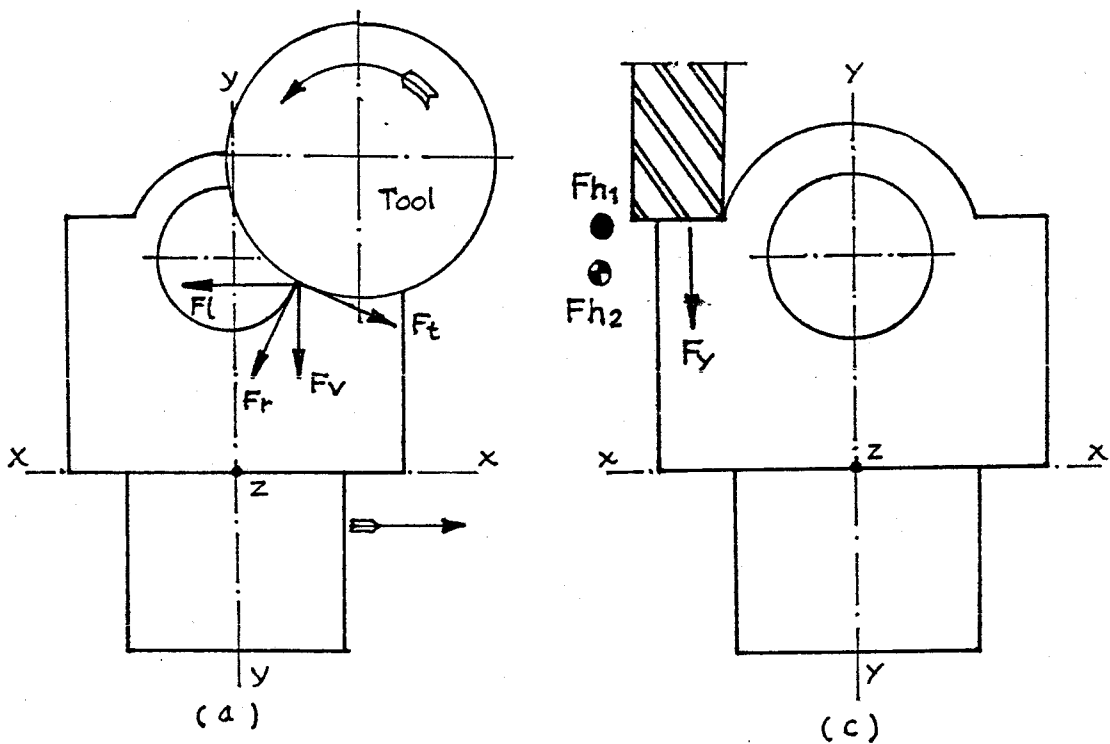
Mengingat bahwa pada operasi milling tersebut menggunakan Gang milling, maka bisa dipahami bahwa gaya-gaya pemotongan yang terjadi relatif besar. Untuk itu Jig & Fixture yang direncanakan harus cukup rigid terhadap pengaruh gaya pemotongan tersebut. Hal

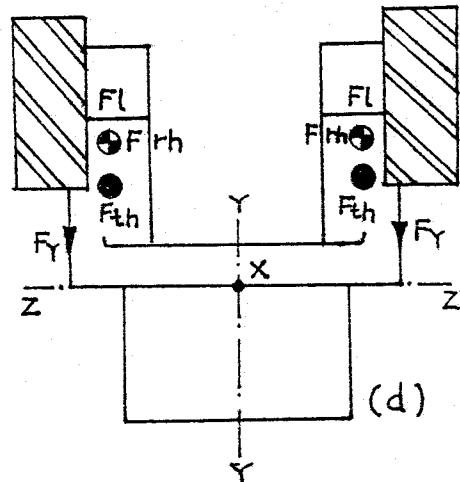
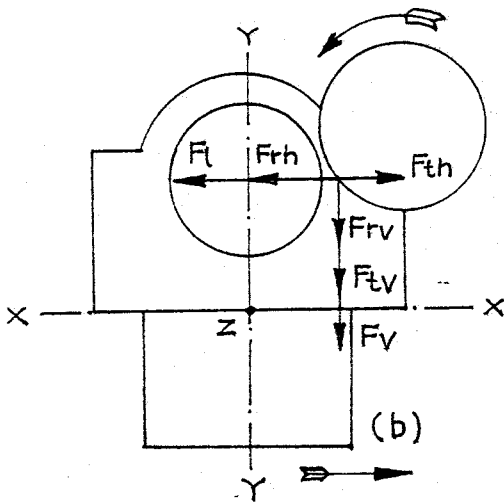
yang penting lagi, adalah bahwa bentuk Jig & Fixture yang direncanakan mampu mengantisipasi pengaruh gaya pemotongan tersebut, sehingga stabilitas benda kerja selama operasi dapat dicapai.

Karena banyaknya bagian benda kerja yang harus dikerjakan dengan operasi milling, maka untuk mengefesiesikan operasi, dipandang perlu untuk melengkapi Jig & Fixture dengan indexing device.

5.2.1 Analisa Pengaruh Arah Gaya Pemotongan pada Benda Kerja untuk Operasi Milling

Arah-arrah gaya pemotongan yang terjadi pada operasi milling dapat dilihat pada gambar berikut :





dimana :

F_l = gaya feeding

F_{rh} = gaya komponen F_r
horizontal

F_{th} = gaya komponen F_t
horizontal

F_r = gaya radial

$F_{h1} = F_{th}$

$F_y = F_{rv} + F_{tv} + F_v$

F_v = gaya vertikal

F_{rv} = gaya komponen F_r
vertikal

F_{tv} = gaya komponen F_t
vertikal

F_t = gaya tangensial

$F_{h2} = F_l + F_{rh}$

$\Rightarrow \rightarrow$ = Arah feeding

Dengan melihat arah-arrah gaya pemotongan yang terjadi pada operasi milling tersebut, maka dapat dianalisa bagaimana pengaruh gaya-gaya tersebut terhadap benda kerja.

Gaya tangensial (F_t) dan gaya radial (F_r) yang terjadi dapat diuraikan menjadi komponen gaya F_{tv} dan F_{th} , dan F_{rv} dan F_{rh} . Selanjutnya gaya-gaya horizontal dengan arah sama (F_{rh} dan F_l) dinyatakan sebagai gaya F_{h2} dengan arah ke kiri, sedang untuk gaya F_{th} dinyatakan sebagai gaya F_{h1} , dengan arah ke kanan. Selanjutnya untuk gaya-gaya yang berarah ke bawah (F_{rv} , F_{tv} , F_v)

dinyatakan sebagai gaya F_y .

Gaya F_{hz} akan mengakibatkan benda kerja tidak seimbang secara linier dan secara rotasional. Dengan kata lain benda kerja akan bergerak linier sesuai arah F_{h1} , dan berotasi terhadap sumbu (Z-Z) dengan arah berlawanan arah jarum jam. Sedangkan gaya F_{h1} mempunyai pengaruh yang sama dengan gaya F_{hz} , hanya saja arah dari pada pergerakan linier benda kerja berlawanan arahnya yaitu sesuai dengan arah F_{h1} . Demikian pula arah rotasi benda kerja, yang disebabkan oleh gaya F_{h1} (sesuai arah jarum jam).

Selanjutnya untuk gaya F_y , akan mengakibatkan pergerakan linier pada benda kerja kearah vertikal ke bawah yaitu sesuai arah F_y . Gaya F_y ini juga akan mengakibatkan benda kerja berotasi terhadap sumbu (Z-Z) dengan arah sesuai arah jarum jam.

Pengaruh gaya-gaya pemotongan tersebut di atas, khususnya terjadi pada proses (2.1), (2.2), (2.3) dan (6.2).

Untuk proses (2.4) dan (6.1) pengaruh gaya F_{h1} , F_{hz} dan F_y sama seperti dengan proses sebelumnya, hanya saja gaya F_{h1} dan F_{hz} akan mengakibatkan benda kerja berotasi terhadap sumbu (Y-Y), masing-masing dengan arah yang saling berlawanan.

Untuk itu pada operasi milling ini dibutuhkan Jig & Fixture yang mampu memberikan keseimbangan linier maupun rotasional pada benda kerja, dan juga bagaimana mengatur peletakan benda kerja agar sesuai dengan yang dikehendaki bisa dicapai.

5.2.2 Langkah - Langkah Perencanaan Jig dan Fixture - II

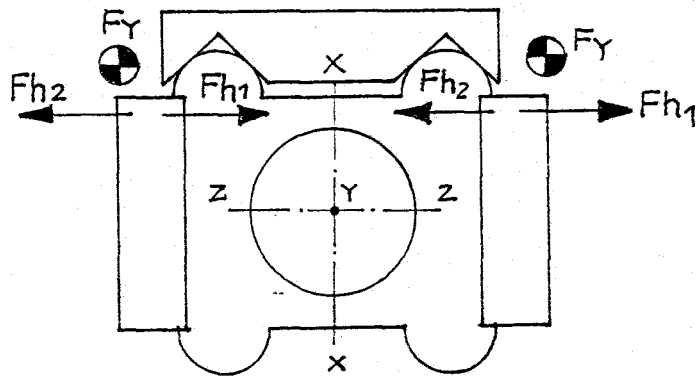
Didalam perencanaan Jig & Fixture ini, yang menjadi awal langkah bertindak adalah bagaimana mengatur peletakan benda kerjanya. Sesuai dengan tuntutan operasi, dimana posisi benda kerja harus tegak lurus bidang meja mesin / base fixture, maka penulis merencanakan bidang peletakan benda kerja adalah bagian flat yang berhubungan dengan bagian silindrisnya.

Karena bagian flat ini sudah dikerjakan sebelumnya, maka ia harus ditumpukan flat locator. Sedangkan bagian silindrisnya, diapit pada dua buah v-blok. Dimana v-blok yang satu adalah tetap, sedang yang lain dapat digerakan secara linier.

Dengan pengaturan peletakan benda kerja seperti tersebut di atas, berarti kita telah mengatisipasi pengaruh pergerakan linier dan rotasional benda kerjaa

Flat locator akan mengatisipasi gerakan linier benda kerja kearah vertikal, yang diakibatkan oleh pengaruh gaya F_y . sedang dua v-blok mengapit, akan mengatipasi gerakan rotasional terhadap sumbu (Z-Z), baik yang disebabkan oleh pengaruh gaya F_{h1} , F_{h2} dan F_y .

Untuk mengatur posisi benda kerja agar sisi flatnya sejajar dengan sisi tool, maka penulis merencanakan bagian benda kerja yang mempunyai bentuk radius (lihat gambar) sebagai pengendali posisi ini. Dimana bagian benda kerja dengan bentukan radius tersebut berpasangan dengan v-block locator.



Dengan penempatan v-blok locator tersebut, pengaruh gaya F_{h1} dan F_{h2} yang mengakibatkan pergerakan rotasional pada benda kerja terhadap sumbu (Y-Y) dapat diantisipasi. Dengan demikian benda kerja di dalam Jig & Fixture ini ada dalam keseimbangan linier maupun rotasional. Namun untuk menjamin kekokohan benda kerja tersebut, penulis akan memanfaatkan v-blok yang dapat digerakan sebagai elemen clamping juga.

Dengan demikian gambaran kasar dari Jig & Fixture-II adalah terdiri dari empat buah base locator, dua buah v-blok yang berpasangan, v-blok yang satu tetap ditempatnya, yang satunya lagi dapat digerakkan secara linier dengan sistim ulir, dan v-blok ini dibagian bawahnya terdapat ulir dalam yang berpasang dengan slip screw. Apabila slip screw ini diputar searah jarum jam, v-blok ini akan bergerak dan kontak dengan bagian silindris benda kerja untuk mencekam bagian tersebut dengan kokoh.

