



TUGAS AKHIR - TM 145502

**PERENCANAAN *TRUNION FIXTURE* UNTUK PROSES
MACHINING PART HEADSTOCK PADA MTU-150
LATHE DI PT. CNC CONTROLLER INDONESIA**

DIAS SYAH AJI PRAMUDYA
NRP 10211500000071

Dosen Pembimbing
Ir. Nur Husodo, M.S
NIP 19610421 198701 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TM 145502

**DESIGN OF TRUNION FIXTURE FOR PART MACHINING
PROCESS OF HEADSTOCK ON MTU-150 LATHE AT
PT. CNC CONTROLLER INDONESIA**

**DIAS SYAH AJI PRAMUDYA
NRP 10211500000071**

**COUNSELOR LECTURER
Ir. Nur Husodo, M.S
NIP 19610421 198701 1 001**

**DIPLOME III PROGRAM
INDUSTRIAL MECHANICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty Of Vocation
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN *TRUNION FIXTURE* UNTUK PROSES *MACHINING PART HEADSTOCK* PADA *MTU-150 LATHE* DI PT. CNC CONTROLLER INDONESIA

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Ahli Madya Teknik Mesin Industri
Pada Bidang Studi Manufaktur
Program Studi Diploma III
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

DIAS SYAH AJI PRAMUDYA
NRP. 1021150000071

Mengetahui dan Menyetujui
Dosen Pembimbing



Surabaya, Agustus 2018

**PERENCANAAN *TRUNION FIXTURE* UNTUK PROSES
MACHINING PART HEADSTOCK PADA MTU-150 LATHE
DI PT. CNC CONTROLLER INDONESIA**

Nama Mahasiswa : Dias Syah Aji Pramudya
NRP : 10211500000071
Jurusan : Departemen Teknik Mesin Industri
Dosen Pembimbing : Ir. Nur Husodo, M.S

Abstrak

Headstock merupakan komponen penting dari mesin bubut konvensional ataupun non-konvensional (MTU-150 LATHE). Komponen ini berfungsi sebagai penopang atauudukan spindle shaft yang terhubung dengan chuck, sehingga komponen ini memiliki line center yang lurus dengan sumbu x pada mesin. Part headstock MTU-150 LATHE merupakan hasil pengecoran gray cast iron yang masih melalui proses pemesinan, salah satunya pada bagian lubang dudukan bearing spindle shaft. Seringkali saat proses pemesinan ini muncul permasalahan hasil tidak center, sebab pada pengerjaannya hanya mengandalkan sistem pencekaman pada ragum. Maka dibutuhkanlah jig and fixture yang menggunakan satu kali proses loading tanpa harus mengalami reposisi pada benda kerja. Dan untuk mendapatkan line center pengerjaan antara dua lubang dudukan bearing, oleh karena itu dirancanglah konsep trunion fixture pada part headstock ini.

Langkah pertama dalam menganalisa konstruksi trunion fixture menggunakan bantuan software Autodesk Inventor dilakukan pemilihan bentuk atau jenis locator lalu dilakukan perancangan desain trunion fixture dalam bentuk 3D. Selanjutnya, penentuan material serta analisa konstruksi trunion fixture menggunakan stress analysis pada menu yang terdapat dalam fitur Autodesk Inventor. Stress analysis digunakan untuk menganalisa dan menentukan nilai tegangan yang terjadi pada desain trunion fixture.

Pada trunion fixture dilakukan analisa derajat kebebasan pada pencekaman dengan sistem ulir pengunci yang terhubung dengan moving cone locator dan kontur locator tersebut didapatkan hasil bahwa trunion fixture ini mampu mematikan 11 derajat kebebasan dan saat proses clamp dengan cone locator dapat mematikan ke 12 derajat kebebasan benda kerja. Dengan memberikan gaya pada kedua pillar sebesar 54,352 N menggunakan software Autodesk Inventor tersebut maka didapatkan tegangan maksimum von mises stress analysis 13,88 MPa. Hasil perhitungan manual dari Maksimum Shear Stress Theory diperoleh nilai $S_{yp} \geq 0,122$ MPa. Dari semua nilai tegangan maksimum yang didapat dari hasil pengujian memiliki nilai lebih kecil dari tegangan maksimum material yang diizinkan sebesar 345 MPa. Maka desain dan konstruksi bisa dikatakan aman dan mampu menahan berat dari benda kerja serta gaya pada proses pemesinan.

Kata kunci : trunion fixture, stress analysis, derajat kebebasan, headstock, locator.

**DESIGN OF TRUNION FIXTURE FOR PART MACHINING
PROCESS OF HEADSTOCK ON MTU-150 LATHE AT
PT. CNC CONTROLLER INDONESIA**

Nama Mahasiswa : Dias Syah Aji Pramudya
NRP : 1021150000071
Jurusan : Departemen Teknik Mesin Industri
Dosen Pembimbing : Ir. Nur Husodo, M.S

Abstract

Headstock is an important component of conventional or non-conventional lathes (MTU-150 LATHE). This component serves as a support or spindle shaft holder connected to the chuck, so this component has a straight line center with the x axis on the machine. MTU-150 LATHE headstock part is the result of gray cast iron casting which is still through the machining process, one of which is in the spindle shaft bearing mounting hole. Often when this machining process arises the results are not center problems, because the process only relies on the gripping system in the vise. Then it takes a jig and fixture that uses a single loading process without having to reposition on the workpiece. And to get the line center work between two bearing bearing holes, therefore the concept of a trunion fixture is designed on this headstock part.

The first step in analyzing the trunion fixture construction using the help of Autodesk Inventor software is the selection of the form or type of locator and the design of the fixture trunion design in 3D. Furthermore, the determination of material and trunion fixture construction analysis using stress analysis on the menu contained in Autodesk Inventor feature. Stress analysis is used to analyze and determine the voltage value that occurs in the fixture trunion design.

In the trunion fixture, a degree of freedom analysis on the grip with a locking screw system is connected to the moving cone locator and contour locator and the result is that the fixture trunion is able to turn off 11 degrees of freedom and when the clamp

process with the cone locator can turn off to 12 degrees of workpiece. By giving style to the two pillars of 54,352 N using the Autodesk Inventor software, the maximum voltage of von mises stress analysis is 13.88 MPa. The results of the manual calculation of the Maximum Shear Stress Theory obtained the value of $S_{yp} \geq 0.122$ MPa. Of all the maximum voltage values obtained from the test results, the value is less than the maximum permissible material voltage of 345 MPa. Then the design and construction can be said to be safe and able to withstand the weight of the workpiece and the style of the machining process.

Keyword : trunion fixture, stress analysis, degrees of freedom, headstock, locator.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas karunia, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “PERENCANAAN *TRUNION FIXTURE* UNTUK PROSES *MACHINING PART HEADSTOCK* DI PT. CNC CONTROLLER INDONESIA”.

Tersusunnya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan dan kerja sama yang baik dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung yang terlibat didalam Tugas Akhir ini.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak **Ir. Nur Husodo, M.S** selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberi pengarahan serta bimbingan kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak **Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT.** selaku ketua Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
3. Bapak **Ir. Suhariato, MT.** selaku koordinator tugas akhir Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
4. Bapak **Dr. Ir. Bambang Sampurno, MT.** selaku dosen wali yang telah membimbing selama perkuliahan.
5. Bapak/Ibu dosen dan Karyawan Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS yang telah membimbing dan membantu selama perkuliahan.
6. Bapak **Dr. Farkhan, ST. MT., Ruswanto** dan mas **Wahyu** selaku pembimbing di PT. CNC Controller Indonesia dalam observasi lapangan dan pengambilan data untuk Tugas Akhir ini.
7. Kedua orang tua, **Sjahrul Harijadi** dan **Ika Andriani** dan **Ken Audia** selaku saudara serta keluarga saya yang telah memberikan restu, nasihat, kasih sayang, motivasi, dukungan moril dan materi,

serta doa selama perkuliahan ini yang tidak pernah bosan untuk mendukung selama ini.

8. **Hamis Amalia Rizqiani Fathaya** serta seluruh keluarga dan saudaranya atas dukungan motivasi dan do`a, semoga kebaikannya akan terbalaskan.
9. **Millahussoliha, Wim Adiyosanta, Muhammad Baqir Husni** yang telah membantu saya dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
10. **Teman-teman Departemen Diploma 3 Teknik Mesin Industri angkatan 2015** yang senantiasa memberikan dukungan dan masukan yang sangat berarti, semoga persaudaraan dan kebersamaan kita tetap utuh sampai tua.
11. Serta berbagai pihak yang belum tertulis tetapi sangat berarti dalam penulisan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tidak ada yang sempurna di dunia ini, demikian juga dalam Tugas Akhir ini. Maka dari itu penulis berharap Tugas Akhir ini dapat dikembangkan dan disempurnakan lebih lanjut. Semoga segala keikhlasan dan bantuan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah yang Maha Esa.

Surabaya, Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xviii

BAB I

PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat Masalah	3
1.5. Batasan Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Dasar Teori	6
2.2.1 Cara Kerja <i>Trunion Fixture Headstock</i>	6
2.2.2 Toleransi	7
2.2.3 Kebulatan	11
2.2.3.1 Arti dari Grafik dan Parameter Kebulatan	13
2.2.3.2 Parameter Kebulatan.....	16
2.2.4 Pertimbangan Umum Pembuatan <i>Jig And Fixture</i>	18
2.2.5 Aspek Teknis Pembuatan <i>Jig And Fixture</i>	19
2.2.6 Prinsip Rancangan <i>Jig dan Fixture</i>	20
2.2.7 <i>Loading and Unloading</i>	23

2.2.8	Proses <i>Milling</i>	24
2.2.8.1	Proses Kerja <i>Milling</i>	24
2.2.8.2	Gerakan dalam Mesin <i>Milling</i>	25
2.2.8.3	Parameter Proses <i>Milling</i>	26
2.2.9	<i>Screw Clamp</i>	29
2.2.10	<i>Locating Element</i>	30

BAB III

METODOLOGI	33
3.1 Diagram Alir Penelitian	33
3.2 Analisa Konstruksi <i>Trunion Fixture Headstock</i>	37
3.2.1 Analisa Perhitungan Manual.....	37
3.2.2 Analisa <i>Software Autodesk Inventor</i>	39

BAB IV

PERENCANAAN <i>TRUNION FIXTURE</i>	47
4.1. Perencanaan Komponen.....	47
4.1.1 <i>Base Plate</i>	50
4.1.2 <i>Pillar Indexing</i>	50
4.1.3 <i>Pillar Moving Cone Locator</i>	51
4.1.4 Poros <i>Indexing</i>	51
4.1.5 Poros <i>Moving Cone Locator</i>	52
4.1.6 Dinding <i>Locator Contour Body</i>	53
4.1.7 Dinding <i>Moving Conical Locator</i>	53
4.1.8 <i>Locator Contour Body</i>	54
4.1.9 <i>Handle Cone Locator</i>	55
4.1.10 <i>Cone Locator</i>	55
4.1.11 <i>Latch Pin Indexing</i>	56
4.1.12 <i>Connecting Plate</i>	56
4.2. Analisa <i>Trunion Fixture Headstock</i>	57
4.2.1 Analisa Perencanaan <i>Trunion Fixture</i>	58
4.2.1.1 Analisa Derajat Kebebasan	58
4.2.1.2 Gaya yang Terjadi saat Pemesinan.....	64

4.2.1.3 Gaya Cekam <i>Trunion Fixture</i> Terhadap Benda Kerja	68
4.2.1.4 Kekuatan Baut atau Ulir Pencekam	70
4.2.2 Analisa Gaya Internal	73
4.2.3 Analisa Menggunakan <i>Software Autoodesk Inventor</i>	78
4.3 Pembahasan	82

BAB V

PENUTUP	85
5.1. Kesimpulan	85
5.2. Saran	86

DAFTAR PUSTAKA	87
----------------------	----

BIODATA PENULIS

LAMPIRAN

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	<i>Road map trunion fixture headstock</i>	2
Gambar 2.1	Toleransi Kebulatan	10
Gambar 2.2	Toleransi Kesilindrisan	11
Gambar 2.3	Toleransi kelurusan	11
Gambar 2.4	Toleransi Kesejajaran.....	12
Gambar 2.5	Toleransi Ketegaklurusan.....	13
Gambar 2.6	Ketidak telitian pengukuran kebulatan	14
Gambar 2.7	Bentuk Profil Kebulatan.....	16
Gambar 2.8	Letak Profil Kebulatan dapat Dibuat Sekehendak Relatip terhadap Pusat Grafik Polar	16
Gambar 2.9	<i>Tonjolan B dan C akan tergambar pada grafik dengan posisi sudut yang sama pada benda ukur.....</i>	17
Gambar 2.10	Eksentrisitas menyebabkan penyimpangan bentuk profil kebulatan.....	17
Gambar 2.11	Empat jenis lingkaran referensi untuk menentukan parameter	18
Gambar 2.12	Derajat Kebebasan	23
Gambar 2.13	Prinsip 3-2-1.....	24
Gambar 2.14	Prinsip 4-2-1.....	25
Gambar 2.15	Skema Proses Kerja <i>Milling</i>	27
Gambar 2.16	Gambar skematis proses frais vertikal dan frai horisontal.....	29
Gambar 2.17	Gaya pada <i>locating element</i>	32
Gambar 3.1	Diagram alir (<i>flow chart</i>) utama	37
Gambar 3.2	Diagram Alir Proses Analisa dengan Perhitungan Awal.....	40
Gambar 3.3	Diagram Alir Proses Pembuatan <i>Part Design</i>	42
Gambar 3.4	Menu <i>part design autodesk inventor</i>	42
Gambar 3.5	Contoh pemodelan <i>part design trunion fixture</i>	43
Gambar 3.6	Diagram Alir Analisa <i>software autodesk inventor</i>	46
Gambar 4.1	Desain <i>trunion fixture</i>	47
Gambar 4.2	Rancangan 3D <i>trunion fixture</i> posisi 90°.....	49
Gambar 4.3	Rancangan 3D <i>trunion fixture</i> posisi 270°.....	49