Sedang untuk mengendalikan posisi benda kerja sesuai dengan yang diminta, maka v-blok locator dipasang pada Jig & Fixture ini untuk berpasangan dengan bagian benda kerja yang mempunyai bentukan radius (seperti pada gambar sebelumnya).

Untuk melengkapi Jig & Fixture ini dengan indexing device, maka Jig & Fixture ini harus dibagi menjadi dua besar, dimana salah satunya bisa bergerak relatif terhadap yang lain (gerak rotasi).

Oleh karena itu dibagian Jig & Fixture yang tetap dibuatkan indexing hole yang berpasangan indexing lock plunger yang ada pada bagian Jig & Fixture yang bergerak.

Untuk memperoleh gambaran lebih komplit dari Jig & Fixture ini dapat dilihat pada gambar terlampir.

5.3 Perencanaan Jig dan Fixture-III

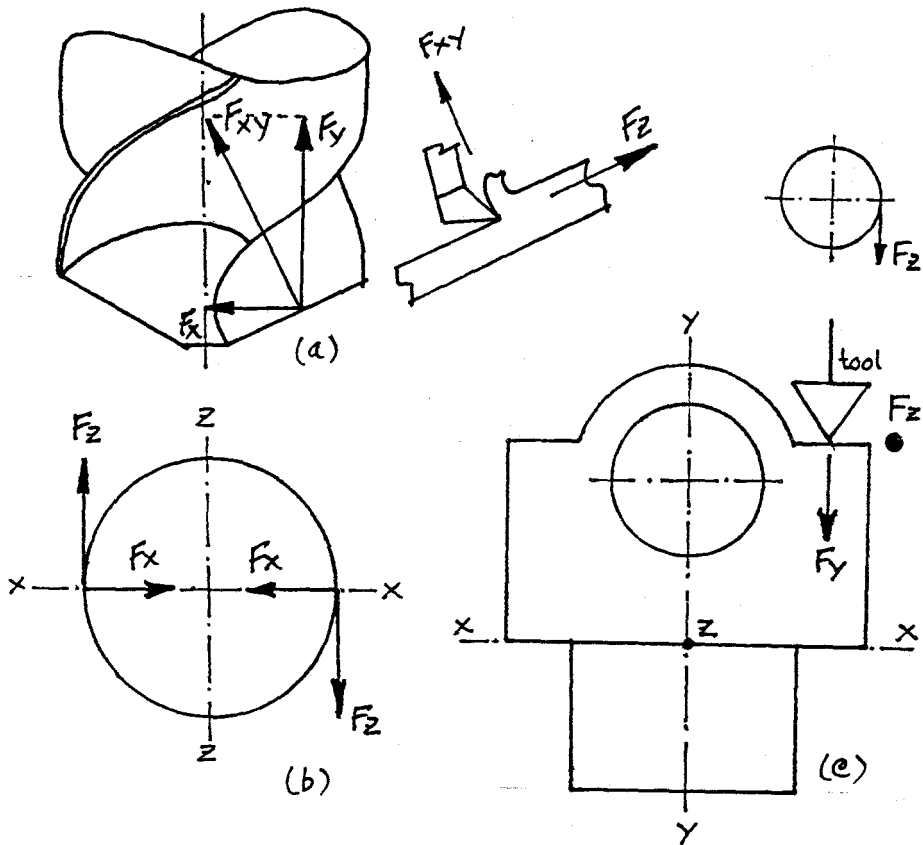
Jig & Fixture-III untuk proses pemesinan universal joint yoke digunakan untuk operasi drilling, tapping dan spot facing. Pada gambar operasi pemesinan, dapat dilihat bagaimana seharusnya benda kerja diletakkan pada Jig & Fixture.

Pada gambar terlihat bahwa posisi benda kerja harus tegak lurus terhadap bidang meja mesin. Dan satu hal lagi keharusnya yang diisyaratkan pada Jig & Fixture, adalah mampu memberikan/menjamin stabilitas benda kerja selama operasi.

Karena benda kerja harus dikerjakan di beberapa bagiannya dengan operasi tersebut, maka untuk meningkatkan efisiensi operasi, dipandang perlu melengkapi Jig & Fixture ini dengan indexing device.

5.3.1 Analisa Pengaruh Arah Gaya Pemotongan pada Benda Kerja untuk Operasi Drilling

Arah-arrah gaya pemotongan yang terjadi pada operasi drilling dapat dilihat pada gambar dibawah.



dimana :

F_y = Gaya feeding

F_x = Gaya radial

F_z = gaya tangensial

Untuk gaya radial F_x pada tool, karena besarnya sama dengan arah yang berlawanan, maka kedua gaya F_x tersebut saling meniadakan.

Gaya feeding F_y yang berarah vertikal kebawah akan mengakibatkan benda kerja bergerak secara linier sesuai dengan arahnya. Gaya F_y tersebut juga akan mengakibatkan benda kerja berotasi terhadap sumbu (Z-Z) lihat gambar (c). Sedangkan untuk gaya F_z akan mengakibatkan benda kerja berotasi terhadap sumbu (Y-Y), lihat gambar.

Mengingat bahwa pengaruh gaya pemotongan untuk operasi drilling mirip dengan operasi milling terhadap stabilitas benda kerja, maka penulis merencanakan Jig & Fixture-III ini sama dengan Jig & Fixture-II, hanya saja perlu dimodifikasi, yaitu dengan menambahkan elemen Jig Frame pada Jig & Fixture-II.

Jadi dengan Jig & Fixture-II, pengaruh gaya F_y akan diantisipasi oleh penempatan base locator (untuk gerakan linier), dan dua buah v-blok yang berpasangan, akan mengantisipasi gerakan rotasional terhadap sumbu (Z-Z). Sedangkan untuk gerakan rotasional terhadap

sumbu (Y-Y), sebagai akibat pengaruh gaya F_z , akan diantisipasi oleh adanya v-blok locator. Dengan demikian Jig & Fixture telah memberikan keseimbangan linier maupun rotasional pada benda kerja selama operasi.

Jig frame yang dimaksudkan adalah digunakan sebagai tempat tool guiding (bushing) untuk mengarahkan tool (twis drill, counter bore, dan tap). Sedangkan untuk operasi pemesisannya dari satu proses ke proses lainnya, seting up nya menggunakan indexing device.

Untuk lebih memperoleh gambaran secara komplit dapat dilihat pada gambar terlampir.

5.4 Perencanaan Jig dan Fixture-IV

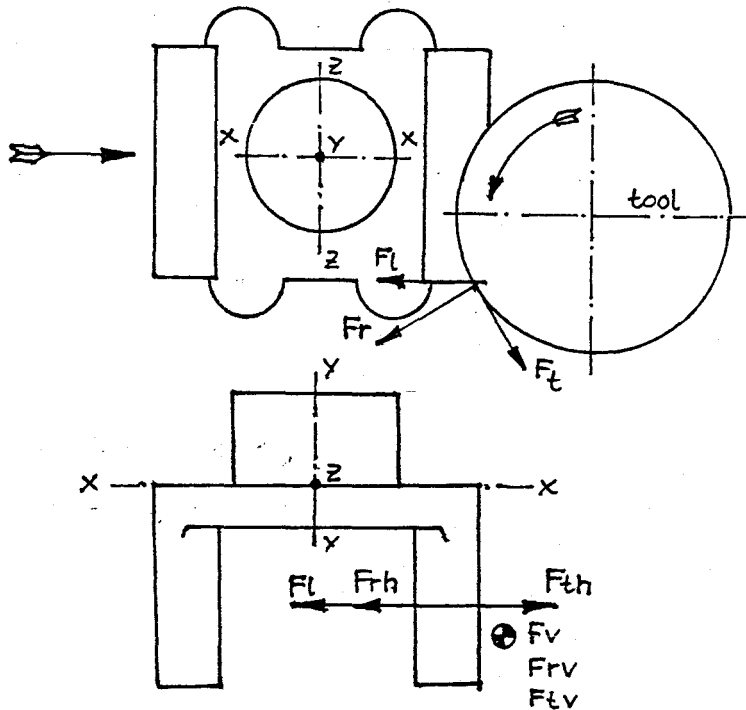
Jig & Fixture ini untuk proses pemesisan universal joint yoke digunakan untuk operasi sawing.

Karena operasi sawing ini dilaksanakan pada mesin milling (metal slitting saw), maka operasi sawing ini jelas mempunyai kemiripan dengan operasi grinding. Untuk itu Jig & Fixture yang direncanakan, digunakan pada operasi Sawing dan Grinding.

Dengan melihat gambar operasi pemesisan, maka benda kerja harus diletakkan secara horisontal, baik untuk operasi Sawing maupun Grinding, sehingga sumbu benda kerja saling sejajar terhadap sumbu arbor mesin milling atau saling sejajar terhadap sumbu spindle mesin Grinder.

5.4.1 Analisa Pengaruh Arah Gaya Pemotongan pada Benda Kerja untuk Operasi Sawing dan Grinding

Arah-arrah gaya pemotongan untuk operasi sawing dan grinding seperti terlihat pada gambar berikut :

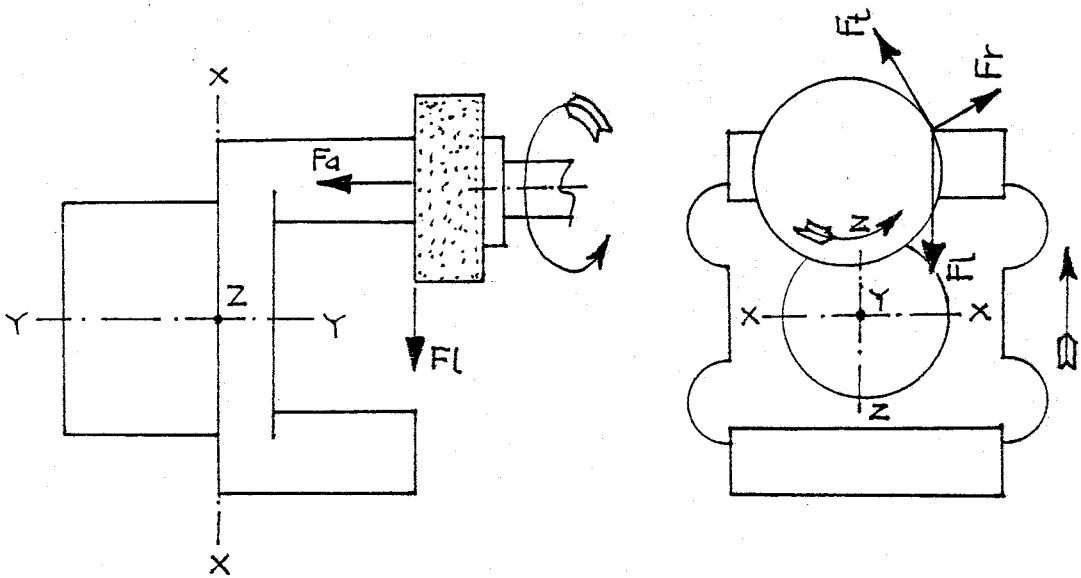


dimana :

- | | |
|---|-------------------------|
| F_{tv} = komponen gaya F_r vertikal | F_r = gaya radial |
| F_{th} = komponen gaya F_r horisontal | F_f = gaya feeding |
| F_{rh} = komponen gaya F_r horisontal | F_v = gaya vertikal |
| F_{rv} = komponen gaya F_r vertikal | F_t = gaya tangensial |

⊙ = Arah gaya tegak lurus dan menuju bidang gambar

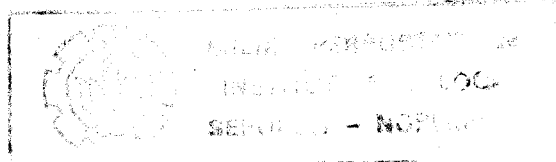
➡ = Arah feeding



dimana :

F_a = gaya axial	F_{rh} = komponen gaya F_r horisontal
F_t = gaya tangensial	F_{th} = komponen gaya F_t horisontal
F_r = gaya radial	F_{rv} = komponen gaya F_r vertikal
F_l = gaya feeding	F_{lv} = komponen gaya F_l vertikal
 = Arah feeding .	