Gambar 4.4 Komponen <i>Base Plate</i>	50
Gambar 4.5 <i>Pillar Indexing</i> samping sisi kiri	51
Gambar 4.6 <i>Pillar Moving Cone Locator</i>	51
Gambar 4.7 Poros <i>Indexing</i>	52
Gambar 4.8 Poros <i>Moving Cone Locator</i>	52
Gambar 4.9 Dinding <i>Locator Contour Body</i>	53
Gambar 4.10 Dinding <i>Moving Cone Locator</i>	54
Gambar 4.11 <i>Locator Contour Body</i>	54
Gambar 4.12 <i>Handle Cone Locator</i>	55
Gambar 4.13 <i>Cone Locator</i>	56
Gambar 4.14 <i>Latch Pin Indexing</i>	56
Gambar 4.15 <i>Connecting Plate</i>	57
Gambar 4.16 derajat kebebasan pada sumbu x negatif	58
Gambar 4.17 derajat kebebasan pada sumbu y positif	58
Gambar 4.18 derajat kebebasan pada sumbu y negatif	59
Gambar 4.19 derajat kebebasan pada sumbu z positif.....	59
Gambar 4.20 derajat kebebasan pada sumbu z negatif.....	62
Gambar 4.21 derajat kebebasan pada sumbu x <i>clock wise</i> .	64
Gambar 4.22 derajat kebebasan pada sumbu x <i>counter clock wise</i>	65
Gambar 4.23 derajat kebebasan pada sumbu y <i>clock wise</i> .	65
Gambar 4.24 derajat kebebasan pada sumbu y <i>counter clock wise</i>	66
Gambar 4.25 derajat kebebasan pada sumbu z <i>clock wise</i> .	66
Gambar 4.26 derajat kebebasan pada sumbu z <i>counter clock wise</i>	67
Gambar 4.27 derajat kebebasan pada sumbu x positif	67
Gambar 4.28 Sketch perpotongan tampak depan	70
Gambar 4.29 Diagram gaya cekam fixture pada benda kerja	72
Gambar 4.30 Dimensi pada baut atau ulir pencekam.....	75
Gambar 4.31 gaya internal yang bekerja pada <i>trunion fixture</i>	78

Gambar 4.32	Reaksi tumpuan bidang horizontal	79
Gambar 4.33	Reaksi tumpuan bidang vertikal	79
Gambar 4.34	potongan diagram momen	80
Gambar 4.35	Hasil <i>von misses stress analysis</i>	81
Gambar 4.36	Hasil <i>1st Principal Stress Analysis</i>	82
Gambar 4.37	Hasil <i>3rd Principal Stress Analysis</i>	82
Gambar 4.38	Hasil analisa <i>safety factor</i>	82

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nama komponen trunion fixture	47
Tabel 4.2 tabulasi material kecepatan potong.....	64
Tabel 4.3 tabulasi material sayatan pergigi dalam milimeter	65
Tabel 4.4 <i>specific energy</i> dan <i>unit horse power</i> untuk berbagai macam bahan logam.....	67

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

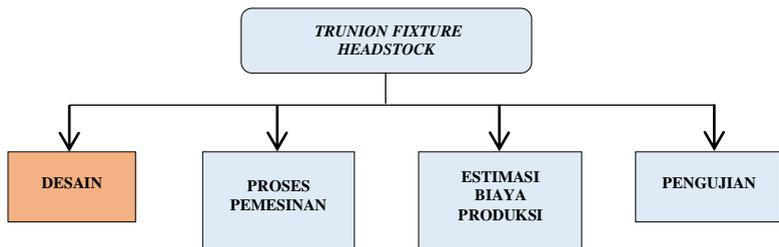
1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam industri produk masal sangat pesat dimana dalam hal tersebut kita dituntut untuk mengembangkannya. Pada kasus ini, dalam mendapatkan produk mesin MTU-1500 Lathe yang memiliki kualitas dan kepresisian tinggi, PT. CNC Controller Indonesia membutuhkan hasil *part headstock* sesuai toleransi yang diberikan. Untuk mengurangi jumlah proses *repair* khususnya *part headstock* dalam produksi masal mesin MTU-150 Lathe, maka dirancanglah sebuah alat *trunion fixture* dengan *centralizer* yang membantu dalam proses manufaktur. Alat ini nantinya akan digunakan pada mesin CNC *milling*. Dalam menerapkan sistem *trunion* ini benda kerja dapat berputar 360° dibantu dengan *indexing lock pin* untuk besar derajat putarannya. Pemilihan *trunion* diambil karena kontur headstock yang tidak rata sebab hasil pengecoran. Dan penggunaan *centralizers* bertindak sebagai *locator*, dengan bentuk *cone* nya membantu proses *clamp* pada *part* tetap satu sumbu (*center*).

Masalah yang diangkat dalam proses produksi ini yaitu banyaknya *part headstock* yang di-*reject* oleh PT. CNC Controller Indonesia pada proses *repair part*. Hal tersebut menyebabkan *spindle shaft* tidak mendapatkan titik sumbu tengah pada proses *assembling headstock*, *ball bearing* dan *spindle shaft*. Masalah yang menyebabkan produk tidak dapat beroperasi tersebut berdampak besar dengan proses produksi yang terhambat oleh *re-machining* ulang suatu *part*. Oleh karena itu, dirancanglah desain alat tersebut guna membantu operator mesin CNC dalam proses *repair part headstock*. Kasus ini dalam pengujian sebelumnya masih belum ada, maka diharapkan kedepannya alat ini mampu diterapkan dan dikembangkan lagi.

Apabila penggunaan alat ini mampu diterapkan dalam proses *repair part headstock* pada PT. CNC Controller Indonesia, maka

proses produksi akan menjadi lebih cepat dan membuat biaya produksi menjadi lebih rendah. Jika biaya produksi lebih rendah perusahaan akan mendapat keuntungan yang lebih besar dan dapat membuat industri manufaktur menjadi lebih berkembang. Dalam pembuatan *trunion fixture headstock* ini dibagi menjadi 4 tahapan seperti pada gambar 1.1 yaitu desain, proses pemesinan, estimasi biaya produksi dan pengujian.



Gambar 1.1 Road map *trunion fixture headstock*

1.2 Perumusan Masalah

Pada tugas akhir ini perumusan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain rancangan *trunion fixture headstock* dengan konstruksi yang baik untuk mendapatkan satu sumbu dengan rumah bearing pada *spindle shaft*.
2. Bagaimana menganalisa konstruksi *trunion fixture headstock* dengan analisa perhitungan manual dan analisa bantuan *software autodesk inventor*.

1.3 Tujuan Perencanaan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendesain *trunion fixture headstock* dengan konstruksi yang baik untuk mendapatkan satu sumbu dengan rumah bearing pada *spindle shaft*.
2. Menganalisa konstruksi *trunion fixture headstock* agar mendapatkan konstruksi dengan kualitas yang baik dan

aman dengan analisa perhitungan manual dan analisa bantuan *software autodesk inventor*.

1.4 Manfaat Perencanaan

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan desain *trunion fixture headstock* yang sesuai dengan langkah kerja mesin pada umumnya.
2. Membantu proses *repair part headstock* sehingga efektivitas produksi meningkat.
3. Mengurangi jumlah *part* yang di *reject* pada saat proses pemesanan.
4. Menghasilkan *part headstock* yang mempunyai kualitas geometri yang baik.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dipakai dalam permasalahan ini adalah sebagai berikut:

1. *Trunion fixture headstock* dapat berputar 360° sesuai jumlah rasio *indexing lock pin*.
2. Penggunaan *locator centralizer* untuk penempatan part *headstock* di sumbu-x pada lubang akses kabel motor penggerak *z-axis*.
3. Dimensi dan letak geometri lubang akses kabel motor penggerak *z-axis* pada *part headstock* disesuaikan dengan desain konstruksi *trunion fixture*.
4. Pembahasan hanya meliputi desain dan konstruksi.
5. Analisa terhadap gaya atau beban yang terjadi dari *trunion fixture* bersifat statis.
6. Analisa perhitungan manual hanya meliputi gaya kritis yang terjadi pada sistem *locator*.
7. Analisa konstruksi hanya menggunakan *software Autodesk Inventor 2017*.
8. Penginputan pada analisa software *Autodesk Inventor* hanya meliputi gaya yang terjadi pada kedua *pillar* dan beban total *trunion fixture*.

1.6 Sistematika Penulisan

a) Bab I Pendahuluan

Menjelaskan tentang latar belakang dari tinjauan secara umum, perencanaan, perumusan masalah, tujuan analisa, manfaat analisa, batasan masalah serta sistematika penulisan

b) Bab II Tinjauan Pustaka

Berisi tentang uraian dasar teori yang mendukung penulisan serta sebagai acuan yang dapat digunakan dalam proses pengerjaan *trunion fixture headstock*.

c) Bab III Metodologi Perencanaan

Berisi tentang uraian langkah-langkah yang dilakukan dalam proses perencanaan dan analisa perhitungan *trunion fixture headstock*.

d) Bab IV Perencanaan *trunion fixture headstock*

Penjelasan tentang perencanaan pada setiap komponen yang terdapat pada *trunion fixture headstock*.

e) Bab V Analisa *trunion fixture headstock*

Penjelasan tentang cara kerja, komponen-komponen penyusun dan analisa terhadap gaya-gaya yang bekerja pada *trunion fixture headstock* menggunakan perhitungan manual dan *software*.

f) Bab VI Evaluasi analisa hasil dan pembahasan

Penjelasan tentang rangkuman hasil dari analisa dengan perhitungan manual dan perhitungan dengan *software* serta pembahasan tentang rancangan *trunion fixture*.

g) Bab VII Kesimpulan dan Saran

Berisi tentang kesimpulan dan saran yang didapatkan dari perbandingan analisa perhitungan manual dengan analisa menggunakan *software*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Untuk perencanaan desain *trunion fixture* untuk headstock MTU-150 *Lathe* ini terdiri dari perencanaan konstruksi, analisa perhitungan manual dan analisa menggunakan *software autodesk inventor* dan yang mempengaruhi peranan dari perencanaan *trunion fixture* ini antara lain sebagai berikut.

Pada referensi perencanaan konstruksi diambil dari tugas akhir sebelumnya yaitu, Ade Indrayana (2004), [4] dan Rismu Landung Gumilang (2017), [10] tentang perencanaan dan perancangan *flexible fixture*. Dalam perancangan sebelumnya konstruksi yang diterapkan didesain atau dirancang dengan *chuck* pencekam dan penggunaan motor servo untuk gerakan pada tiap sumbunya, karena perancangan alat *flexible fixture* tersebut diperuntukan untuk benda kerja yang berbeda-beda untuk proses pemesinan pada mesin CNC. Dalam analisa perencanaan mengambil referensi dari Mario, A., 2004, Perancangan *Fixture* untuk benda kerja round dan square pada mesin EDM *wire cut*[2]. Analisa tersebut meliputi gaya pencekaman dan gaya kritis yang terjadi pada *trunion fixture*.

Secara keseluruhan penelitian yang ada didalam tugas akhir ini yaitu mencari desain dari konstruksi *jig and fixture* yang tepat untuk benda kerja headstock pada MTU-150 *Lathe*. Pada akhirnya menemukan konsep *trunion fixture* yang dikombinasi dengan *locator centralizer* dan penggunaan *indexing pin lock* untuk berpindah rotasi dari sisi-sisi ($90^\circ, 180^\circ, 270^\circ, 360^\circ$) yang akan di *machining* pada benda kerja headstock. Dengan pengambilan referensi diatas diharapkan alat yang dihasilkan dalam proses manufaktur menjadi sebuah alternatif untuk mengurangi *time set up* pada proses pemesinan benda kerja headstock di PT. CNC Controller Indonesia.

2.2 Dasar Teori

Pada umumnya konsep rancangan *trunion* ini diterapkan pada proses pengelasan atau biasanya disebut *trunion welding fixture*. Saat proses pengelasan juga ada media untuk pencekam antara benda kerja dengan *trunion welding fixture* tersebut, sehingga untuk metode penerapannya hampir sama dengan *trunion fixture headstock*. Ini dikarenakan dengan penerapan konsep *trunion* tersebut, si *welder* atau operator tidak perlu lagi melakukan reposisi pada suatu benda kerja. Selain itu juga karena di dalam proses pengelasan terdapat berbagai macam bentuk benda kerja dan posisi, sebagai contoh posisi flat, vertikal, horizontal, dan overhead.