Pada operasi Sawing, dapat dianalisa bagaimana pengaruh arah gaya pemotong terhadap keseimbangan benda kerja selama operasi masing. Semua gaya yang terurai ke arah horisontal (F_l , F_{rh} , F_{th}) akan mengakibatkan benda kehilangan keseimbangan linier maupun keseimbangan rotasional. Karena F_l dan F_{rh} terhadap F_{th} mempunyai arah yang berlawanan, maka resultan daripadanya akan menyebabkan benda kerja bergerak linier sesuai dengan arah resultannya. Dan



juga resultan tersebut akan mengakibatkan benda kerja berotasi terhadap sumbu (Z-Z) dan (Y-Y).

Sedangkan untuk gaya-gaya yang terurai kearah vertikal (F_v , F_{rv} , F_{tv}), akan mengakibatkan benda kerja kehilangan keseimbangan linier maupun rotasional. Karena gaya-gaya F_v , F_{rv} , dan F_{tv} mempunyai arah yang sama, maka akan menyebabkan benda kerja bergerak linier kearah vertikal kebawah, juga akan mengakibatkan benda kerja berotasi terhadap sumbu (Y-Y) dan (X-X).

Bila kita melihat arah-arah gaya pada operasi Grinding, pada prinsipnya sama dengan operasi milling, hanya saja pada operasi milling tidak terjadi gaya axial F_a .

Jadi kesimpulannya pengaruh arah gaya pemotongan pada operasi Grinding terhadap benda kerja sama seperti pada operasi Milling.

Hanya saja gaya F_a mengakibatkan benda kerja bergerak linier sesuai dengan arahnya, dan juga akan mengakibatkan benda kerja berotasi terhadap sumbu (Z-Z).

5.4.2 Langkah-Langkah Perencanaan Jig dan Fixture-IV

Sasaran pertama kali pada perencanaan Jig & Fixture-IV ini adalah bagaimana mewujudkan peletakan benda kerja sesuai dengan yang diisyaratkan. Dengan mempertimbangkan bentuk benda kerja, maka untuk memposisikan benda kerja agar sejajar dengan sumbu arbor mesin milling atau sumbu spindle mesin grinder, maka benda kerja harus direbahkan pada horisontal v-block. Untuk bagian flat benda kerja yang berdekatan dengan bagian silindrisnya, diletakan

(dikontakan) dengan flat lokator.

Dengan kondisi peletakan seperti tersebut di atas, pergerakan linier benda kerja kearah vertikal kebawah sebagai akibat pengaruh gaya (F_v , F_{rv} dan F_{tv}) akan terantisipasi.

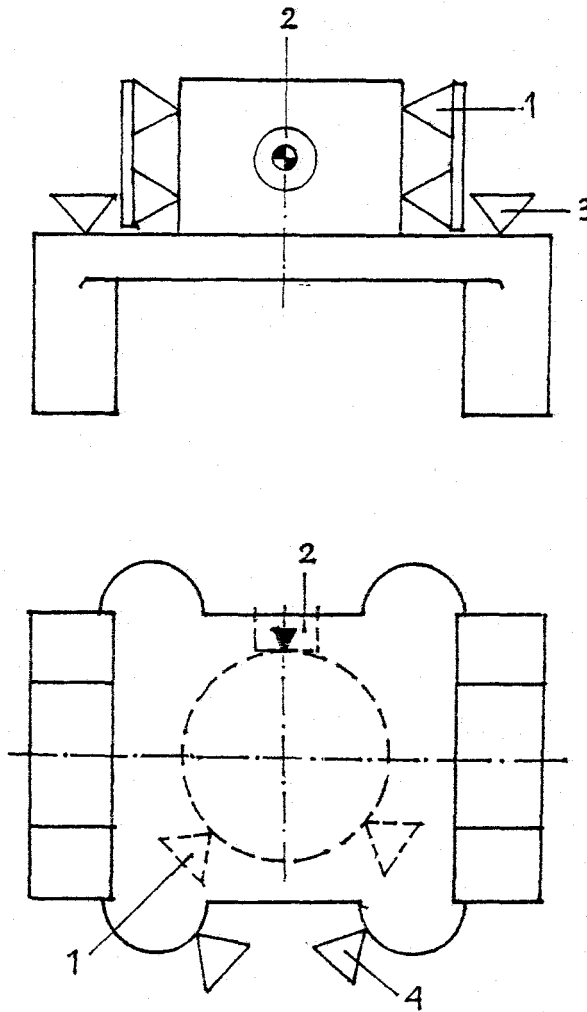
Selanjutnya untuk mengantisipasi pergerakan rotasional benda kerja sebagai akibat pengaruh dari gaya tersebut diatas (berotasi terhadap sumbu X-X), dapat dilakukan dengan menambah clamping elemen dibagian atas v-block. Dengan demikian terantisipasi pula pengaruh gaya horisontal (F_h , F_{rh} dan F_{th}), terhadap pergerakan benda kerja secara linier maupun secara rotasional terhadap sumbu (Z-Z).

Kemudian untuk mengantisipasi pergerakan benda kerja secara rotasional terhadap sumbu (Y-Y), sebagai akibat pengaruh gaya vertikal (F_v , F_{rv} dan F_{tv}), dapat dilakukan dengan menambah side stop locator diantara dua bentukan radius benda kerja. Sedangkan pengaruh gaya F_a pada operasi Grinding akan terantisipasi oleh adanya flat locator tersebut diatas.

Gambaran global dari Jig & Fixture-IV ini dapat dilihat pada gambar berikut :

Keterangan :

1. V-Block
2. Clamping elemen
3. Flat locator
4. Side stop locator



Karena Jig & Fixture-IV digunakan pada dua mesin, maka dalam pelaksanaannya nanti. Jig & Fixture ini dicekamkan pada sebuah vise yang terpasang pada table mesin, sehingga mudah untuk dipindahkan.

Jadi dalam perencanaan nanti, secara prinsip tidak jauh berbeda elemen-elemen Jig & Fixture yang teresbut diatas dengan keadaan yang sebenarnya.

Untuk memperoleh gambaran lebih komplit lagi, tentang Jig & Fixture yang direncanakan, dapat dilihat pada gambar terlampir.

5.5 Perencanaan Jig dan Fixture-V

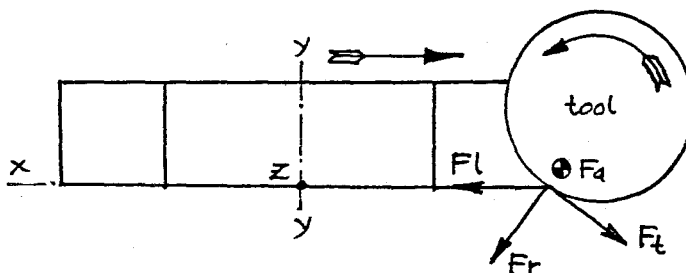
Jig & Fixture-V digunakan untuk operasi Grinding, yaitu untuk proses pemesinan bearing cap dari universal joint yoke.

Mengingat bentuk dari bearing cap ini relatif sederhana dan relatif kecil, maka dipandang perlu adanya pertimbangan untuk melengkapi Jig & Fixture ini dengan peralatan multiple clamping. Sehingga sasaran untuk mengefisienkan operasi dapat dicapai.

Keharusan peletakan benda kerja pada Jig & Fixture adalah bagaimana meletakkan benda kerja sehingga permukaan yang dikerjakan membentuk bidang-bidang yang sejajar dengan permukaan roda grinder. Satu hal yang lebih penting lagi, adalah bahwa Jig & Fixture harus mampu menjamin stabilitas benda kerja selama operasi.

5.5.1 Analisa Pengaruh Arah Gaya Pemotongan pada Benda Kerja untuk Operasi Grinding

Arah-arrah gaya pemotongan yang terjadi pada operasi grinding untuk bearing cap universal joint yoke dapat dilihat pada gambar berikut :



dimana :

F_a = gaya axial	F_{rh} = komponen F_r horisontal
F_r = gaya radial	F_{th} = komponen F_t horisontal
F_t = gaya tangensial	F_{rv} = komponen F_r vertikal
F_l = gaya feeding	F_{tv} = komponen F_t vertikal

Arah feeding

Setelah melihat arah-arah gaya pemotongan yang terjadi pada operasi Grinding, maka dapat dianalisa pengaruhnya terhadap benda kerja. Gaya F_l dan komponen F_r dan F_t kearah horisontal, resultannya akan mengakibatkan benda kerja bergerak linier sesuai dengan arahnya.

Sedangkan komponen F_r dan F_t kearah vertikal (F_{rv} , F_{tv}) serta F_a , juga akan mengakibatkan benda kerja bergerak linier sesuai arah masing-masing. Gaya-gaya F_a , F_{tv} , F_{rv} , resultannya akan mengakibatkan benda kerja kehilangan keseimbangan rotasional, yaitu untuk F_a akan mengakibatkan benda kerja berotasi terhadap sumbu (Y-Y), untuk (F_{tv} dan F_{rv}) akan mengakibatkan benda kerja berotasi terhadap sumbu (Z-Z).

5.5.2 Langkah-Langkah Perencanaan Jig dan Fixture-V

Untuk menjamin peletakan benda kerja pada Jig & Fixture secara tepat (sesui yang diisyaratkan), maka pada Jig & Fixture

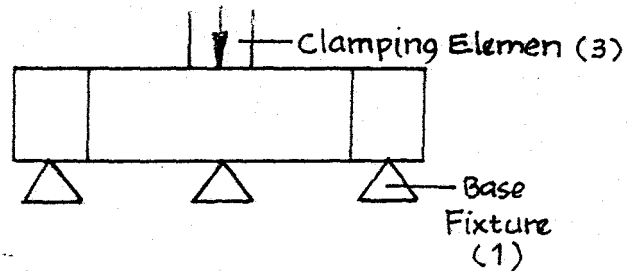
harus dilengkapi elemen side stop locaator. Elemen ini secara fungsional mengendalikan peletakan benda kerja, agar permukaan yang dikerjakan membentuk bidang sejajar dengan sisi roda grinder. Namun dengan adanya side stop locator tersebut, akan didapat manfaat lainnya, yaitu bahwa pergerakan linier benda kerja sebagai akibat pengaruh gaya F_l , F_{rh} , F_{th} serta F_a akan terantisipasi. Dengan demikian keseimbangan linier benda kerja dapat dicapai.

Selanjutnya untuk mengantisipasi pergerakan rotasional benda kerja terhadap sumbu (Y-Y), maka Jig & Fixture harus dilengkapi dengan adjustable locator, yang diletakkan di pusat sumbu (Z-Z) dan kontak dengan permukaan internal bearing cap.

Agar benda kerja tetap kokoh pada posisinya, serta untuk mengantisipasi gerakan rotasional terhadap sumbu (Z-Z), maka Jig & Fixture harus dilengkapi dengan elemen clamping, yang mencekam permukaan atas bearing cap. Dengan demikian stabilitas benda kerja selama operasi masining dapat dipertahankan.