Trunion fixture headstock merupakan sebuah alat pencekam yang tujuan penggunaannya untuk membantu proses pemesinan part *headstock* pada produk mesin mini CNC (MTU-1500 Lathe). *Trunion fixture headstock* digunakan pada mesin CNC Milling pada umumnya. *Trunion fixture headstock* merupakan alat pencekam yang bisa berputar 360° secara manual dengan bantuan *indexing lock pin*. Rasio putaran sesuai 4 sisi *headstock* yang akan diproses *machining* yaitu tiap 90°. Alat ini juga menggunakan sistem *locator centralizer* agar mendapatkan satu titik sumbu penempat pada rumah bearing untuk *spindle shaft* yang di *assembly* dengan part *headstock*.

2.2.1 Cara Kerja *Trunion Fixture Headstock*

Untuk penggunaan *trunion fixture* sendiri terdapat proses *loading* atau *setting* awal alat pada mesin CNC, yaitu sebagai berikut:

1. Pertama sebelum melakukan proses pemesinan, *trunion fixture* diletakan pada bidang kerja mesin CNC Milling dengan arah melintang pada sumbu *axis-x*.
2. Masukkan posisi koordinat *trunion fixture* sebagai parameter gerak makan *cutting tool* mesin pada panel program CNC.

3. Meletakkan benda kerja *headstock* pada *trunion fixture*, lalu kunci *headstock* pada *indexing lock pin* sesuai dengan sisi awal pemakanan benda kerja.
4. Setelah benda kerja telah terkunci dengan sempurna, maka proses pemesinan bisa dilakukan. Untuk sisi awal atau langkah awal pemakanan sesuai dengan SOP yang telah terlampir.

Dalam hal ini pengaturan koordinat pada *trunion fixture headstock* untuk parameter posisi gerak mesin pada mesin CNC Milling sangat penting. Program awal yang di-*input* pada mesin harus sesuai dengan koordinat bidang kerja yang telah terpasang dengan *trunion fixture headstock*. Sebab akan berpengaruh juga pada kualitas produk yang akan dihasilkan. Maka dari itu dalam menginput program harus benar-benar sesuai dengan tahapan proses pemesinan agar produk yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan.

2.2.2 Toleransi

Dalam sebuah proses manufaktur benda kerja pasti akan menimbulkan penyimpangan dari bentuk nominalnya. Benda kerja selalu mempunyai penyimpangan luas, bentuk, orientasi dan lokasi. Toleransi sendiri adalah suatu penyimpangan ukuran yang diperbolehkan atau diizinkan.

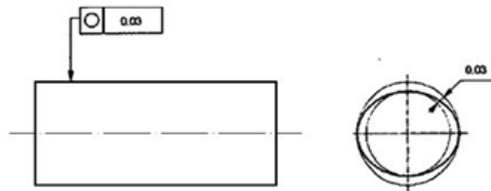
Terkadang seorang pekerja hanya mengerjakan bagian mesin yang tertentu saja, sedangkan pekerja yang lain mengerjakan bagian lainnya. Tetapi antar satu bagian dengan bagian lain dari bagian yang dikerjakan itu harus bisa dipasang dengan mudah. Oleh karena itu, harus ada standar ketepatan ukuran yang harus dipatuhi dan dipakai sebagai pedoman dalam mengerjakan sesuatu benda agar bagian-bagian mesin itu dapat dipasang, bahkan ditukar dengan bagian lain yang sejenis.

Fungsi toleransi ialah agar benda kerja dapat diproduksi secara massal pada tempat yang berbeda, tetapi tetap mampu memenuhi fungsinya yang antara lain: fungsi mampu tukar

untuk bagian yang berpasangan. Beberapa jenis toleransi antara lain sebagai berikut:

a. Toleransi Kebulatan

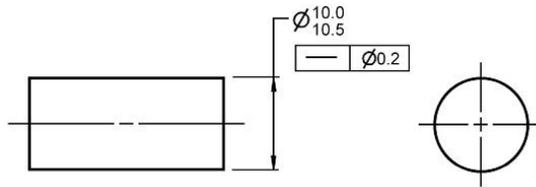
Kebulatan (*roundness*) adalah kondisi pada suatu permukaan dengan penampang berbentuk lingkaran (silinder, konis dan bola), dimana semua titik-titik dari permukaan yang dipotong oleh bidang apapun tegak lurus terhadap sumbu (silinder dan konis) atau yang melalui pusat (bola) mempunyai jarak yang sama dari titik pusat. Toleransi kebulatan menunjukkan daerah toleransi yang dibatasi oleh dua lingkaran konsentris, dimana setiap elemen dari lingkaran harus berada pada bagian tersebut. Penulisan dan penempatan posisi toleransi kebulatan dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Toleransi Kebulatan [*engineeringessentials.com*]

b. Toleransi Kesilindrisan

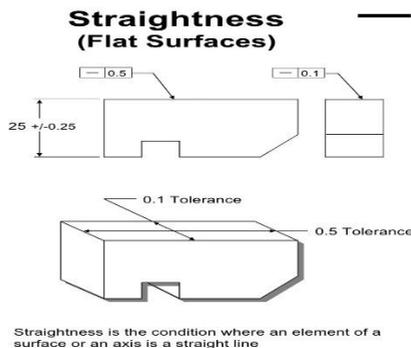
Toleransi kesilindrisan adalah suatu kondisi dimana seluruh permukaan komponen selama satu part dimana setiap titik pada permukaan berjarak sama dari sumbunya. Toleransi kesilindrisan yaitu penyimpangan dari seluruh permukaan yang terletak diantara dua buah silinder pada satu sumbu. Penulisan dan penempatan posisi toleransi kesilindrisan dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Toleransi Kesilindrisan [*engineeringessentials.com*]

c. Toleransi Kelurusan

Kelurusan adalah suatu kondisi dimana suatu elemen garis dari satu permukaan atau sumbu adalah dalam keadaan lurus, khususnya mendefinisikan berapa banyak elemen garis dapat berubah dari sebuah garis lurus. Toleransi kelurusan adalah bahwa sebuah elemen bentuk merupakan geometri yang ideal dari suatu garis. Elemen merupakan geometri yang ideal dari sebuah garis. Elemen bentuk untuk toleransi bisa berupa elemen khayal maupun riil. Penulisan dan penempatan posisi toleransi kelurusan dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut:

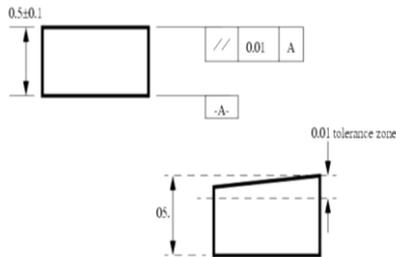


Gambar 2.3 Toleransi kelurusan [*engineeringessentials.com*]

d. Toleransi Kesejajaran

Kesejajaran adalah suatu kondisi bentuk bidang dari yang terletak dalam keadaan bidang datar mendefinisikan berapa banyak elemen permukaan dapat

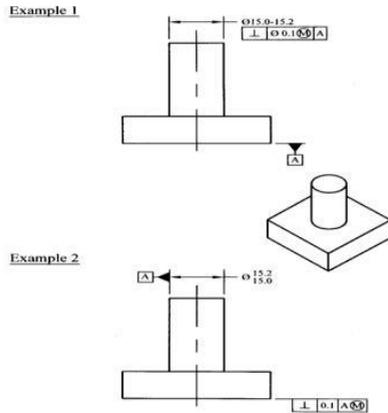
berubah dari sebuah garis lurus. Toleransi kesejajaran adalah permukaan yang terletak diantara dua bidang yang sejajar dengan jarak tertentu. Penulisan dan penempatan posisi toleransi kesejajaran dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 Toleransi Kesejajaran [*engineeringessentials.com*]

e. Toleransi Ketegaklurusan

Ketegaklurusan adalah suatu cara diantara dua garis atau bidang yang terletak lurus terhadap datum dan berada diantara garis atau terletak pada garis atau permukaan tetap. Zona toleransi ketegaklurusan tidak boleh lebih kecil dari pada toleransi kelurusan dan kedataran. Toleransi ketegaklurusan adalah keadaan permukaan yang berada diantara dua bidang parallel yang terpisah dengan jarak tertentu yang juga terletak tegak lurus terhadap datum. Penulisan dan penempatan posisi toleransi ketegak lurusan dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut:

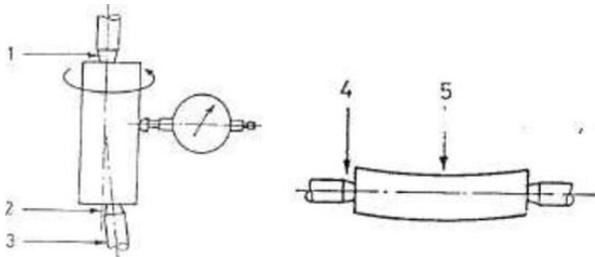


Gambar 2.5 Toleransi Ketegaklurusan
[*engineeringessentials.com*]

2.2.3 Kebulatan

Dalam mesin-mesin dan peralatan teknik lain, banyak menggunakan komponen-komponen yang mempunyai penampang bulat, baik berupa poros, bantalan, dan roda gigi. Komponen dengan kebulatan ideal sangat sulit dibuat, maka harus ditolerir adanya ketidakbulatan dalam batas-batas tertentu.

Ketidakbulatan dapat terjadi sewaktu komponen dibuat, penyebabnya adalah; keausan bantalan mesin perkakas dan pahat, lenturan benda kerja dan pahat pada proses pemotongan, dan adanya cara pengukuran seperti ini hanya bisa dilaksanakan bila benda ukur mempunyai lubang senter dan selain dari pada itu ketelitian putaran sangat dipengaruhi oleh posisi senter, bentuk senter dan ketidak-bulatan senternya sendiri, lihat gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.6 Ketidaktelitian pengukuran kebulatan [Taufiq Rochim 2001 halaman 434]

1. Kebulatan senter.
2. Sudut dari senter.
3. Posisi dari senter.
4. Kondisi permukaan senter.
5. Lenturan benda kerja.

Meskipun mempunyai kelemahan-kelemahan, cara pengukuran kebulatan seperti yang telah dibicarakan diatas dalam prakteknya masih banyak dilakukan. Hal ini bisa diterima asalkan hasil dari pengukuran tidak digunakan untuk menya takan harga ketidakbulatan dalam arti yang sesungguhnya. Cara pengukuran harus disesuaikan berdasarkan pengalaman, yaitu dari jenis proses pembuatan komponen yang bertendensi untuk menghasilkan produk dengan ciri kebulatan tertentu dan dilain pihak cara yang dipilih dapat menjamin kualitas fungsional yang diinginkan. Sementara ini dengan kemajuan teknologi, peralatan teknis semakin menuntut ketelitian atas cara pengukuran komponennya diantaranya adalah kebulatannya. Kebulatan hanya bisa diukur dengan cara yang tertentu yang menuntut persyaratan sebagai berikut :

1. Harus ada sumbu putar dan dianggap sebagai sumbu referensi. (ingat kelemahan pengukuran dengan micrometer)

2. Lokasi sumbu putar harus tetap dan tidak dipengaruhi oleh profil kebulatan benda ukur. (ingat kelemahan dari metoda blok V)
3. Pengukuran harus bebas dari sumber-sumber yang dapat menyebabkan ketidakteelitian.
4. Hasil pengukuran diperlihatkan dalam bentuk grafik polar (lingkaran) guna menentukan harga parameter kebulatan.

2.2.3.1 Arti dari Grafik dan Prparameter Kebulatan

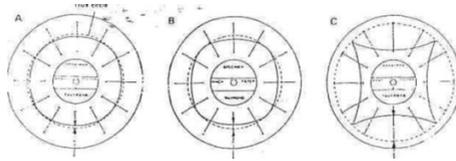
Untuk lebih memahami analisa kebulatan, terlebih dahulu perlu dijelaskan pengertian dari grafik hasil pengukuran (profil kebulatan) sebagai berikut :

1. Profil Kebulatan Bukanlah Merupakan Pembesaran Penampang

Supaya dapat melihat kesalahan bentuk perlu adanya pembesaran. Sebagai contoh, suatu tonjolan pada permukaan setinggi 2 μm supaya menjadi setinggi 2 mm pada kertas grafik diperlukan pembesaran 1000 x. Dalam hal ini tidaklah mungkin untuk memperbesar diameter penampangnya juga sebesar 1000 x, sebab untuk benda ukur dengan diameter 100 mm grafiknya akan mempunyai lingkaran sebesar 100 m. Oleh sebab itu pem-besaran disini hanya diberikan bagi variasi ketinggian permukaan benda ukur, sesuai dengan isyarat yang diberikan oleh sensor.

2. Efek Pembesaran terhadap Bentuk Profil Kebulatan

Untuk benda ukur yang sama, profil kebulatan akan kelihatan berubah bentuknya apabila digunakan pembesaran yang berlainan. Hal ini dapat diperlihatkan seperti gambar 2.7. Dalam contoh benda ukur mempunyai empat tonjolan yang beraturan setinggi 3 μm . Pada ketiga grafik tersebut tinggi tonjolan akan berubah sesuai dengan pembesaran yang dipilih.