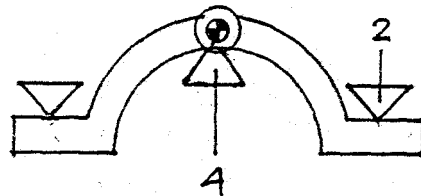
Untuk pengaruh gaya-gaya vertikal (F_{lv} dan F_{rv}) dengan sendirinya akan terantisipasi oleh base fixture, yang fungsionalnya sebagai bidang peletakan.

Gambaran global dari Jig & Fixture-V ini dapat dilihat pada gambar berikut :



dimana :

1. Base Fixture
2. Side Stop locator
3. Clamping element
4. Adjustable locator



Gambaran komplet dari Jig & Fixture-V ini dapat dilihat pada gambar terlampir.

5.6 Perencanaan Jig dan Fixture-VI

Jig & Fixture-VI ini digunakan untuk operasi boring/internal turning. Operasi boring ini dimaksudkan untuk mengerjakan lubang yang dibentuk oleh bagian universal joint yoke bersama-sama dengan bering capnya. Pada operasi boring tersebut, sebelum dilaksanakan terlebih dahulu merakitkan bearing cap pada universal joint yoke dengan menggunakan baut pengikat.

Setelah kita melihat kembali posisi benda kerja pada gambar operasi pemesinan untuk operasi boring, maka kita akan memperoleh suatu gambaran bagaimana seharusnya benda kerja

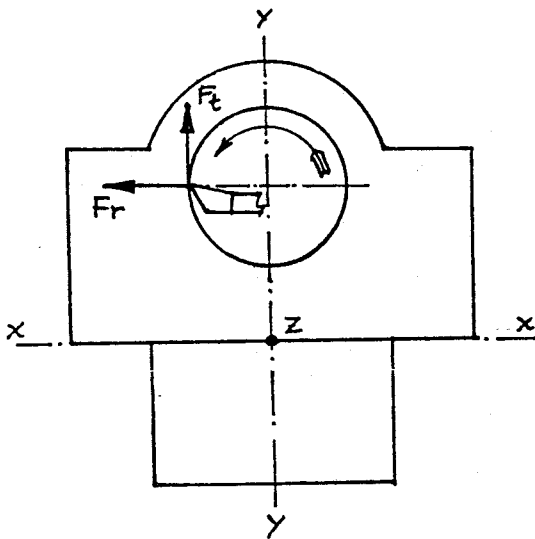
diletakkan pada Jig & Fixture. Keharusan tersebut adalah bahwa pusat sumbu lubang yang akan dikerjakan harus berhimpit dengan sumbu spindle mesin bubut.

Dengan kondisi seperti ini, bahwa kesilindrisan lubang yang dikerjakan dapat dicapai.

Sisi lain yang juga sama pentingnya, adalah bagaimana mewujudkan stabilitas pada benda kerja selama operasi pemesinan.

5.6.1 Analisa Pengaruh Arah Gaya Pemotongan pada Benda Kerja untuk Operasi Boring

Arah-arrah gaya pemotongan yang terjadi pada operasi boring dapat dilihat pada gambar berikut.



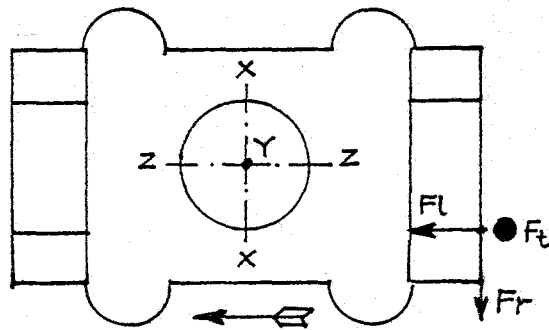
dimana :

F_r = gaya radial

F_f = gaya feeding

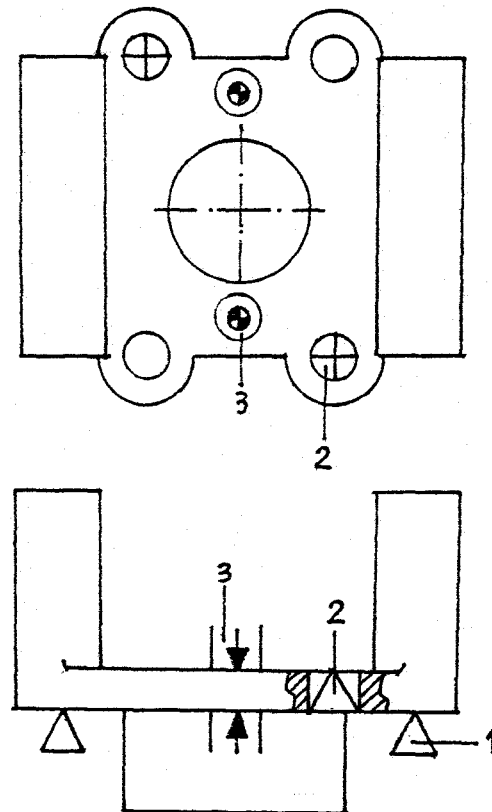
F_t = gaya tangensial

● = gaya yang
tegak lurus dan
menjauhi bidang gambar



Dengan melihat arah-arrah gaya pemotongan yang terjadi pada operasi boring, maka dapat dianalisa pengaruhnya terhadap keseimbangan benda kerja.

Gaya F_r akan mengakibatkan benda kerja kehilangan keseimbangan linier maupun rotasional, yaitu secara linier benda kerja akan bergerak sesuai dengan arahnya. Sedangkan secara rotasional benda kerja akan berotasi terhadap sumbu (Z-Z) dan (Y-Y).



dimana :

1. Angle Plate
2. Conical Locator
3. Clamping Element

Prinsip dari Jig & Fixture-VI adalah seperti pada gambar tersebut di atas, yang untuk selanjutnya penulis akan mengembangkan pada perencanaan yang lebih kongkrit lagi, yaitu seperti pada gambar terlampir.

5.7 Perencanaan Jig dan Fixture-VII

Jig & Fixture-VII ini digunakan untuk operasi broaching. Operasi broaching ini dimaksudkan untuk membuat bentuk internal spline dibagian silindris benda kerja, yaitu seperti yang diperlihatkan pada gambar operasi pemesinan di bab terdahulu.

Dengan memperhatikan gambar operasi pemesinan, kita akan memperoleh informasi kembali bagaimana seharusnya peletakan benda kerja pada Jig & Fixture.

Informasi ini menjelaskan bahwa benda kerja yang diletakkan pada Jig & Fixture harus membentuk posisi yang pusat sumbunya sepusat dengan pusat sumbu tool (broach).

Dengan posisi benda kerja seperti itu, maka kesentrisan dari spline yang dihasilkan dapat dicapai.

Untuk gaya F_t , akan mengakibatkan benda kerja bergerak linier sesuai dengan arahnya dan juga akan mengakibatkan benda kerja

berotasi terhadap sumbu (Y-Y) dan (X-X).

Sedangkan gaya F_t , akan mengakibatkan benda kerja linier sesuai dengan arah dan akan mengakibatkan benda kerja berotasi terhadap sumbu (Z-Z) dan (X-X).

5.6.1 Langkah-Langkah Perencanaan Jig dan Fixture-VII

Dengan mempertimbangkan kompleksitas benda kerja, maka benda kerja harus diletakkan pada angle plate. Dimana angle plate tersebut dipasangkan pada face plate mesin bubut.

Selanjutnya untuk memposisikan benda kerja agar pusat sumbu lubang yang dikerjakan sepusat dengan sumbu spindle mesin bubut, maka dua buah lubang yang terletak pada satu diagonal dibagian flat benda kerja harus diletakkan pada dua buah conical locator yang posisinya sudah diatur sedemikian rupa di atas sebuah angle plate. dimana angle plate tersebut mempunyai posisi tertentu pula terhadap pusat sumbu spindle.

Dengan posisi benda kerja seperti sekarang, maka pengaruh gaya F_r dan F_t pada benda kerja terhadap gerakan linier dapat diantisipasi. Demikian pula gerakan rotasional benda kerja terhadap sumbu (Y-Y) oleh gaya F_t dapat diantisipasi.

Selanjutnya untuk mengantisipasi gerakan rotasional benda kerja terhadap sumbu (X-X) dan (Z-Z) oleh gaya F_t serta gerakan linier sesuai dengan arah F_t , dilakukan dengan melengkapi Jig & Fixture ini dengan clamping element.

Manfaat lain dari clamping element tersebut, dapat mengantisipasi

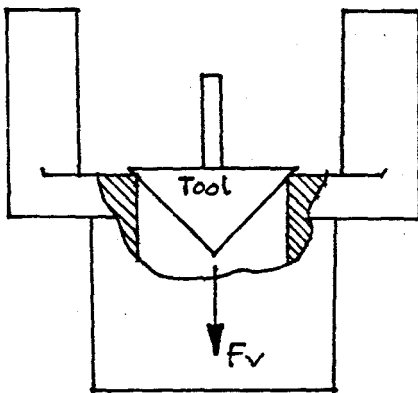
gerakan rotasional benda kerja terhadap sumbu (X-X) sebagai akibat pengaruh gaya F_t .

Dengan demikian baik keseimbangan linier maupun rotasional pada benda kerja selama operasi pemotongan dapat dicapai.

Untuk dapat melihat gambaran global daari Jig & Fixture-VI ini, dapat dilihat pada gambar berikut.

5.7.1 Analisa Pengaruh Arah Gaya Pemotongan pada Benda Kerja pada Operasi Broaching

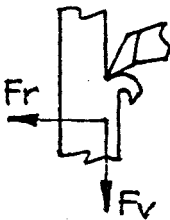
Arah-arrah gaya pemotongan pada operasi Broaching dapat dilihat seperti pada gambar berikut :



dimana :

F_v = gaya pemotongan

F_r = gaya radial



Gaya pemotongan F_v terjadi dikeliling diameter dalam yang dibentuk, dengan vertikal kebawah. Maka resultan dari gaya

pemotongan F_v ada di pusat sumbu benda kerja.

Gaya radial F_r juga terjadi disekeliling diameter dalam yang dibentuk dengan arah radial. Karena besarnya gaya F_r ini sama, maka gaya F_r satu sama lain saling meniadakan. Sehingga dapat dikatakan bahwa gaya F_r ini tidak mempengaruhi keseimbangan benda kerja, baik keseimbangan linier maupun keseimbangan rotasional.

Selanjutnya untuk gaya pemotongan F_v yang bekerja dipusat sumbu benda kerja, hanya mengakibatkan benda kerja kehilangan keseimbangan linier saja, yaitu dalam arah sesuai gaya F_v .

5.7.2 Langkah-Langkah Perencanaan Jig dan Fixture-VII

Pertimbangan pertama didalam merencanakan Jig & Fixture ini adalah keharusan peletakan benda kerja. Karena benda kerja ini nantinya diletakkan dipusat sumbu base fixture, maka terlebih dahulu merencanakan pengendali posisi dari base fixture, agar pusat sumbunya sepusat dengan sumbu tool/meja mesin.

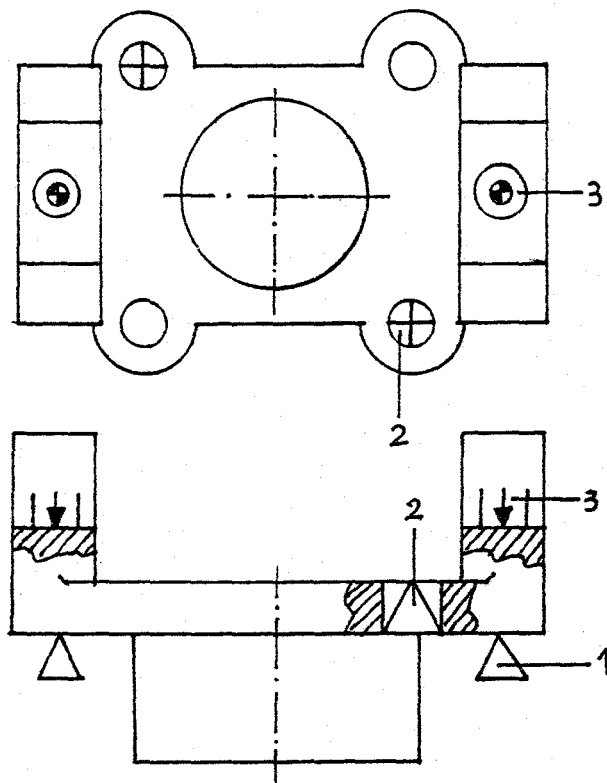
Dengan mempertimbangkan bentuk meja mesin yang mempunyai T-slot yang mengarah ke pusat meja mesin, maka dibagian tertentu pada base fixture dibuatkan groove sebanyak empat buah sebagai tempat kedudukan T-bolt. Dimana garis kedudukan masing-masing pasang groove tersebut saling tegak lurus sesamanya. Agar pusat sumbu base fixture ada pada posisi yang dikehendaki, maka empat buah groove tersebut diatas harus saling berpasangan dengan T-bolt.

Selanjutnya untuk memposisikan benda kerja agar sesuai dengan yang diisyaratkan, yaitu dimana pusat sumbu lubang yang

dikerjakan sepusat dengan sumbu tool, maka dua buah lubang yang terletak pada satu diagonal dibagian flat benda kerja, harus diletakkan berpasangan dengan dua buah conical locator yang posisinya sudah diatur sedemikian rupa diatas base fixture, dan bagian flat benda kerja yang berdekatan bagian silindrisnya adalah berfungsi sebagai bidang peletakan yang kontak dengan permukaan base fixture.

Dengan posisi benda kerja seperti sekarang, maka pengaruh gaya F_v akan terantisipasi, karena base fixture tersebut juga berfungsi sebagai locator. Sedangkan untuk menjamin kekokohan benda kerja selama operasi pemesinan, maka Jig & Fixture ini harus dilengkapi dengan clamping element.

Gambaran global dari Jig & Fixture ini dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambaran kongkrit dari Jig & Fixture-VII ini, pada prinsipnya adalah merupakan pengembangan daari gambaran global tersebut diatas.

Gambaran komplitnya dapat dilihat pada gambar terlampir.

B A B V I

ANALISA BREAKEVEN POINT

Analisa ekonomi adalah merupakan bagian dari perencanaan proses manufakturing yang patut menjadi pertimbangan penentu. Apakah suatu proses manufakturing yang direncanakan mampu memberikan nilai ekonomi atau tidak. Oleh karena itu selalu ditekankan untuk mengembangkan metode proses manufakturing secara terus-menerus, agar sasaran untuk meningkatkan produktivitas pada level biaya yang minimum dapat dicapai.

Itulah sebabnya pada saat mengembangkan metode proses manufakturing, harus dilakukan evaluasi atau estimasi ekonomi, apakah metode proses ini layak dilaksanakan atau tidak ? Kunci jawabnya adalah melakukan estimasi ekonomi dengan analisa Break Even Point.

Break Even Point adalah metode estimasi dari pengaruh perubahan output produksi pada biaya produksi, pendapatan dan keuntungan. Hal ini umumnya dikonsep dalam bentuk breakeven chart. Untuk menyusun breakeven chart ini, biaya manufakturing dibagi menjadi fixed cost dan variable cost. Jumlah dari biaya-biaya tersebut diplotkan sebagai fungsi dari output produksi, dengan terlebih dahulu menentukan perubahan variable cost per unit. Berikutnya memplotkan pendapatan pada breakeven chart sebagai fungsi dari output produksi.

Untuk tujuan analisa breakeven point adalah menggunakan

analisa profit. Dalam hal ini breakeven chartnya memperlihatkan pengaruh perubahan output produksi terhadap pembia-
yaan dan pendapatan. Dengan demikian akan diperoleh suatu
gambaran keuntungan atau kerugian pada setiap perbedaan
level output produksi. Breakeven point adalah kondisi le-
vel output dimana total cost sama dengan pendapatan dan
profitnya sama dengan nol.

6.1 Perhitungan Total Waktu Pemotongan dengan Menggunakan Jig dan Fixture

Pembatasan masalah :

- Pemotongan dapat dilakukan sekali jalan.
- Parameter operasi bisa dicapai
- Tidak terjadi Scrap
- Tidak terjadi delay waktu
- Garis fungsi cost/revenue merupakan garis lurus.

6.1.1 Perhitungan Waktu Masining untuk Operasi Lathe

Rumus yang digunakan :

$$t_m = \frac{L_v}{f \cdot n}$$

dimana :

L_v = panjang pemotongan (mm)

f = feeding (mm/rev)

n = putaran mesin (rpm)

v = Kecepatan pemotongan (mm/min)

a = dept of cut (mm)

Untuk Operasi Lathe :

Parameter operasi untuk proses (1.1)

$$L_w = 64 \text{ mm}$$

$$V = 50 \text{ m/min}$$

$$f = 0,3 \text{ mm/rev}$$

$$a = 2 \text{ mm}$$

$$n = 468 \text{ rpm}$$

$$t_m(1.1) = \frac{64}{(0,3)(468)} = 0,46 \text{ min}$$

Parameter operasi untuk proses (1.2)

$$L_w = 10 \text{ mm}$$

$$a = 7 \text{ mm}$$

$$f = 0,6 \text{ mm/rev}$$

$$V = 25 \text{ m/min}$$

$$n = 185 \text{ rpm}$$

$$t_m(1.2) = 0,09 \text{ min}$$

Parameter operasi untuk proses (1.3)

$$L_w = 95 \text{ mm}$$

$$a = 2 \text{ mm}$$

$$f = 0,3 \text{ mm/rev}$$

$$V = 50 \text{ m/min}$$

$$n = 84 \text{ rpm}$$

$$t_m = 3,77 \text{ min}$$

Parameter operasi untuk proses (1.4)

$$L_v = 20 \text{ mm}$$

$$a = 2 \text{ mm}$$

$$f = 0,3 \text{ mm/rev}$$

$$V = 50 \text{ m/min}$$

$$n = 284 \text{ rpm}$$

$$t_m = 0,24 \text{ min}$$

Parameter operasi untuk proses (1.5)

$$L_v = 52 \text{ mm}$$

$$a = 2 \text{ mm}$$

$$f = 0,3 \text{ mm/rev}$$

$$V = 50 \text{ m/min}$$

$$n = 234 \text{ rpm}$$

$$t_m(1.5) = 0,74 \text{ min}$$

Parameter operasi untuk proses (1.6)

$$L_v = 45 \text{ mm}$$

$$a = 3,5 \text{ mm}$$

$$f = 0,5 \text{ mm/rev}$$

$$V = 45 \text{ m/min}$$

$$n = 229 \text{ rpm}$$

2 x jalan

$$t_m(1.6) = 0,79 \text{ min}$$

Parameter operasi untuk proses (1.7)

$$L_w = 2 \text{ mm}$$

$$a = 2 \text{ mm}$$

$$f = 0,3 \text{ mm/rev}$$

$$V = 50 \text{ m/min}$$

$$n = 238 \text{ rpm}$$

$$t_m(1.7) = 0,03 \text{ min}$$

Parameter operasi untuk proses (7.1) dan (7.2)

$$L_w = 19 \text{ mm}$$

$$a = 2 \text{ mm}$$

$$f = 0,5 \text{ mm/rev}$$

$$V = 45 \text{ m/min}$$

$$n = 398 \text{ rpm}$$

$$2 \times \text{jalan}$$

$$t_m(1.7 \text{ dan } 7.2) = 0,19 \text{ min}$$

6.1.2 Perhitungan Waktu Masining untuk Operasi Milling

Rumus yang digunakan :

$$t_m = \frac{L_w}{f'}$$

$$f' = f \cdot T \cdot n$$

dimana :

L_w = panjang pemotongan (mm)

f' = feeding per min (mm/min)

f = feeding per gigi (mm/gigi)

T = jumlah gigi pada cutter

n = putaran mesin (rpm)

Parameter operasi untuk proses (2.1)

$L_v = 118$ mm

Dia Cutter = 200 mm

$T = 30$

$f = 0,1$ mm/gigi

$V = 30$ m/min

$n = 48$ rpm

$f' = 144$ mm/min

$t_m(2.1) = 0,82$ min

Parameter operasi untuk proses (2.2)

$L_v = 106$ mm

Dia Cutter = 150 mm

$T = 10$

$f = 0,1$ mm/gigi

$V = 30$ m/min

$n = 64$ rpm

$f' = 64$ mm/min

$t_m(2.2) = 1,66$ min

Parameter operasi untuk proses (2.3)

$$L_w = 71 \text{ mm}$$

$$\text{Dia Cutter} = 150 \text{ mm}$$

$$T = 10$$

$$f = 0,1 \text{ mm/gigi}$$

$$V = 30 \text{ m/min}$$

$$n = 64 \text{ rpm}$$

$$f' = 64 \text{ mm/min}$$

$$2 \times \text{jalan}$$

$$t_m(2.3) = 2,22 \text{ min}$$

Parameter operasi untuk proses (2.4) dan (2.5)

$$L_w = 39 \text{ mm}$$

$$\text{Dia Cutter} = 150 \text{ mm}$$

$$T = 10$$

$$f = 0,1 \text{ mm/gigi}$$

$$V = 30 \text{ m/min}$$

$$n = 64 \text{ rpm}$$

$$f' = 64 \text{ mm/min}$$

$$4 \times \text{jalan}$$

$$t_m(2.4) \text{ dan } (2.5) = 2,44 \text{ min}$$

Parameter operasi untuk proses (4.1)

$$L_w = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Dia Cutter} = 200 \text{ mm}$$

$$f = 178 \text{ mm/min.}$$

2 x jalan

$$t_m(4.1) = 0,56 \text{ min}$$

Parameter operasi untuk proses (6.1)

$$L_v = 47 \text{ mm}$$

$$\text{Dia Cutter} = 90 \text{ mm}$$

$$T = 8$$

$$f = 0,1 \text{ mm/gigi}$$

$$V = 30 \text{ m/min}$$

$$n = 106 \text{ rpm}$$

$$f' = 84,8 \text{ mm/min}$$

4 x jalan

$$t_m(6.1) = 2,22 \text{ min}$$

Parameter operasi untuk proses (6.2)

$$L_v = 45 \text{ mm}$$

$$\text{Dia Cutter} = 90 \text{ mm}$$

$$T = 8$$

$$f = 0,1 \text{ mm/gigi}$$

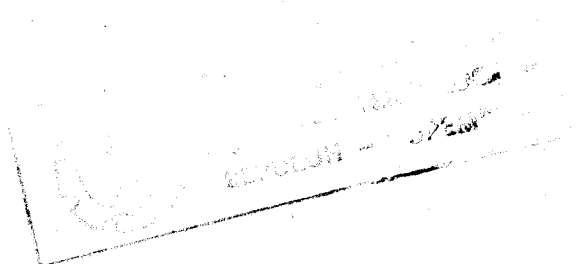
$$V = 30 \text{ m/min}$$

$$n = 106 \text{ rpm}$$

$$f' = 84,8 \text{ mm/min}$$

2 x jalan

$$t_m(6.2) = 1,06 \text{ min}$$



6.1.3 Perhitungan Waktu Masining untuk operasi Drilling

Rumus yang digunakan :

$$t_m = \frac{L_v}{f \cdot n}$$

dimana :