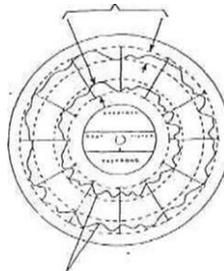
Gambar 2.7 Bentuk Profil Kebulatan [Taufiq Rochim 2001 halaman 443]

Untuk tonjolan pada benda ukur sebesar 3 μ m, maka

- a. $M = 500 \times$; jarak tonjolan pada grafik = 1,5 mm
- b. $M = 1000 \times$; jarak tonjolan pada grafik = 3 mm
- c. $M = 5000 \times$; jarak tonjolan pada grafik = 15 mm

3. Posisi Pembuatan Grafik dapat Ditentukan Sekehendak

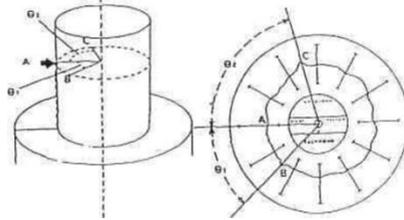
Profil kebulatan dari suatu benda ukur dapat diatur sehingga menempati daerah didekat atau jauh dari titik pusat grafik. Hasil yang diperoleh tidak akan mempengaruhi analisa kebulatan, sebagaimana yang ditunjukkan gambar 2.8, dimana jarak radial antara dua lingkaran konsentris adalah sama bagi profil kebulatan didekat pusat grafik maupun yang didekat tepi grafik. Dengan cara ini pada satu kertas grafik dapat dibuat beberapa profil kebulatan dari beberapa obyek ukur sehingga analisa kesamaan sumbu, ketegaklurusan dan kesejajaran dimungkinkan.



Gambar 2.8 Letak Profil Kebulatan dapat Dibuat Sekehendak Relatif terhadap Pusat Grafik Polar [Taufiq Rochim 2001 halaman 444]

4. Adanya Hubungan Sudut Posisi antara Benda Ukur dan Profil Kebulatan

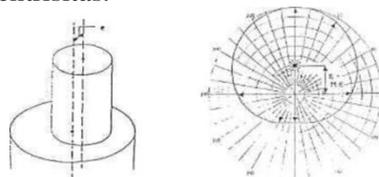
Benda ukur dan grafik polar berputar dengan kecepatan sama. Dengan demikian posisi sudut relatif antara tonjolan pada benda ukur akan tetap sama pada profil kebulatan, lihat gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.9 Tonjolan B dan C akan tergambar pada grafik dengan posisi sudut yang sama pada benda ukur [Taufiq Rochim 2001 halaman 444]

5. Efek Kesalahan Sentering

Jika sumbu obyektif ukur tepat berimpit dengan sumbu putar maka profil kebulatannya akan mempunyai titik tengah yang bersatu dengan titik tengah grafik. Benda ukur dengan kebulatan ideal akan mempunyai profil lingkaran sempurna, akan tetapi bila garis tengahnya tidak berimpit dengan sumbu putar maka profil kebulatannya jauh menyimpang dari lingkaran sempurna, lihat gambar 2.10. Hal ini menunjukkan pentingnya sentering. Jarak antara titik tengah profil kebulatan dengan titik tengah grafik menunjukkan besarnya eksentrisitas.



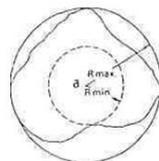
Gambar 2.10 Eksentrisitas menyebabkan penyimpangan bentuk profil kebulatan [Taufiq Rochim 2001 halaman 445]

2.2.3.2 Parameter Kebulatan

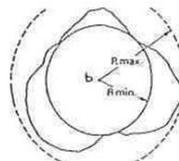
Yaitu suatu harga yang dapat dihitung berdasarkan profil kebulatan relatif terhadap lingkaran referensinya. Menurut Standar Inggris, Amerika dan Jepang ada empat macam lingkaran referensi

- Lingkaran Luar Minimum. (Minimum Circumscribed Circle)
- Lingkaran Dalam Maksimum. (Maximum Inscribed Circle)
- Lingkaran Daerah Minimum. (Minimum Zone Circle)
- Lingkaran Kuadrat Terkecil. (Least Squares Circle)

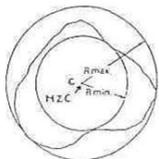
Gambar 2.11, menunjukkan keempat lingkaran referensi yang dimaksud. Dari gambar tersebut terlihat bahwa untuk satu profil kebulatan yang sama titik tengah dari keempat lingkaran referensi berlainan, dengan demikian harga parameter kebulatan yang dihasilkannya juga akan berlainan. Penjelasan dari lingkaran referensi dan parameter kebulatannya adalah sebagai berikut :



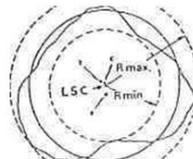
Lingkaran luar minimum



Lingkaran dalam maksimum



Lingkaran daerah minimum



Lingkaran Kuadrat terkecil

Gambar 2.11 Empat jenis lingkaran referensi untuk menentukan parameter [Taufiq Rochim 2001 halaman 446]

1. Lingkaran Luar Minimum. (*Minimum Circumscribed Circle*)

Lingkaran terkecil yang mungkin dibuat diluar profil kebulatan tanpa memotongnya. Ketidak bulatan sama dengan jarak radial dari lingkaran tersebut kelekukan yang paling dalam.

2. Lingkaran Dalam Maksimum. (*Maximum Inscribed Circle*)

Lingkaran terbesar yang mungkin dibuat didalam profil kebulatan tanpa memotongnya. Ketidak bulatan sama dengan jarak radial dari lingkaran tersebut ke tonjolan yang paling tinggi.

3. Lingkaran Daerah Minimum. (*Minimum Zone Circle*)

Dua buah lingkaran konsentris yang melingkupi profil kebulatan sedemikian rupa sehingga jarak radial antara kedua lingkaran tersebut adalah yang terkecil. Titik tengah dari lingkaran daerah minimum disebut dengan MZC atau *Minimum Zone Centre*. Ketidakbulatan merupakan selisih dari jari-jari kedua lingkaran tersebut dan dinamakan MHZ atau *Minimum Radial Zone*.

4. Lingkaran Kuadrat Terkecil (*Least Squares Circle*).

Merupakan lingkaran yang ditentukan berdasarkan profil kebulatan sedemikian rupa sehingga jumlah kuadrat jarak dari sejumlah titik dengan interval sudut yang sama pada profil kebulatan ke lingkaran referensi adalah yang paling kecil. Titik tengah lingkaran kuadrat terkecil dinamakan LSC atau *Least Squares Centre*. Jarak radial harga mutlak rata-rata antara profil kebulatan dengan lingkaran kuadrat terkecil disebut MLA atau *Mean Line Average*.

2.2.4 Pertimbangan Umum Pembuatan *Jig And Fixture*

Sebelum memutuskan penggunaan *jig and fixture* pada suatu proses produksi sangat perlu dipertimbangkan pemenuhan tuntutan dibawah ini :

1. Fungsi
 - Fungsi yang utama pada pembuatan *jig and fixture* adalah bentuk dan toleransi yang diharapkan dapat tercapai.
 - Keseragaman ukuran pada produk masal tercapai.
 - Waktu proses sebelum penggunaan *jig and fixture* yang panjang akibat penyetingan dan penggunaan benda kerja berkurang secara nyata.
 - Pada penggunaan *checking fixture* ukuran atau bentuk yang diterima tidak dapat segera dikenali.
2. Penanganan
 - *Jig and fixture* harus dapat dioperasikan dengan mudah dan cepat oleh operator awam sekalipun
 - Elemen operasi mudah dikenali dan dimengerti cara kerjanya.
 - Perlu mempertimbangkan aspek penggunaannya misal : seorang untuk pertimbangan berat, alat bantu khusus jika menggunakan operator cacat.
3. Ekonomi
 - Biaya pembuatan *jig and fixture* lebih murah.
 - Target pencapaian BEP (break event point) tercapai.
4. Kontruksi
 - Optimalisasi penggunaan elemen standar.
 - Penggunaan elemen yang lepas pasang mempertimbangkan waktu penanganan.
 - *Jig and fixture* yang bergerak dipertimbangkan terlebih dahulu kegunaan elemen yang mengunci sendiri (self locking) pada mesin yang memiliki putaran tinggi, atau tergesernya benda kerja akibat

kerusakan alat potong perlu dipertimbangkan dengan baik dan benar.

5. Keamanan

- Aspek umum keselamatan di tempat kerja harus diperhatikan.
- Pengamatan terhadap instalasi listrik, mekanik dan tekanan yang berlebihan.
- Pengamanan pada saat proses permesinan atau kegagalan permesinan.
- Pengamanan terhadap kegagalan sumber tenaga pencekam.
- Keamanan terhadap benda kerja akibat kesalahan peletakan, pencekaman dan saat proses.

2.2.5 Aspek Teknis Pembuatan *Jig And Fixture*

Untuk menghasilkan penepatan peralatan yang baik, sejumlah peralatan teknis perlu dipenuhi yaitu :

1. Peletakan benda kerja (*location*)

Benda kerja memiliki ruang yang cukup pada peletakannya dan tidak memungkinkan benda terbalik atau salah pasang untuk menghindari kesalahan pekerjaan. Titik peletakan cukup jelas terlihat oleh operator. Dalam hal ini, benda kerja memiliki ukuran mentah seperti benda tuangan (*sacting*) dimungkinkan peletakan yang dapat diatur (*adjustable*) untuk menjaga kehausan lakator atau variasi ukuran benda kerja.

2. Pencekaman

Penyusunan atau peletakan pencekaman dan besarnya gaya pencekaman benar-benar meniadakannya reaksi akibat gaya-gaya luar akibat pemotongan benda kerja / proses. Gaya pencekam tidak menyebabkan benda kerja terdeformasi untuk merusak permukaan. Pencekaman haruslah logis dan mudah.

3. Pemasangan (*handing*)

Komponen kontrol dan *jig and fixture* keseluruhan harus ringan dan mudah untuk dinaik turunkan dari mesin ke

mesin. Untuk itu elemen mesin untuk pemengangan dan memindahkan *jig and fixture* harus tersedia. Tidak ada sisi tajam pada *jig and fixture*, benda kerja kecil dan sulit dalam pemasangan dan pelepasan diberikan kemudahan.

4. Keleluasaan

Tersedia cukup ruangan untuk pembangunan beram hasil pemotongan jika beram tidak diinginkan terbuang keluar melalui arah yang sama dengan arah pemotongan. Penggunaan celah untuk tangan operator atau alat bantu yang tersumbat sangat memungkinkan.

5. Kekuatan stabilitas

Meskipun *jig and fixture* diharapkan sering mungkin kestabilan sangat diperlukan, proposional sangat besar benda kerja dan gaya luar yang bekerja. Jika perlu digunakan peningkatan baut-mur terhadap mesin.

6. Bahan

Komponen utama yang mendapat gesekan dan atau tumbukan menggunakan material gaya *tools steel* atau mendapatkan perlakuan pengerasan. Penggunaan material (*insert*) pada komponen yang harus dilas perlu dilakukan perlakuan *stress relief* setelah pengelasan atau sebelum permesinan untuk menghindari tegangan dalam maupun pelentingan akibat las.

7. Toleran (*tolerance*)

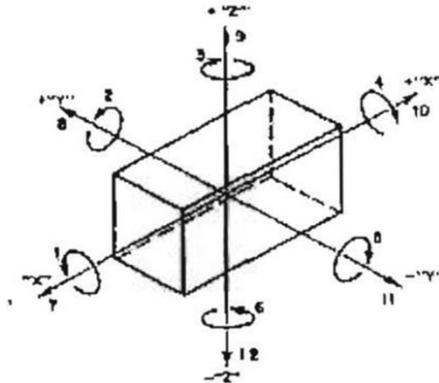
Toleran pekerjaan komponen *jig and fixture* yang berhubungan dengan hasil kerja proses adalah sepertiga dari toleransi benda kerja. Misalnya jarak lubang yang akan di proses pada benda kerja memiliki toleransi 0,3 mm, toleransi pada *jignya* untuk *setting* jarak antara pengarah (*bush*) adalah 0,1 mm.

2.2.6 Prinsip Rancangan *Jig dan Fixture*

Rong dan Zhu (1999), menyatakan bahwa sebuah benda kerja terdiri dari beberapa permukaan bidang (*surface*). Pada penggunaan sebuah *fixture*, proses penempatan (*locating*) adalah proses penempatan beberapa permukaan benda kerja

hingga bersentuhan dengan lokator-lokator yang kemudian dilanjutkan dengan proses pencekaman (*clamping*) benda kerja sehingga benda kerja stabil selama proses pemesinan. Permukaan-permukaan benda kerja yang bersentuhan dengan lokator tersebut disebut dengan *locating surface*.

Pada sebuah benda terdapat 6 derajat kebebasan (*degree of freedom*) pergerakan, yaitu pergerakan *linear* searah atau berlawanan arah dengan sumbu X,Y dan Z, serta pergerakan rotasi terhadap sumbu X,Y dan Z searah atau berlawanan dengan jarum jam.



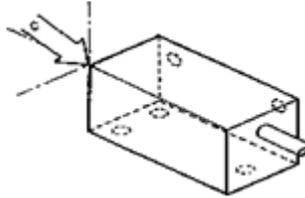
Gambar 2.12 Derajat Kebebasan

Rong dan Zhu (1999), menyatakan bahwa pada masing-masing titik kontak dipasang lokator yang akan menahan pergerakan benda kerja. berdasarkan prinsip kinematik, diperlukan titik kontak dengan benda kerja agar derajat kebebasan terbatas secara penuh. Ke-enam titik kontak atau titik lokator tersebut diletakkan pada 3 bidang yang saling tegak lurus, yaitu:

A. Prinsip 3-2-1

Prinsip 3-2-1 menunjukkan persyaratan minimum untuk peletakan *locating element*. Locator dan clamp akan menahan benda kerja pada tempatnya, gaya yang bekerja sama dan menjamin stabilitasnya. Tiga button menahan

benda kerja dibawah, dua menahan disamping dan dicekam pada seberangnya. Berikut uraian prinsip 3-2-1 tersebut:

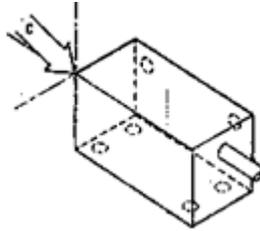


Gambar 2.13 Prinsip 3-2-1

- 1 Tiga lokator diletakkan pada bidang dasar (bidang X-Y), sehingga membatasi derajat kebebasan rotasi terhadap sumbu X dan Y. Bidang ini disebut sebagai bidang lokator utama (*primary locating surface*).
- 2 Dua lokator diletakkan pada bidang tegak lurus bidang lokator primer yaitu bidang X-Z, sehingga membatasi derajat kebebasan linear sumbu Y dan derajat kebebasan rotasi terhadap sumbu Z. bidang ini disebut sebagai bidang lokator sekunder (*seconder locating surface*).
- 3 Satu lokator diletakkan pada bidang yang tegak lurus pada bidang lokator primer dan bidang lokator sekunder. Yaitu bidang Y-Z, sehingga membatasi derajat kebebasan linear sumbu X.

B. Prinsip 4-2-1

Pada prinsip 4-2-1 ditambahkan satu locator lagi didasarnya, sehingga posisi benda kerja akan lebih stabil. Locator dapat digunakan yang kasar(tanpa finishing) maupun yang sudah difinising. Berikut uraian prinsip 4-2-1 tersebut:



Gambar 2.14 Prinsip 4-2-1

- 1 Empat lokator diletakkan pada bidang dasar (bidang X-Y), sehingga membatasi derajat kebebasan rotasi terhadap sumbu X dan Y. Bidang ini disebut sebagai bidang lokator utama (*primary locating surface*).
- 2 Dua lokator diletakkan pada bidang tegak lurus bidang lokator primer yaitu bidang X-Z, sehingga membatasi derajat kebebasan linear sumbu Y dan derajat kebebasan rotasi terhadap sumbu Z. bidang ini disebut sebagai bidang lokator sekunder (*seconder locating surface*).
- 3 Satu lokator diletakkan pada bidang yang tegak lurus pada bidang lokator primer dan bidang lokator sekunder. Yaitu bidang Y-Z, sehingga membatasi derajat kebebasan linear sumbu X.

2.2.7 Loading and Unloading

Proses pengerjaan benda kerja dengan menggunakan fixture sebagai alat bantu meliputi loading, machining dan unloading. Loading mencakup penempatan benda kerja pada posisi yang tepat dan penjepitan, unloading adalah pelepasan benda kerja dari fixture.

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah benda kerja yang dipakai relatif kecil, pada proses permesinan milling membutuhkan kesejajaran pada setiap sisi sehingga hasil pengerjaan baik.

Prosedur loading :

1. Pencekaman benda kerja pada fixture.

2. Pemeriksaan kelurusan sumbu x benda kerja dengan menggunakan dial indicator.
3. Pemeriksaan kelurusan sumbu y benda kerja dengan menggunakan dial indicator.

Pada saat penyetingan benda dengan memeriksa kelurusan posisi benda kerja sangat penting untuk memperhatikan kedataran permukaan benda kerja, karena akan sangat mempengaruhi hasil akhir bagian yang dikerjakan. Apabila permukaan benda kerja tidak diposisikan datar maka hasil akhir pemotongan akan tidak presisi sehingga produk tidak dapat digunakan. Prosedur unloading sangat sederhana hanya melepas benda kerja dari fixture atau langsung melepas fixture dari meja mesin.

2.2.8. Proses Milling

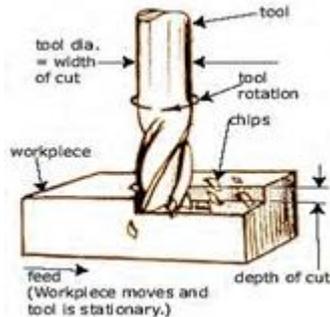
Proses *milling* adalah proses penyayatan benda kerja dengan menggunakan mata pahat sebagai penyayatnya untuk menghasilkan kontur atau profil dengan ukuran yang ditentukan dan kehalusan atau kualitas permukaan yang ditentukan [3]. Proses kerja pada pengerjaan dengan mesin *milling* dimulai dengan mencekam benda kerja, kemudian dilanjutkan dengan pemotongan dengan alat potong yang disebut *cutter*, dan akhirnya pada benda kerja terbentuk profil atau kontur yang di inginkan.

2.2.8.1 Proses Kerja Milling

Pada proses kerja *Milling* Tenaga yang di gunakan untuk pemotongan berasal dari energi listrik yang diubah menjadi gerak utama oleh sebuah motor listrik, selanjutnya gerakan utama tersebut akan diteruskan melalui suatu transmisi untuk menghasilkan gerakan putar pada *spindel* mesin *milling*.

Spindel mesin *milling* adalah bagian dari sistem utama mesin *milling* yang bertugas untuk memegang dan memutar *cutter* hingga menghasilkan putaran atau gerakan pemotongan.

Gerakan pemotongan pada *cutter* jika dikenakan pada benda kerja yang telah dicekam maka akan terjadi gesekan/tabrakan sehingga akan menghasilkan pemotongan pada bagian benda kerja, hal ini dapat terjadi karena material penyusun *cutter* mempunyai kekerasan diatas kekerasan benda kerja.



Gambar 2.15 Skema Proses Kerja *Milling*

2.2.8.2 Gerakan dalam Mesin *Milling*

Pekerjaan dengan mesin *milling* harus selalu mempunyai 3 gerakan kerja sebagai berikut:

1 Gerakan Pemotongan

Sisi potong *cutter* yang dibuat berbentuk bulat dan berputar dengan puda sumbu utama.

2 Gerakan Pemakanan

Benda kerja digerakan sepanjang ukuran yang akan dipotong dan digerakan mendatar searah gerakan yang dipunyai oleh alas.

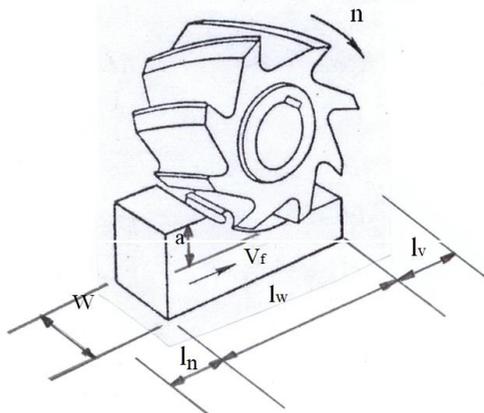
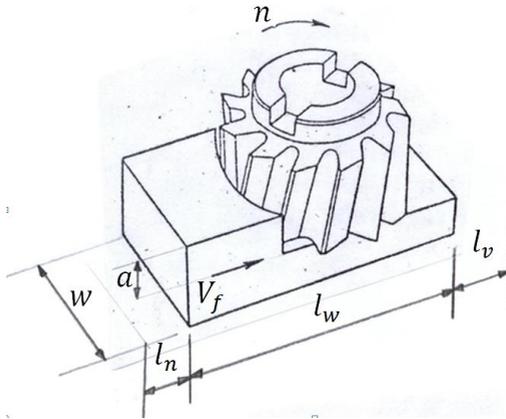
3 Gerakan Penyetelan

Gerakan untuk mengatur posisi pemakanan, kedalaman pemakanan, dan pengembalian, untuk memungkinkan benda kerja masuk ke dalam sisi potong *cutter*, gerakan ini dapat juga disebut gerakan pengikatan.

2.2.8.3 Parameter Proses *Milling*

Ada beberapa parameter dari mesin *milling* yang dapat diatur oleh operator sebelum melakukan pekerjaannya, parameter tersebut adalah putaran spindel (n), gerakan makan (f), dan kedalaman potongnya (a). Untuk mengatur putaran spindel, operator dapat mengaturnya secara langsung dengan handel putaran mesin. Gerak makan juga dapat diatur dengan menyesuaikan pada tabel (n) yang terdapat pada mesin *milling* sesuai dengan kebutuhan yang diperlukannya. Ada dua pilihan untuk dapat mengatur gerak makan ini, yaitu gerak makan per gigi (mm/r) dan gerak makan per putaran ($mm/putaran$). Dan untuk mengatur kedalaman potong operator dapat mengaturnya dengan menaikan benda kerja ataupun menurunkan pahat sesuai dengan kedalaman potong yang diinginkan.

Putaran spindel (n) ditentukan berdasarkan kecepatan potong, sedangkan kecepatan potong ditentukan oleh kombinasi dari material pahat dan material benda kerja. Kecepatan potong adalah jarak yang ditempuh oleh satu titik (dalam satuan meter) pada selubung pahat dalam waktu satu menit. Rumus kecepatan potong pada mesin *milling* identik dengan rumus kecepatan potong pada mesin bubut. Pada proses *milling* besarnya diameter yang digunakan adalah diameter pahat.



Gambar 2.16 Gambar skematis proses frais vertikal dan frais horisontal

Keterangan:

Benda kerja:

w = lebar pemotongan; mm

l_w = panjang pemotongan; mm

$l_t = l_v + l_w + l_n$; mm

a = kedalaman potong; mm

Pahat Frais:

d = diameter luar; mm

z = jumlah gigi (mata potong)

χ_r = sudut potong utama (90°) untuk pahat frais selubung

Mesin Frais:

n = putaran poros utama; rpm

V_f = kecepatan makan; $mm/putaran$

A. Untuk menghitung kecepatan potong dapat menggunakan rumus berikut:

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

dimana:

V_c = kecepatan potong ($m/menit$)

d = diameter pahat (mm)

n = kecepatan putaran (rpm)

$\pi = 3,14$

B. Untuk menentukan gerak makan per gigi, dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$f_z = \frac{V_f}{(z \cdot n)}$$

dimana:

f_z = gerak makan per gigi ($m/menit$)

V_f = kecepatan makan (mm/r)

z = jumlah gigi (mata potong)

n = kecepatan putaran (rpm)

C. Untuk menentukan waktu pemotongan dapat menggunakan rumus berikut:

$$t_c = \frac{l_t}{V_f}$$

dimana:

t_c = waktu pemotongan (menit)

$l_t = l_v + l_w + l_n$ (mm)

l_w = lebar pemotongan (mm)

l_v = jarak pemotongan sebelum benda kerja (mm)

l_n = jarak pemotongan setelah benda kerja (mm)

V_f = kecepatan makan ($mm/putaran$)

- D. Untuk menentukan kecepatan dalam menghasilkan geram dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Z = \frac{V_f \cdot a \cdot w}{1000}$$

dimana:

Z = kecepatan menghasilkan geram ($cm^3/menit$)

V_f = gerak makan pergigi (mm/r)

a = kedalaman makan per gigi (mm)

w = lebar pemotongan (mm)

2.2.9 Screw Clamp

Screw clamp adalah pengikat *moving cone locator* pencekaman benda kerja, *moving cone locator* mencekaman benda kerja di ikat atau di lock dengan menggunakan sistem ulir. Agar mampu mencekam benda kerja dengan kuat. Ukuran ulir yang digunakan harus sesuai dengan gaya yang bekerja pada ulir pengunci tersebut. Tegangan yang bekerja harus lebih kecil dari tegangan yang dapat diterima ulir pengunci yang digunakan sehingga tidak terjadi deformasi saat dibebani.