L_v = panjang pemotongan (mm)

f = feeding (mm/rev)

n = putaran mesin (rpm)

V = kecepatan pemotongan (mm/min)

Parameter operasi untuk proses (3.1)

$L_v = 12$ mm

Dia drill = 10 mm

$f = 0,2$ mm/rev

$V = 20$ m/min

$n = 637$ rpm

4 x jalan

$t_m(3.1) = 0,38$ min

Parameter operasi untuk proses (3.2)

$L_v = 4$ mm

Dia c'bore = 20 mm

$f = 0,3$ mm/rev

$V = 20$ m/min

$$n = 318 \quad \text{rpm}$$

4 x jalan

$$t_m(3.2) = 0,17 \quad \text{min}$$

Parameter operasi untuk proses (3.3)

$$L_v = 25 \quad \text{mm}$$

$$\text{Dia drill} = 9 \text{ mm}$$

$$f = 0,2 \quad \text{mm/rev}$$

$$V = 20 \quad \text{m/min}$$

$$n = 707 \quad \text{rpm}$$

4 x jalan

$$t_m(3.3) = 0,71 \quad \text{min}$$

Parameter operasi untuk proses (3.4)

$$L_v = 25 \quad \text{mm}$$

$$\text{Dia tap} = 10 \text{ mm}$$

$$f = 0,2 \quad \text{mm/rev}$$

$$V = 11 \quad \text{m/min}$$

$$n = 350 \quad \text{rpm}$$

4 x jalan

$$t_m(3.4) = 1,43 \quad \text{min}$$

6.1.4 Perhitungan Waktu masining untuk Operasi Grinding

Rumus yang digunakan :

$$t_m = \frac{L_w}{V_t}$$

dimana :

L_w = panjang pemotongan (mm)

V_t = table speed (m/min)

V_w = Wheel Speed (m/sec)

a = Dept of cut (mm)

Parameter operasi untuk proses (5.1)

- Dia Grinder Wheel = 200
- L_w = 50 mm
- V_t = 30 m/min
- V_w = 32 m/sec
- a = 0,5 mm
- 2 x jalan

$$t_m(5.1) = 0,003 \text{ min}$$

Parameter operasi untuk proses (5.2)

- Dia Grinder Wheel = 200
- L_w = 60 mm
- V_t = 30 m/min
- V_w = 32 m/sec
- a = 0,5 mm

- 2 x jalan

$$t_m(5.1) = 0,004 \text{ min}$$

6.1.5 Perhitungan waktu Masining untuk Operasi Broaching

Rumus yang digunakan :

$$t_m = \frac{L_w}{V}$$

dimana :

- L_w = panjang pemotongan (mm)
- V = Kecepatan pemotongan (mm/min)

Parameter operasi untuk proses (8.1)

$$L_w = 59 \text{ mm}$$

$$V = 8 \text{ m/min}$$

$$t_m(8.1) = 0,007 \text{ min}$$

- Waktu masining untuk Lathe (total) = 6,31 min
- Waktu masining untuk Milling (total) = 10,98 min
- Waktu masining untuk Drilling (total) = 2,69 min
- Waktu masining untuk Grinding (total) = 0,007 min
- Waktu masining untuk Broaching (total) = 0,007 min
- Waktu total Cutting (Masining) = 19,994 min

Menurut hasil observasi yang dilakukan oleh Eugene Merchant, tentang metal machining, dapat dilihat proporsi aktivitas produksi dalam persen terhadap waktu operasi, adalah sebagai berikut :

Aktivitas cutting = 30 %...

Aktivitas lainnya = 70 %

Untuk produksi massal waktu produksi = waktu operasi ($T_p = T_o$)
maka :

$$\begin{aligned} T_p = T_o &= (T_m + \frac{70}{30} T_m) \\ &= (19,994 + \frac{70}{30} \cdot 19,994) \\ &= 66,65 \text{ min} \end{aligned}$$

atau $T_p = 1,111 \text{ jam/unit}$

Menurut Estimator PD Aneka Jasa dan permesinan, waktu pemotongan total tanpa Jig & Fixture adalah $T_p = 2,1 \text{ jam/unit}$. Selanjutnya estimasi harga jual ditentukan berdasarkan waktu pemotongan tanpa Jig & Fixture.

6.2 Estimasi Harga Jual tiap Unit

- Biaya Langsung :

*> Material in process		= Rp 43.890/unit
*> Tenaga kerja langsung	}	= Rp 873.6/jam
*> Tools		
*> Listrik		
*> Maintenance		
*> Material bantu		
*> Packing		= Rp 80/unit

- Biaya tak langsung :

*> Mesin Depresiasi	}	= Rp 1163,76/unit
*> Tenaga kerja tak langsung		
*> Administrasi dan umum		
*> Kontribusi kantor pusat		

- Biaya produksi tiap unit =

$$\begin{aligned}
 &= T_p (873,6 + 1163,76) + (43.890) + (80) \\
 &= 2,75 (873,6 + 1163,76) + (43.890) + (80) \\
 &= 49.572,74
 \end{aligned}$$

- Biaya Produksi = Rp 49.572,74/unit

- Biaya bunga 20% /thn = Rp 826,21/unit (bila pembayaran dilakukan tiap bulan)

- Profit = Rp 2478,64/unit

- Harga jual sebelum pajak = Rp 52877,59/unit
- PPn 10% = Rp 5287,76/unit
- Harga jual setelah pajak = Rp 58165/unit

Biaya operasi tersebut penulis peroleh dari hasil peninjauan di PD. Aneka Jasa dan Permesinan, dan PT. BBI unit Turangga.

6.3 Perhitungan Level Out Produksi pada Kondisi Profit BEP

Apabila mesin dioperasikan selama 7 jam tiap hari, dan jika dalam satu tahun ada 250 hari kerja, maka dalam satu tahun beroperasi selama 1750 jam.

$$\begin{aligned}\text{Maka Annual Cost (Fixed Cost)} &= 1750 \times \text{biaya operasi} \\ &= 1750 \times \text{Rp } 1163,76\end{aligned}$$

$$\text{Fixed Cost} = \text{Rp } 2.036.580,- / \text{tahun}$$

$$\text{- Variable cost/unit untuk } T_p = 2,750 \text{ jam/unit}$$

$$\begin{aligned}\text{- Material In process} &= \text{Rp } 43.890 \\ \text{- } (T_p \times \text{Rp } 873,6) &= \text{Rp } 2.402,40 \\ \text{- Packing} &= \text{Rp } 80 \\ \text{- Biaya bunga} &= \text{Rp } 826,21 \\ \text{-PPn} &= \text{Rp } 5287,76\end{aligned}$$

$$\text{Total} = \text{Rp } 52.486,37/\text{unit}$$

Pada kondisi break even point, profit sama dengan Nol, artinya bahwa biaya yang dikeluarkan untuk produksi = perolehan

dari hasil penjualan pada level produksi tertentu.

Apabila level produksi pada kondisi $BEP = Q$, maka

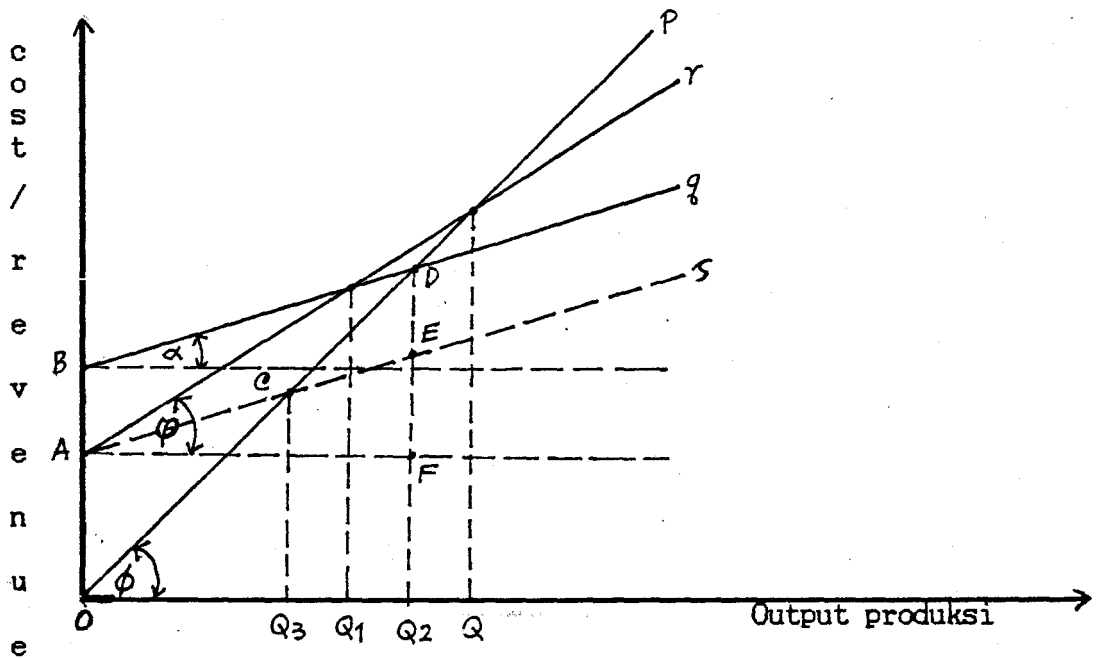
$$(Q \times \text{variable cost/unit}) + (\text{Fixed cost/thn}) = Q \times \text{selling price/piece}$$

$$Q = \frac{2.036.580}{58165 - 52486,37}$$

$$Q = 358,64 \text{ atau } Q = 359 \text{ unit}$$

Level output produksi (Q) tersebut diatas adalah merupakan kondisi BEP dengan tidak melibatkan biaya Fixture. Maka apabila biaya Fixture dilibatkan didalam menentukan BEP, ini berarti biaya fixed costnya akan bertambah dari kondisi semula, dengan variable cost tetap. Oleh karena itu garis total costnya pada BEP Chart, akan mengalami pergeseran dari posisinya semula. Dengan demikian level output produksi tahunnya juga akan mengalami perubahan. Dimana besar level output produksi tersebut sangat tergantung seberapa besar biaya yang dikeluarkan untuk pengadaan fixture, fixed cost, α, ϕ dan ϕ untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada BEP Chart berikutnya.