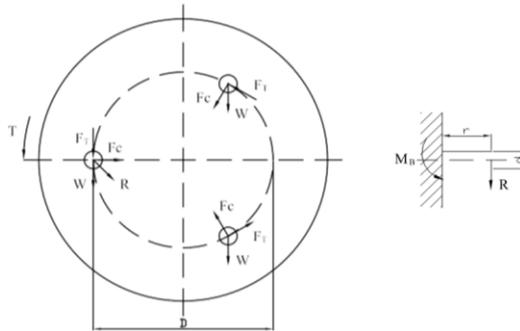
$$\frac{F}{A} = \frac{\sigma_b}{N}; \sigma_b = \frac{P_b}{A_t}$$

A_t = area ulir yang dibebani (*Stress area*)

- F = tegangan yang diterima baut
- D_e = diameter efektif
- A = luas bidang tekanan
- P = pitch ulir/baut
- σ_b = kekuatan ulir/baut
- P_b = beban pada ulir/baut
- N = angka keamanan

2.2.10 Locating Element

Akibat dari gaya makan dan gaya potong ketika proses pemesian berlangsung, maka pada komponen *fixture* yaitu *locating element* akan mengalami tegangan geser maupun bending seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.17 Gaya pada *locating element*

Untuk menghitung kekuatan *fixture* menggunakan analisa perhitungan sebagai berikut:

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{60}$$

$$F_c = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$\tau_s = \frac{R}{\frac{\pi}{4} \times d^2} = \frac{R}{A}$$

$$\sigma_B = \frac{M_B}{Z}$$

Apabila $\tau_s \leq S_{ys}$ dan $\sigma_B \leq S_y$ maka *locator* aman untuk digunakan dimana:

τ_s = Tegangan geser maksimum (N/mm^2)

σ_B = Tegangan *bending* maksimum (N/mm^2)

S_y = Tegangan luluh dari material (N/mm^2)

S_{ys} = Tegangan luluhgeser material (N/mm^2)

P = Daya (Watts)

n = Putaran mesin (rpm)

T = Torsi (N.m)

F_c = Gaya sentrifugal (N)

m = Massa (kg)

v = Kecepatan (m/min)

R = Resultan gaya (N)

d = Diameter *locator* (mm)

W = Beban (kg)

Z = *Section modulus* (mm^3)

M_B = Momen *bending* (N.mm)

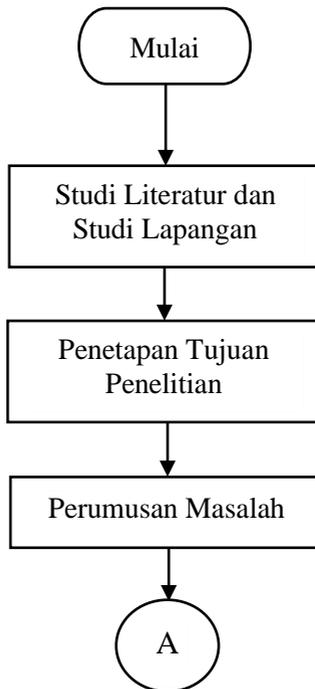
(halaman ini sengaja dikosongkan)

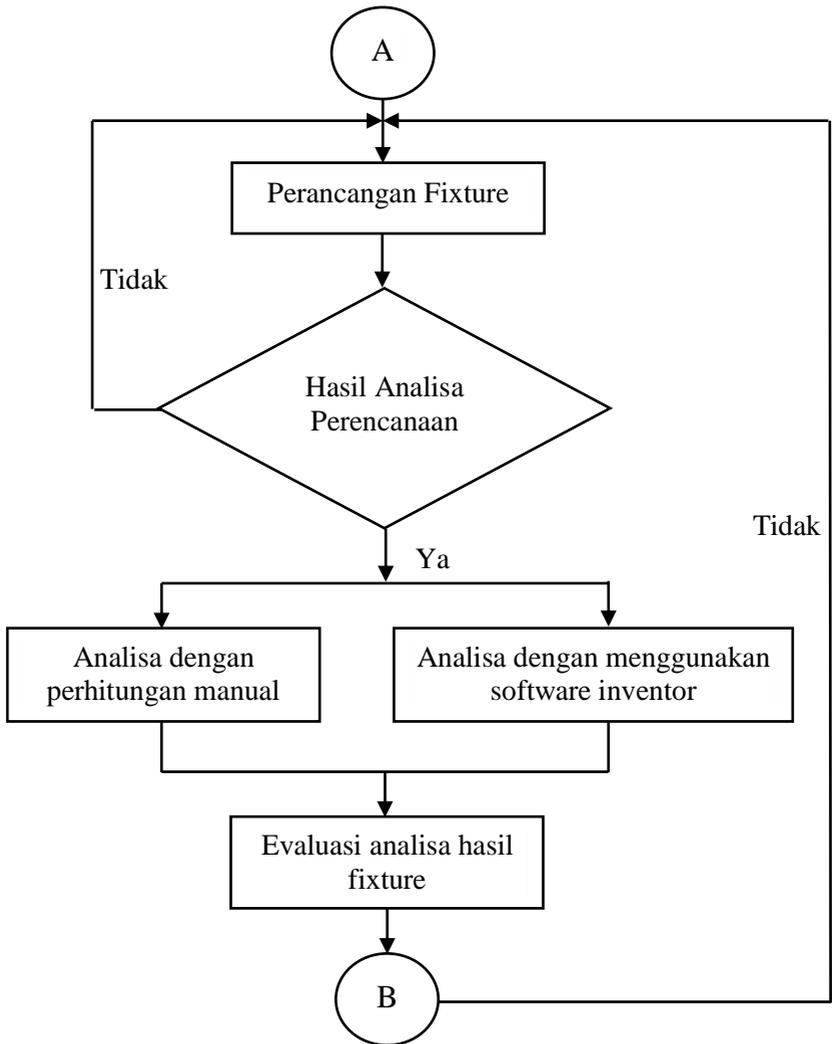
BAB III METODOLOGI

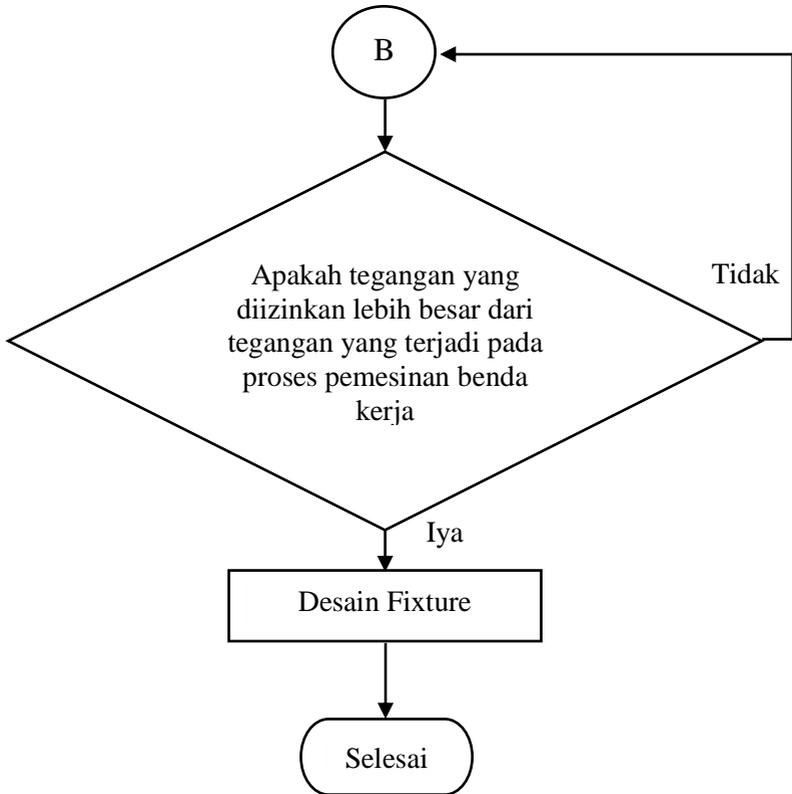
Pada bab ini akan dibahas secara detail mengenai gambaran secara umum proses rancangan desain yang akan dilakukan dari proses pembuatan dan penyelesaian penelitian, digambarkan dalam diagram alir dibawah ini:

3.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir dari penelitian yang akan dilakukan untuk perencanaan desain dalam pembuatan *trunion fixture headstock* akan dijelaskan pada gambar 3.1 berikut ini:







Gambar 3.1 Diagram alir (*flow chart*) utama

Dalam tugas akhir ini merupakan studi perencanaan *Trunion Fixture Headstock* dimana memiliki *indexing lock pin* yang dapat diatur putaran sisi-sisinya sesuai dengan *raw material headstock* yang tersedia dari hasil pengecoran. Fungsi *cone locator* yaitu sebagai pencari titik sumbu agar *housing spindle shaft* pada *headstock* dalam satu titik sumbu yang sama. *Locator* ini mempermudah proses *repairing headstock* pada mesin milling. Langkah-langkah dari diagram alir (*flow chart*) gambar 3.1 dapat di jelaskan sebagai berikut:

1. Studi Literatur dan Studi Lapangan

Untuk menunjang perencanaan tugas akhir penulis melakukan studi literatur dan studi lapangan untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber mengenai perkembangan penelitian yang dilakukan yakni proses *repairing* pada *part product raw material headstock*. Dengan adanya studi literatur dan studi lapangan penulis akan mendapatkan informasi mengenai kekurangan-kekurangan dalam perancangan dan pembuatan *trunion fixture headstock* agar penulis dapat merancang alat tersebut menjadi lebih baik.

2. Penetapan Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang *trunion fixture headstock* yang tepat untuk proses *repair* pada *raw material headstock* dengan sistem *moving conical locator* dan dengan ukuran yang sesuai dengan ketinggian antara pahat dengan meja pada mesin milling agar mudah dalam penggunaan serta pengoperasiannya.

3. Perumusan masalah

Dalam perumusan masalah ini bertujuan untuk mendapatkan pokok permasalahan yang akan digunakan untuk mendesain *trunion fixture headstock* yang baik dan sesuai dengan kebutuhan.

4. Perancangan *Trunion Fixture Headstock*

Ada beberapa tahapan dalam membuat rancangan dan sekaligus menganalisa gaya-gaya yang terjadi pada *trunion fixture headstock* menggunakan *software inventor*. Dalam tahap rancangan ini berguna untuk memberikan gambaran awal yang digunakan untuk merangkai *trunion fixture headstock*.

5. Hasil Analisa Perencanaan *Trunion Fixture Headstock*

Dalam proses kali ini hasil dari konsep rancangan dan sistem yang digunakan pada *trunion fixture*

dievaluasi kembali apakah telah mampu mematikan ke 12 derajat kebebasan.

6. Hasil Analisa *Trunion Fixture Headstock*

Pada proses ini akan dilakukan analisa konstruksi pada *trunion fixture headstock* dengan menganalisa beban-beban kritis yang bekerja pada *headstock fixture*. Dalam menganalisa *trunion fixture headstock* terdapat dua cara yaitu dengan cara manual dan dengan menggunakan bantuan software autodesk inventor.

7. Evaluasi Hasil Analisa

Dalam proses kali ini hasil dari analisa dengan cara perhitungan manual dan dengan menggunakan bantuan software autodesk inventor akan dievaluasi hasilnya apakah tegangan maksimum sudah sesuai dengan *safety factor*.

8. Kesimpulan dan Saran

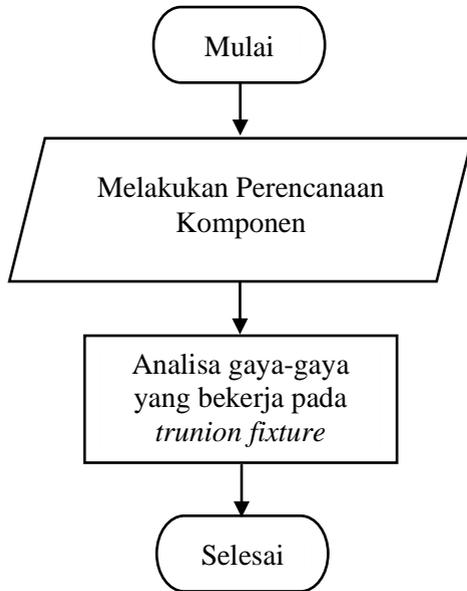
Setelah hasil dari pengujian selesai maka kita akan mendapatkan kesimpulan dari perbandingan kedua pengujian tersebut, dengan demikian maka dapat disimpulkan apakah desain yang dibuat bisa diterima atau tidak.

3.2 Analisa Kontruksi *Trunion Fixture Headstock*

Dalam pengujian kali ini akan menggunakan dua macam cara pengujian yaitu adalah pengujian secara perhitungan manual dan dengan menggunakan bantuan *software autodesk inventor*.

3.2.1 Analisa Perhitungan Manual

Pada tahap perhitungan dengan cara manual ini akan menghitung tegangan yang terjadi pada desain awal *trunion fixture*. Berikut ini adalah diagram alir (*flow chart*) yang digunakan untuk menyelesaikan perhitungan manual:



Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Analisa dengan Perhitungan Awal

Dalam melakukan analisa menggunakan perhitungan secara manual pada gambar 3.2 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Melakukan Perencanaan Komponen

Sebelum melakukan analisa dengan menggunakan perhitungan secara manual langkah yang dilakukan pertama kali adalah melakukan perencanaan komponen elemen mesin. Komponen elemen mesin tersebut ditentukan dari gaya kritis yang terjadi berdasarkan desain perencanaan. Berikut merupakan komponen elemen mesin tersebut:

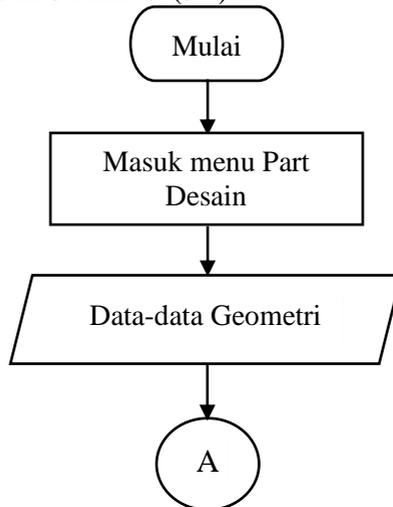
- Perencanaan sistem ulir pengunci
- Perencanaan *locator*

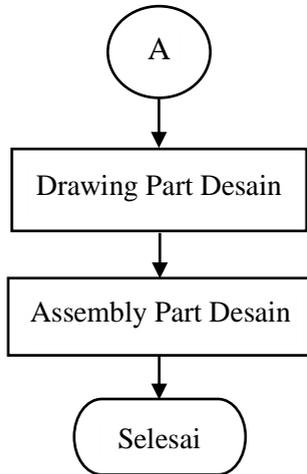
2. Analisa Gaya yang Bekerja Pada *Trunion Fixture*

Pada langkah berikut setelah melakukan perencanaan komponen elemen mesin dari *trunion fixture* adalah melakukan analisa gaya-gaya yang terjadi pada *trunion fixture*. Hal ini dilakukan untuk mencari nilai tegangan maksimal yang diizinkan pada kontruksi *trunion fixture*.