Karena besarnya biaya jig dan fixture tidak diestimasi, maka pada analisa BEP ini, dimaksudkan untuk menentukan model persamaan dari profit BEP, cost BEP, serta penghematannya.



dimana :

p = garis total Revenue

q = garis total cost termasuk fixture cost

r = garis total cost tanpa fixture cost

φ = Slop garis r

ϕ = slop garis p

α = slop garis q dan s

OA = fixed cost tanpa fixture cost

AB = fixture cost/tahun

C = BEP dengan level output = $OQ_3 = Q_3$

D = BEP dengan level output = $OQ_2 = Q_2$

dari BEP Chart tersebut dapat dicari hubungan sebagai berikut :

lihat ΔODQ_2

$$\frac{OQ_3}{OQ_2} = \frac{CQ_3}{DQ_2} = \frac{CQ_3}{DE + EF + FQ_2}$$

dimana :

$$CQ_3 = \operatorname{tg} \phi \cdot OQ_3$$

$$EF = \operatorname{tg} \alpha \cdot OQ_2$$

maka :

$$\frac{OQ_3}{OQ_2} = \frac{\operatorname{tg} \phi \cdot OQ_3}{DE + \operatorname{tg} \alpha \cdot OQ_2 + FQ_2}$$

$$\frac{DE + \operatorname{Tg} \alpha \cdot OQ_2 + FQ_2}{OQ_2} = \frac{\operatorname{Tg} \phi \cdot OQ_3}{OQ_3}$$

$$\frac{(DE + FQ_2)}{OQ_2} + \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \phi$$

$$\frac{(DE + FQ_2)}{OQ_2} = \operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \alpha$$

$$OQ_2 = \frac{(DE + FQ_2)}{\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \alpha}$$

karena :

$$DE = AB \quad \text{dan} \quad FQ_2 = OA$$

Sehingga :

$$OQ_2 = \frac{AB}{\operatorname{tg} \phi} - \frac{OA}{\operatorname{tg} \alpha}$$

Untuk $AB = 0$, $OQ_2 = OQ_3$

Ini berarti :

$$OQ_3 = \frac{OA}{\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \alpha}$$

$$OQ_2 = \frac{AB}{\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \alpha} + OQ_3$$

atau :

$$Q_2 = \frac{AB}{\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \alpha} + Q_3$$

dimana :

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{CQ_3}{OQ_3} = \frac{(58165 \cdot OQ_3)}{OQ_3} = 58165$$

Variable cost/unit untuk $T_P = 1,111$ jam/unit

- Material in process = Rp 43890

- ($T_P \times R_P$ 873,6) = Rp 970,57

- Packing = Rp 80

- Biaya bunga = Rp 826,21

- PP_n = Rp 5287,76

Total = Rp 57054,54

$$OQ_3 = \frac{\text{fixed cost/thn}}{58165 - 51054,54}$$

$$= \frac{2036580}{58165 - 51054,54}$$

$$OQ_3 = 286,42$$

$$OQ_3 = 286 \text{ unit}$$

$$tg \alpha = \frac{CQ_3 - OA}{OQ_3} = \frac{(58165 \cdot OQ_3) - 2036580}{OQ_3}$$

$$= \frac{(58165 \cdot 286) - 2036580}{286} = 57044,09$$

$$tg \alpha = 57044$$

$$Q_2 = \frac{AB}{(58165 - 51044)} + 286$$

$$Q_2 = \frac{AB}{7121} + 286$$

Jadi BEP profit untuk pemakaian Jig dan Fixture adalah :

$$Q_2 = \frac{AB}{7121} + 286$$

yang merupakan fungsi biaya pembuatan Jig & Fixture

COST BEP

$$Cr(r) = tg \phi \cdot Q + OA$$

$$Cr(q) = tg \alpha \cdot Q + OA + AB$$

$$Cr(r) = \text{total cost tanpa Jig \& Fixture}$$

$$Cr(q) = \text{total cost dengan Jig \& Fixture}$$

Pada kondisi BEP $Cr(r) = Cr(q)$

$$tg \phi \cdot Q + OA = tg \alpha \cdot Q + OA + AB$$

$$(tg \phi - tg \alpha) = AB$$

$$Q = \frac{AB}{tg \phi - tg \alpha}$$

dimana :

$$tg \phi = \frac{(58165 \cdot 359) - 2036580}{359} = 5292$$

$$Q = \frac{AB}{(52492 - 51044)} = \frac{AB}{1448}$$

atau

$$Q_1 = \frac{AB}{1448}$$

Besar penghematan pemakaian Jig & Fixture

$$Sving = Cr(r) - Cr(q)$$

$$= (tg \phi \cdot Q + OA) - (tg \alpha \cdot Q + OA + AB)$$

$$= (tg \phi - tg \alpha)Q - AB$$

$$= 1448 Q - AB$$

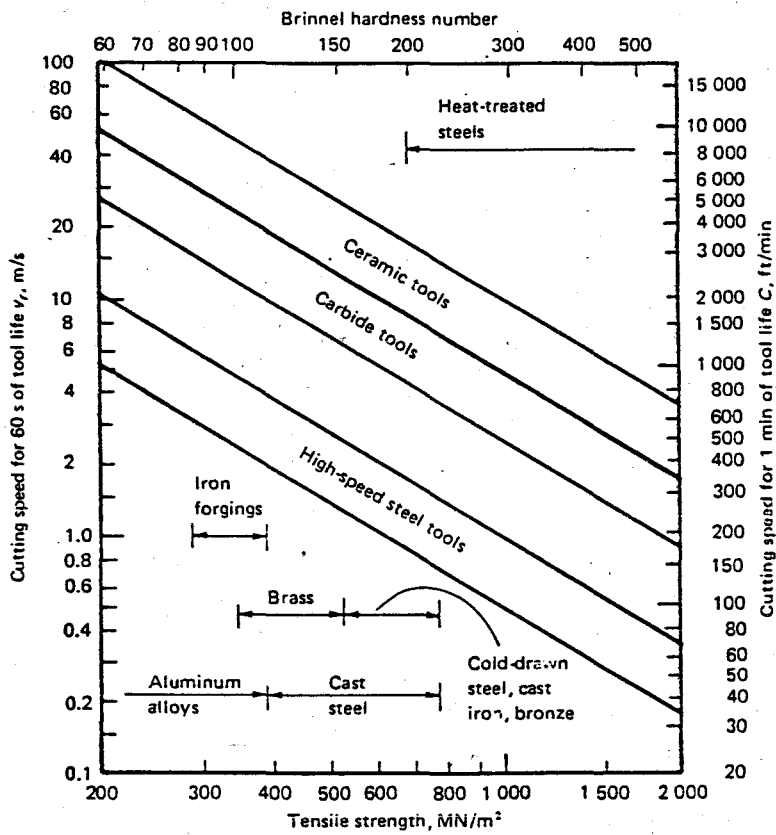
$$Saving = 1448 Q - AB$$

BAB VII

KESIMPULAN

Pada akhir perencanaan Jig & Fixture untuk proses pemesinan Universal Joint Yoke, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan penempatan benda kerja pada Jig & Fixture, maka persyaratan posisi operasi yang dikehendaki dapat dicapai / dipenuhi.
2. Stabilitas benda kerja selama operasi masining pada Jig & Fixture dapat dipenuhi.
3. Pada akhirnya dengan analisa Break Event Point dapat ditentukan tingkat produktivitas pada kondisi biaya yang ekonomis.



Approximate values of the cutting speed v_r when tool life $t_r = 60$ s.

Gambar 1 : Diagram cutting speed

Tabel 1 : Kondisi pemotongan untuk Bubut

CUTTING CONDITIONS					
Table Turning		ROUGH FINISH			
Work material	Tool material	Cutting speed, $m/min.$			
		Depth, mm			
		5 - 10	2 - 5	0.5 - 2	0.1 - 0.5
		Feed $mm/rev.$			
		0.4 - 0.6	0.25 - 0.5	0.2 - 0.3	0.05 - 0.2
Free-machining steels	HSS	20 - 40	40 - 70	40 - 110	50 - 120
	Carbide	90 - 150	120 - 180	150 - 250	200 - 500
Mild steels	HSS	25 - 35	30 - 50	30 - 60	40 - 80
	Carbide	60 - 120	80 - 150	120 - 200	150 - 450
Medium carbon steels	HSS	15 - 25	25 - 45	25 - 50	30 - 70
	Carbide	50 - 110	60 - 120	90 - 150	120 - 300
Alloy steels	HSS	10 - 15	15 - 25	15 - 35	20 - 45
	Carbide	30 - 65	40 - 80	60 - 100	80 - 180
Tool steels	HSS	15 - 20	20 - 25	20 - 30	30 - 60
	Carbide	50 - 110	60 - 120	90 - 150	120 - 300
Stainless steels	HSS	15 - 20	15 - 25	15 - 30	20 - 50
	Carbide	40 - 60	40 - 70	50 - 80	50 - 90
Cast iron: Grey, Ductile Malleable.	HSS	20 - 25	25 - 30	35 - 45	40 - 60
	Carbide	60 - 90	70 - 100	80 - 110	80 - 120
Aluminium alloys	HSS	40 - 70	70 - 100	90 - 120	100 - 200
	Carbide	60 - 150	80 - 180	90 - 450	150 - 600
Copper alloys	HSS	40 - 60	60 - 100	90 - 120	100 - 200
	Carbide	50 - 110	60 - 150	90 - 180	120 - 310
Magnesium alloys	HSS	40 - 70	70 - 100	90 - 120	100 - 200
	Carbide	60 - 150	80 - 180	90 - 450	150 - 600
Titanium alloys	HSS	10 - 15	15 - 30	30 - 50	50 - 90
	Carbide	15 - 30	30 - 50	50 - 90	60 - 120

Tabel 2 : Kondisi pemotongan untuk Bubut

Reference values for cutting angles — cutting speed — feed — depth of cut — coolant

Material	Tool	Cutting angles.			Roughing		Finishing		Coolant and lubricant	
					Depth of cut $a = 4 \dots 10$ mm		Depth of cut $a = 2 \dots 5$ mm		Roughing	Finishing
		α	β	γ	Cutting speed v m/min	Feed s mm/U	Depth of cut a mm	Cutting speed v m/min	Feed s mm/U	Depth of cut a mm
Steel Strength 50 kg mm ²	W HSS H	8°	62°	20°	14	0.5	4	20	0.2	1
		5°	67°	18°	22	1	10	30	0.5	1
50—70 kg mm ²	W HSS H	8°	68°	14°	10	0.5	4	15	0.2	1
		5°	75°	10°	20	1	10	24	0.5	1
70—85 kg mm ²	W HSS H	8°	68°	14°	8	0.5	4	12	0.2	1
		5°	75°	10°	15	1	10	20	0.5	1
Tool steel	W HSS H	8°	76°	6°	6	0.5	3	8	0.2	1
		5°	79°	6°	12	1	8	16	0.5	1

W = Tool steel
 HSS = High-speed steel
 H = cemented carbide
 E = Diluted soluble oil
 R = Rape-seed oil
 P = Kerosene
 dr = dry

For thread cutting v will be about $\frac{1}{2}$ of the cutting speed for longitudinal turning.

Tabel 3 : Kondisi pemotongan untuk Milling

CUTTING CONDITIONS

Table Milling

Work material	Tool material	Speed m/min.	Feed, mm per tooth				
			Face mills	Slab mills	Slott- ing and side mills	End mills	Form cutters
Free- machining steels	HSS	30-40	0.3	0.25	0.175	0.15	0.1
	Carbide	100-200					
Mild steels	HSS	25-40	0.25	0.2	0.15	0.125	0.1
	Carbide	90-130					
Medium carbon steels	HSS	20-30	0.2	0.15	0.125	0.1	0.075
	Carbide	60-90					
Alloy steels	HSS	10-20	0.15	0.1	0.075	0.06	0.05
	Carbide	40-55					
Tool steels	HSS	15-25	0.2	0.15	0.1	0.075	0.05
	Carbide	60-80					
Stainless steels	HSS	15-20	0.15	0.1	0.1	0.075	0.05
	Carbide	30-60					
Cast iron: Grey, Ductile, Malleable	HSS	20-30	0.35	0.3	0.2	0.175	0.1
	Carbide	70-100					
Aluminium alloys	HSS	60-100	0.5	0.4	0.3	0.25	0.175
	Carbide	60-180					
Copper alloys	HSS	40-75	0.3	0.25	0.2	0.175	0.15
	Carbide	60-100					
Magnesium alloys	HSS	60-100	0.5	0.4	0.25	0.2	0.175
	Carbide	60-180					
Titanium alloys	HSS	10-30	0.15	0.125	0.1	0.075	0.05
	Carbide	30-50					

Tabel 4 : Kondisi pemotongan untuk Milling

Reference values for cutting speed (v) and feed (s' in mm/min.).

Milling width b Depth of cut a	Cylindrical milling cutter (plain) $b = 100\text{ mm}$				Shell end mill $b = 70\text{ mm}$				Side milling cutter $b = 20\text{ mm}$			
	Roughing $a = 5\text{ mm}$		Finishing $a = 0.5\text{ mm}$		Roughing $a = 5\text{ mm}$		Finishing $a = 0.5\text{ mm}$		Roughing $a = 10\text{ mm}$		Finishing $a = 10\text{ mm}$	
	v	s'	v	s'	v	s'	v	s'	v	s'	v	s'
Carbon steel up to 65 kg/mm ²	17	100	22	60	17	100	22	70	18	100	22	40
Alloy steel, annealed, up to 75 kg/mm ²	14	80	18	50	14	90	18	55	14	80	18	30
Alloy steel, tempered, up to 100 kg/mm ²	10	50	14	36	10	55	14	42	12	50	14	25
Cast Iron up to 180 Brinell	12	120	18	60	12	140	18	70	14	120	18	40
Brass (Ms 58)	35	70	35	50	36	190	55	150	36	150	55	75
Light metal	200	200	250	100	200	250	250	110	200	200	250	100
Milling width b Depth of cut a	End milling cutter $b = 25\text{ mm}$				Inserted blade cutter $b = 180\text{ mm}$				Slitting Saws $b = 2.5\text{ mm}$			
	Roughing $a = 5\text{ mm}$		Finishing $a = 0.5\text{ mm}$		Roughing $a = 5\text{ mm}$		Finishing $a = 0.5\text{ mm}$		Roughing $a = 10\text{ mm}$		Finishing $a = 10\text{ mm}$	
	v	s'	v	s'	v	s'	v	s'	v	s'	v	s'
Carbon steel up to 65 kg/mm ²	17	50	22	120	20	20	30	50	45	50		
Alloy steel, annealed, up to 75 kg/mm ²	15	40	18	100	16	65	23	40	35	40		
Alloy steel, tempered, up to 100 kg/mm ²	13	20	17	65	14	36	18	30	25	30		
Cast Iron up to 180 Brinell	15	60	18	120	16	100	24	90	35	80		
Brass (Ms 58)	35	80	55	120	50	200	60	120	350	200		
Light metal	160	90	180	120	250	250	300	90	320	180		

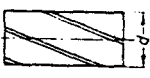
Numbers of revolutions of milling cutters per min.

Cutting speed v in m/min	Cutter diameter d in mm									
	40	50	60	75	90	110	130	150	175	200
6	48	38	32	26	21	17	15	13	11	10
8	64	51	42	34	28	23	20	17	15	13
10	79	64	53	42	35	29	24	21	18	16
12	96	76	64	51	42	35	29	25	22	19
14	112	89	73	60	50	40	34	30	26	22
18	145	115	96	76	64	52	44	38	33	29
22	175	140	117	93	77	64	54	47	40	35
26	210	165	140	110	91	75	65	56	48	42
30	240	190	160	128	105	87	73	64	55	48
35	280	225	185	150	125	100	86	74	64	56
40	320	255	210	170	140	116	98	86	72	64
45	360	287	240	190	160	130	110	95	82	72
50	400	318	265	212	177	145	122	106	91	80

Tabel 5 : Kondisi pemotongan untuk Milling

Reference values for numbers of teeth and angles on the cutting edge of milling cutters of high speed steel.

α = Clearance angle λ = Helix angle, spiral angle of the cutting edge towards axis.
 γ = Rake angle

Type of cutter	Normal steels upto 75 kg/mm ² tensile strength			Tough materials upto 100 kg/mm ² tensile strength			Light metals		
	ϕ	Number of teeth	Lip angles γ	ϕ	Number of teeth	Lip angles γ	ϕ	Number of teeth	Lip angles γ
Cylindrical cutters Plain Milling cutters	40	6	Conven- tional milling	40	10	Conven- tional milling	40	4	Conven- tional milling
	50	6		50	10		50	4	
	60	6		60	10		60	4	
	75	6	7° 10° 38°	75	12	4° 5° 35°	75	5	8° 25° 45°
	90	8	Climb- milling	90	14	Climb- milling	90	5	Climb- milling
	110	8		110	16		110	6	
	130	10		12° 16° 35°	130		16	8° 12° 30°	
150	10		150	18		150	8		
Shell end mills	40	8	Conven- tional milling	40	12	Conven- tional milling	40	4	Conven- tional milling
	50	10		50	14		50	5	
	60	10		60	14		60	6	
	75	10		75	16		75	6	
	90	12	7° 10° 20°	90	18	4° 5° 20°	90	6	8° 25° 35°
	110	12		110	20		110	7	
	130	14		130	22		130	8	
150	16		150	24		150	10		
Side and face cutters	50	10	Conven- tional milling	50	16	Conven- tional milling	50	4	Conven- tional milling
	60	10		60	16		60	6	
	75	12		75	18		75	6	
	90	12	α γ λ	90	20	α γ λ	90	8	α γ λ
	110	14	7° 12° 15°	110	22	5° 6° 10°	110	8	8° 25° 30°
	130	16	Climb- milling	130	24	Climb- milling	130	10	Climb- milling
	150	18		150	26		150	10	
175	18	α γ λ		175	28		α γ λ	175	
200	20	12° 18° 15°	200	30	8° 14° 12°	300	12	14° 30° 30°	
End milling cutters	10	4	Conven- tional milling	10	6	Conven- tional milling	10	3	Conven- tional milling
	12	4		12	6		12	3	
	14	5		14	6		14	3	
	16	5		16	8		16	3	
	20	6	7° 8° 15°	20	8	4° 6° 15°	20	4	8° 20° 25°
	24	6		24	8		24	4	
	30	6		30	10		30	4	
	36	6		36	10		36	5	
40	6		40	10		40	5		

Tabel 6 : Kondisi pemotongan circular sawing

Cutting Speeds, Feeds, and Rake Angles for Circular Saws Having High Speed
Steel Teeth

Material	Cutting Speed, ft per min	Saw Feed, in. per min	Tooth Rake, degrees
Aluminum—soft	2000-4000	25-40	20-30
Aluminum—hard	500-1500	15-30	10-20
Brass—soft	400-600	15-30	15-20
Brass—hard	300-450	8-15	10-15
Bronze	250-400	8-30	15-20
Cast iron	35-60	3-9	5-10
Copper	800-2000	20-40	20-25
Steels—40-65,000 psi tensile	80-100	5-8	15-20
Steels—70-85,000 psi tensile	60-80	5-8	15-20
Steels—85-100,000 psi tensile	50-65	4-7	10-15
Steels—rails—soft	55-65	3-6	5-10
Steels—rails—hard	40-55	1-3	5-10
Steels—cast—hard	40-55	3-6	5-10
Steels—tubes—thick wall	80-100	5-8	15-20
Steels—tubes—thin wall	120-160	6-15	15-20

Tabel 7 : Kondisi pemotongan untuk Drilling, Taping, Broaching

CUTTING CONDITIONS			
Table Drilling-Reaming-Tapping			
Work material	Cutting speed, <i>m/min.</i>		
	Drilling	Reaming	Tapping
Free machining steels	20-30	11-15	9-12
Mild steels	20-23	11-14	11-12
Medium carbon steels	14-20	9-14	8-11
Alloy steels	18-22	10-14	10-12
Tool steels	5-8	3-5	3-5
Stainless steels	12-15	9-25	8-9
Cast iron:			
Grey, Ductile and Malleable	20-23	12-17	9-12
Aluminium alloys	35-55	25-30	14-18
Copper alloys	30-45	20-40	9-12
Magnesium alloys	60-105	30-40	15-25
Titanium alloys	12-15	9-25	8-9

Table 278

Hole dia. <i>mm</i>	Feed, <i>mm/rev.</i>	
	Drilling	Reaming
1.5-2.5	0.04-0.06	0.08-0.13
3-4	0.05-0.1	0.1 -0.2
4.5-5.5	0.05-0.13	0.15-0.3
6-8.5	0.1 -0.18	0.2 -0.4
9-11.5	0.12-0.2	0.3 -0.51
12-14.5	0.15-0.25	0.41-0.61
15-18	0.18-0.28	0.46-0.66
18.5-20.5	0.2 -0.3	0.5 -0.71
21-24	0.23-0.33	0.56-0.76
25-29	0.25-0.36	0.61-0.81
30-38	0.28- 0.41	0.71-0.91
over 38	0.3 -0.41	0.81-1.00

Table 279 Broaching

Work material	Rise per tooth <i>mm</i>	Cutting speed <i>m/min.</i>
Free machining steels	0.1	9
Mild steels	0.1	6-9
Medium carbon steels	0.075	3-8
Alloy steels	0.085	5-9
Tool steels	0.05	3-6
Stainless steels	0.075	4-6
Cast iron:		
Grey, Ductile & Malleable	0.1	7-9
Aluminium alloys	0.15	9-15
Copper alloys	0.125	8-9
Magnesium alloys	0.15	9-15
Titanium alloys	0.025	1.5-3

Tabel 8 : Kondisi pemotongan untuk Grinding

CUTTING CONDITIONS

Table Surface grinding, horizontal spindle, reciprocating table

Work material	Hardness	Wheel speed m/sec.	Table speed m/min.	Down feed mm/pass	Cross feed mm/pass	Wheel
Free-machining steels Mild steels Medium carbon steels	upto 48HRC	28-32	15-30	Rough 0.075	1.25 to 12.5 ($\frac{1}{4}W$)*	A46JV
				Finish 0.025 Max.		
	48-65 HRC	28-32	15-30	Rough 0.05	0.65 to 12.5 ($\frac{1}{10}W$)*	A46JV
				Finish 0.0125 Max.		
Alloy steels	Upto 48HRC	28-32	15-30	Rough 0.075	1.25 to 12.5 ($\frac{1}{4}W$)*	A46JV
				Finish 0.0125 Max.		
Tool steels	100-250 HB	28-32	15-30	Rough 0.05	0.625 to 6.25 ($\frac{1}{10}W$)*	A46JV
				Finish 0.0125 Max.		
	56-65 HRC	28-32	15-30	Rough 0.05	0.625 to 12.5 ($\frac{1}{10}W$)*	A46JV
				Finish 0.0125 Max.		
Stainless steels	135-275 HB	28-32	15-30	Rough 0.05	1.25 to 12.5 ($\frac{1}{4}W$)*	A46JV
				Finish 0.0125 Max.		
Cast iron: Grey, Ductile, Malleable	upto 45HRC	28-32	15-30	Rough 0.05	1.25 to 12.5 ($\frac{1}{5}W$)*	A46JV
				Finish 0.0125 Max.		
Alluminium alloys	30-150 HB	20-25	15-30	Rough 0.075	1.25 to 12.5 ($\frac{1}{3}W$)*	C46KV
				Finish 0.025 Max.		
Copper alloys	10-100 HRB	28-32	15-30	Rough 0.075	1.25 to 12.5 ($\frac{1}{2}W$)	C46KV
				Finish 0.0125		
Magnesium alloys	40-90 HB	20-25	15-30	Rough 0.075	1.25 to 12.5 ($\frac{1}{3}W$)*	C46KV
				Finish 0.025 Max.		
Titanium alloys	300-380 HB	25-30	12	Rough 0.025	0.625 to 12.5 ($\frac{1}{10}W$)*	C46KV
				Finish 0.0125 Max.		

Values in brackets refer to maximum cross feed in terms of wheel width, W being the maximum wheel width.