3.2.2 Analisa Software Autodesk Inventor

Pada tahap berikut ini adalah proses analisa kontruksi *trunion fixture* menggunakan software inventor. Untuk menganalisa kontruksi pada *trunion fixture* menggunakan bantuan *software autodesk inventor* diperlukan dibagi menjadi dua tahapan dimana tahap pertama adalah membuat model desain tiga dimensi (3D) *trunion fixture* kemudian tahap kedua adalah menganalisa kontruksi. Dalam menganalisa kontruksi akan didapatkan hasil analisa dari gaya-gaya yang terjadi pada *trunion fixture*, sehingga dari analisa tersebut diharapkan mendapatkan desain *trunion fixture* yang benar-benar kuat dan aman dalam penggunaannya. Berikut adalah gambar 3.3 diagram alir pemodelan desain 3 dimensi (3D):



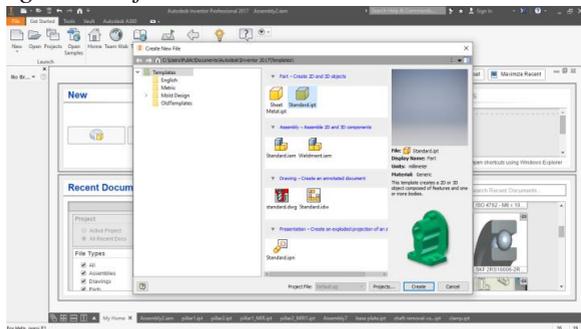


Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Pembuatan *Part Design*

Berikut adalah penjelasan mengenai diagram alir pembuatan *part design* menggunakan *software autodesk inventor* :

1. Masuk Menu *Part Design*

Sebelum melakukan drawing terlebih dahulu masuk menu *part design* untuk membuat *part design*. Berikut gambar 3.4 adalah tampilan dari menu *part design* dari *software autodesk inventor* :



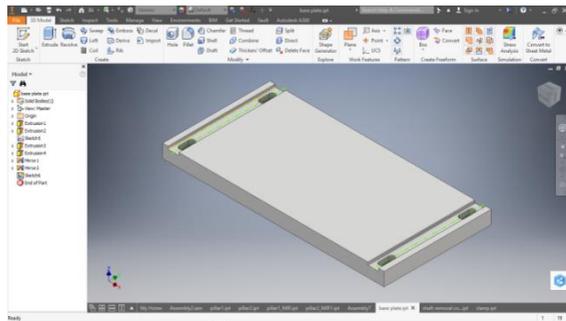
Gambar 3.4. Menu *part design* *autodesk inventor*

2. Drawing Part Design

Setelah masuk pada menu *part design* maka langkah selanjutnya adalah melakukan proses drawing dengan membuat gambar tiap bagian sebagai penyusun *trunion fixture*. Gambar akan dirancang sesuai dengan data-data geometri dengan memperhatikan dimensi atau ukuran yang sudah ditentukan.

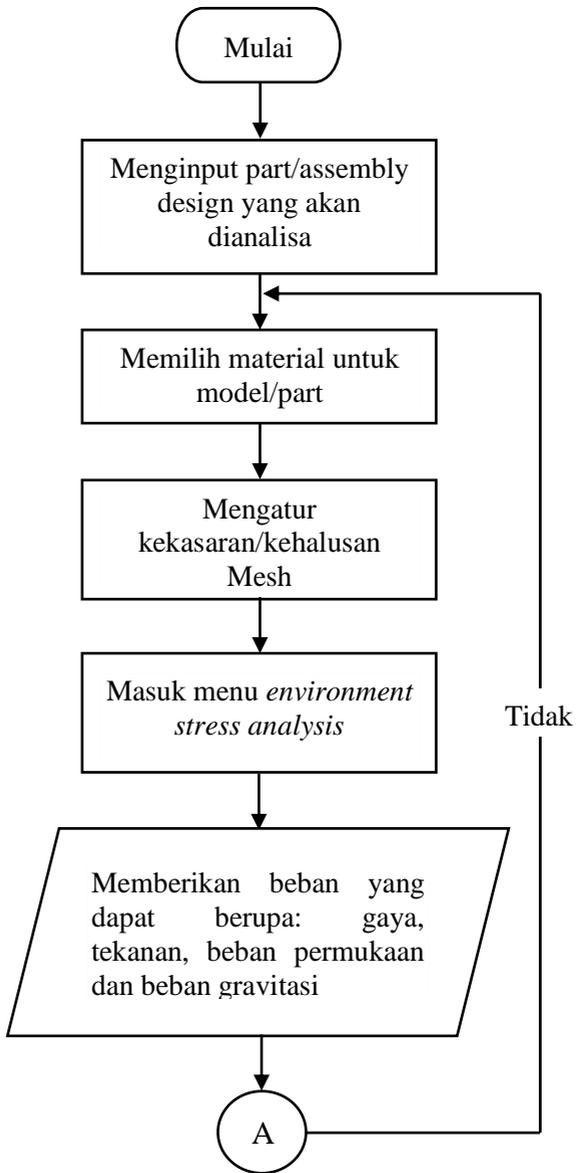
3. Assembly Part Design

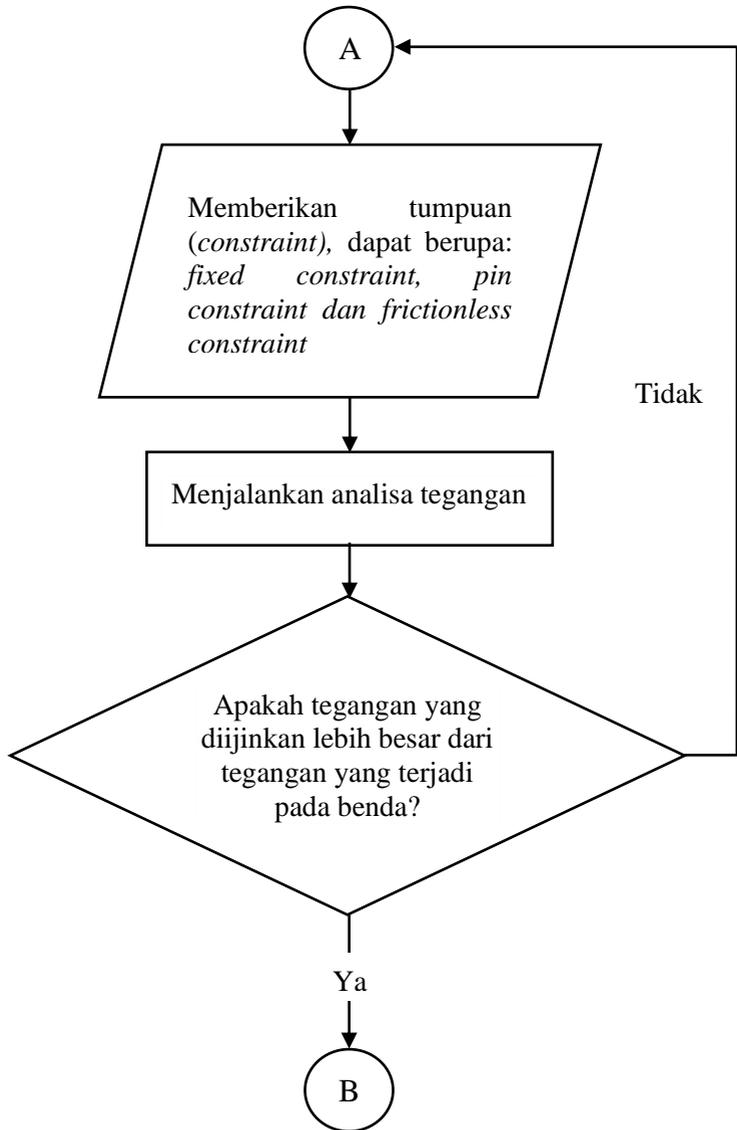
Setelah setiap komponen alat sudah dibuat desainnya maka langkah selanjutnya adalah melakukan penggabungan (*Assembly*) *part design* tersebut agar tersusun menjadi *trunion fixture*. Berikut adalah contoh pemodelan part design *trunion fixture* menggunakan menu *part design* :

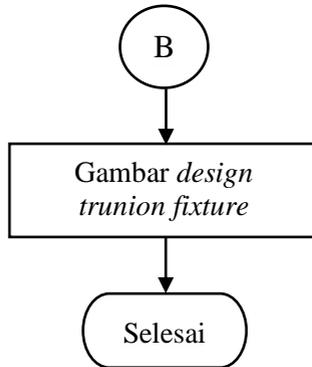


Gambar 3.5 Contoh pemodelan *part design trunion fixture*

Setelah pembuatan desain sudah selesai maka yang dilakukan selanjutnya adalah melakukan analisa pada desain *trunion fixture* yang telah dibuat. Berikut ini adalah gambar 3.6 diagram alir proses analisa tegangan pada *trunion fixture*:







Gambar 3.6. Diagram Alir Analisa *software autodesk inventor*

Berikut adalah penjelasan diagram alir tentang proses analisa pada desain flexible fixture menggunakan *software autodesk inventor* :

1. Menginput *Part Design/Assembly* yang Akan Dianalisa

Setelah desain sudah dirakit(disassembly) menjadi satu maka komponen tersebut disiapkan untuk dianalisa.

2. Memilih Material Untuk Model/*Part*

Setelah tahap persiapan part design yang akan dianalisa selesai kemudian langkah selanjutnya adalah menentukan jenis material. Material yang akan dipih sudah tersedia dalam *Library Material* dengan menyesuaikan ketersediaan material tersebut di lapangan. Maka material tersebut dapat diaplikasikan sesuai dengan yang dibutuhkan.

3. Mengatur Kekasaran dan Kehalusan *Mesh*

Setelah memilih material yang akan digunakan untuk part design pada *trunion fixture* maka langkah selanjutnya adalah mengatur kehalusan dan kekasaran pada tiap komponen *part design*.

4. Melakukan Simulasi Analisa

Setelah pemilihan material dan mengatur kehalusan serta kekasaran untuk tiap part design maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisa tegangan. Pengujian tegangan (*stress analysis*) pada *Autodesk inventor* terdapat pada menu

environment. pada menu tersebut kita dapat menganalisa tegangan-tegangan yang terjadi pada bagian part design *trunion fixture*. Pemberian beban (*load*) untuk *pengujian stress analysis* dapat berupa:

- Gaya
- Moment
- Tekanan
- Beban pada permukaan
- Beban karena gravitasi

Setelah menentukan jenis pembebanan yang akan diberikan kemudian kita harus menentukan jenis tumpuan yang digunakan dalam part design tersebut. Setelah selesai maka hasil analisa tegangan yang terjadi pada bagian-bagian *part design trunion fixture* sudah dapat dilakukan.

5. Gambar Design *Trunion Fixture*

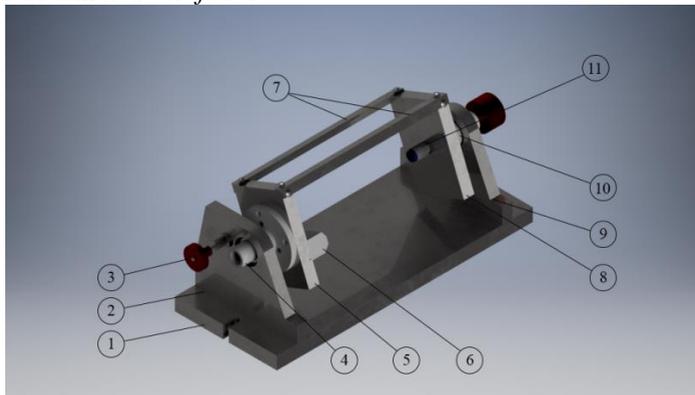
Setelah semua analisa terhadap bagian *part* selesai termasuk bagian *assembly* selesai maka akan didapatkan desain *trunion fixture* dengan konstruksi yang baik agar *trunion fixture* tersebut bisa bekerja dengan baik.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Komponen

Dalam perencanaan komponen dari *trunion fixture* di desain sesuai dengan jarak antara meja dengan pahat yang terdapat pada mesin *milling*. Dengan menyesuaikan ketinggian alat dan dimensi alat tersebut diharapkan alat ini dapat mendukung proses permesinan pada *part headstock*. Berikut ini gambar 4.1 adalah gambar desain *trunion fixture*:



Gambar 4.1 Desain *trunion fixture*

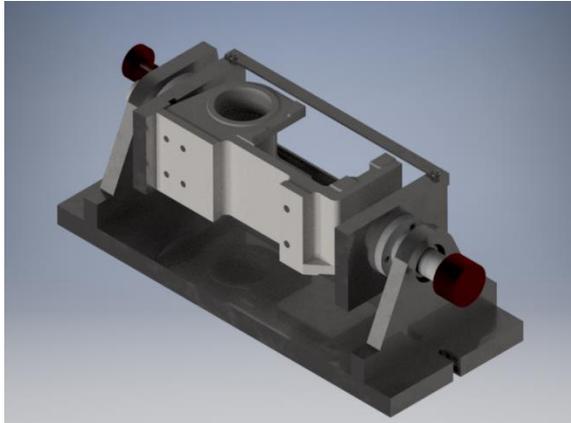
Berikut adalah tabel keterangan nama komponen utama pada *trunion fixture* yang ditunjukkan oleh angka pada gambar 4.1:

Tabel 4.1 Nama komponen *trunion fixture*

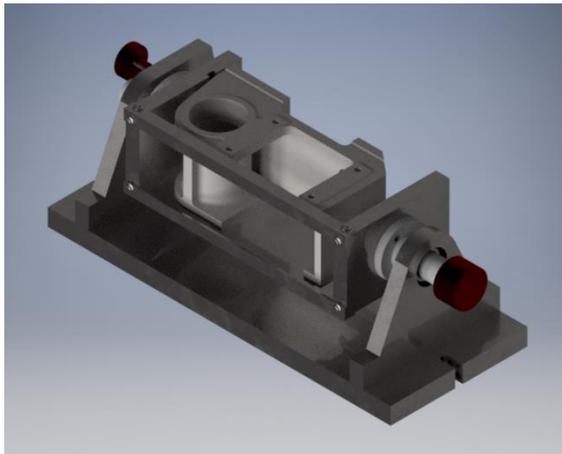
No.	Nama Part	Material	Su (Mpa)	Syp (Mpa)
1	<i>Base plate</i>	<i>Mild Steel JIS S45C [10]</i>	345	207
2	<i>Pillar Indexing</i>	<i>Mild Steel JIS S45C [10]</i>	345	207

3	<i>Latch Pin Indexing</i>	<i>Carbon Steel</i> AISI 1054 N	1020	655
4	<i>Poros Indexing</i>	<i>Carbon Steel</i> AISI 1054 N [10]	1020	655
5	<i>Dinding Locator</i> <i>Contour Body</i>	<i>Mild Steel</i> JIS S45C [10]	345	207
6	<i>Locator Contour</i> <i>Body</i>	<i>Stainless Steel</i> 440C Treated Hardness: 50 ~ 55HRC	1790	1660
7	<i>Conecting Plate</i> (15 × 3) mm	<i>Angle Steel</i> DIN 59370	340	235
8	<i>Dinding Moving</i> <i>Cone Locator</i>	<i>Mild Steel</i> JIS S45C [10]	345	207
9	<i>Pillar Moving Cone</i> <i>Locator</i>	<i>Mild Steel</i> JIS S45C [10]	345	207
10	<i>Poros Moving Cone</i> <i>Locator</i>	<i>Carbon Steel</i> AISI 1054 N [10]	1020	655
11	<i>Cone Locator</i>	<i>Stainless Steel</i> 440C Treated Hardness: 50 ~ 55HRC [9]	1790	1660

Pada saat digunakan *trunion fixture* akan dapat berputar secara manual sesuai dengan penyetelan sudut *indexing* (*ratio* 90°) pada poros *indexing* yang terhubung dengan *pillar indexing* melalui *latch pin*. Tujuan *indexing* ini berfungsi membantu proses pengerjaan ke empat sisi *part headstock*. Berikut merupakan posisi yang diharapkan dapat dicapai oleh *trunion fixture* sesuai dengan tujuan rancangan seperti pada gambar 4.2 *trunion fixture* posisi 90° dan gambar 4.3 *trunion fixture* posisi 270°.



Gambar 4.2 Rancangan 3D *trunion fixture* posisi 90°

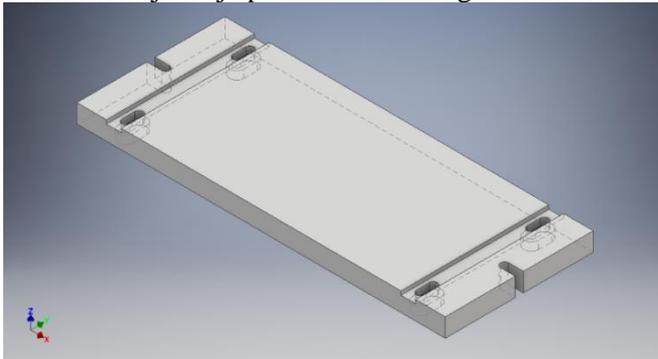


Gambar 4.3 Rancangan 3D *trunion fixture* posisi 270°

Seperti pada gambar 4.1 diatas terdapat beberapa komponen utama penyusun *trunion fixture*. Berikut ini adalah penjelasan tentang komponen utama pada rancangan *trunion fixture* beserta dimensi dan ukurannya yang terdapat pada lampiran.

4.1.1. *Base Plate*

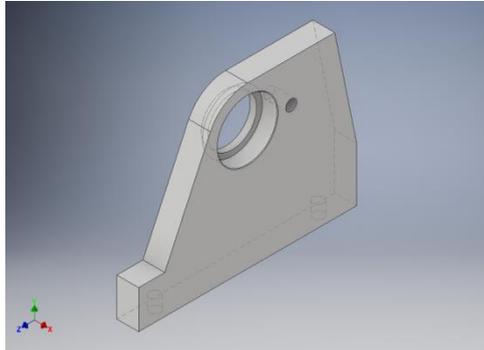
Dalam perancangan *trunion fixture* terdapat beberapa komponen dimana salah satu dari komponen tersebut adalah *base plate*. Pada bagian ini merupakan bagian penampang bawah dari *trunion fixture* yang berfungsi sebagai penyangga atau alas dari semua komponen *trunion fixture*. Desain 3D dari *base plate* pada gambar 4.4 telah direncanakan sesuai dengan dimensi dari meja kerja pada mesin milling.



Gambar 4.4 Komponen *Base Plate*

4.1.2. *Pillar Indexing*

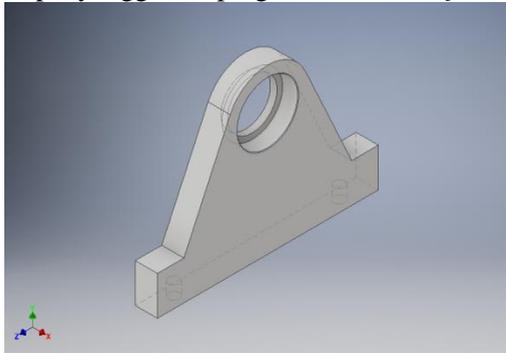
Komponen pada *trunion fixture* selanjutnya adalah *pillar indexing* atau bisa disebut dengan *part* penyangga samping kiri pada *trunion fixture* yang berfungsi sebagai penyangga poros *indexing* yang terhubung dengan *cover* atau dinding *locator contour* dan *locator contour* itu sendiri. Berikut pada gambar 4.5 adalah gambar 3D untuk penyangga samping kiri *trunion fixture*:



Gambar 4.5 *Pillar Indexing* samping sisi kiri

4.1.3. *Pillar Moving Cone Locator*

Komponen pada *trunion fixture* selanjutnya adalah *pillar moving cone locator* atau bisa disebut dengan *part* penyangga samping kanan pada *trunion fixture* yang berfungsi sebagai penyangga poros yang terhubung dengan *cover* atau dinding *moving cone locator*. Berikut pada gambar 4.6 adalah gambar 3D dari plat penyangga samping kanan *trunion fixture*:

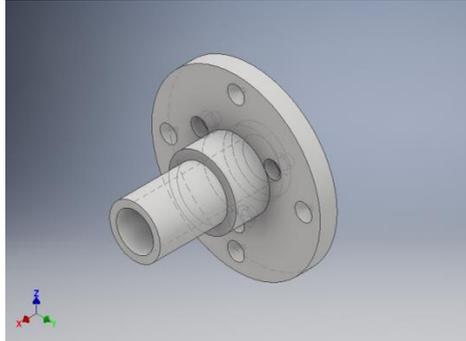


Gambar 4.6 *Pillar Moving Cone Locator*

4.1.4. *Poros Indexing*

Komponen *trunion fixture* berikutnya adalah *shaft indexing* atau poros samping kiri, dimana poros samping pada *trunion fixture* dibagi menjadi dua yaitu poros samping kiri sebagai tempat *setting indexing* *trunion* dan poros samping

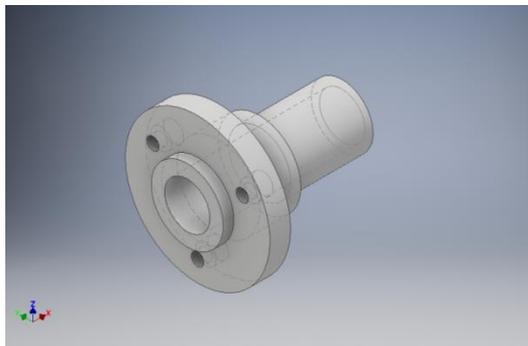
kanan sebagai tempat proses pengekaman (*clamping*) oleh *moving cone locator*. Dimana poros tersebut memiliki dimensi dan ukuran yang berbeda sesuai dengan fungsinya. Berikut gambar 4.7 adalah gambar poros samping kiri pada *trunion fixture*:



Gambar 4.7 Poros Indexing

4.1.5. Poros Moving Cone Locator

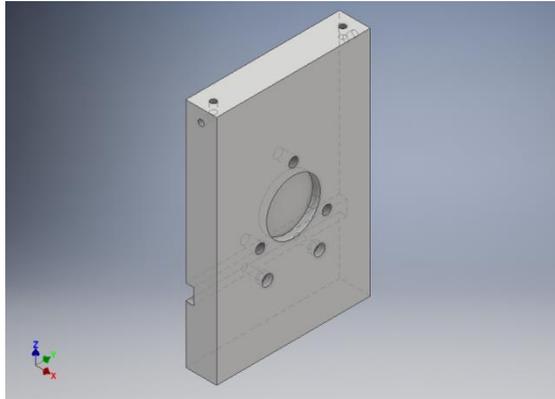
Kemudian komponen *trunion fixture* berikutnya adalah poros *moving cone locator* dimana poros samping kanan ini merupakan komponen penyangga *handle* atau rumah dari *cone locator* tersebut. Dan proses pengekaman manual oleh *handle cone locator* yaitu melalui poros samping kanan ini. Berikut gambar 4.8 adalah gambar rancangan 3D komponen dari poros samping sisi kanan:



Gambar 4.8 Poros Moving Cone Locator

4.1.6. Dinding *Locator Contour Body*

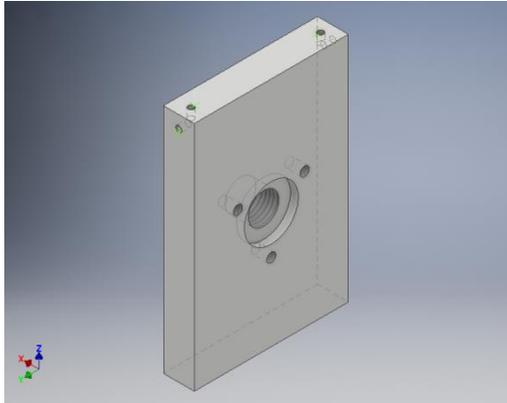
Komponen *trunion fixture* kali ini adalah *cover* atau dinding samping kiri yang merupakan tempat peletakan *fixed locator contour* untuk mencekam *part headstock* dari sisi kiri dan tempat penghubung dari poros samping kiri. Berikut gambar 4.9 merupakan rancangan 3D dari dinding atau *cover* tersebut.



Gambar 4.9 Dinding *Locator Contour Body*

4.1.7. Dinding *Moving Conical Locator*

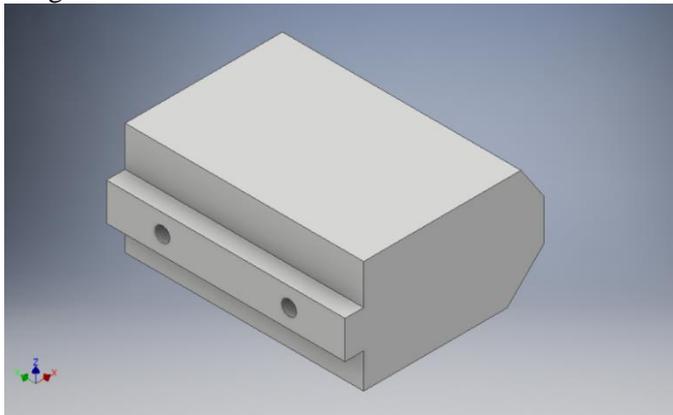
Komponen *trunion fixture* kali ini adalah *cover* atau dinding samping kanan yang merupakan tempat peletakan *moving cone locator* untuk mencekam *part headstock* dari sisi kanan dan tempat penghubung dari poros samping kanan. Berikut gambar 4.10 merupakan rancangan 3D dari dinding atau *cover* tersebut.



Gambar 4.10 Dinding *Moving Cone Locator*

4.1.8. *Locator Contour Body*

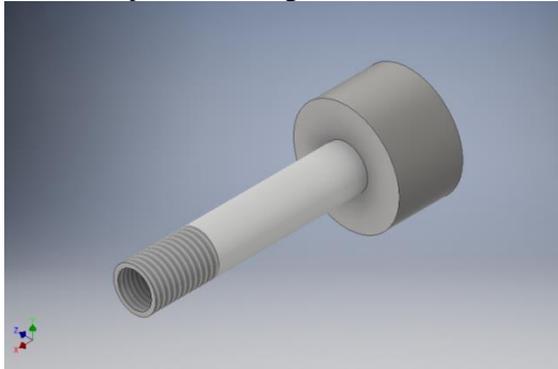
Merupakan komponen penunjang berfungsinya *fixture* ini, dimana untuk proses mencekam kontur *part headstock* yang bulat mencekung kedalam tepat dibawah lubang poros untuk *spindle shaft* pada *headstosk*. Untuk dimensi dan rancangan *locator* ini di sesuaikan (*custome*) dengan dimensi pada kontur tersebut. Berikut gambar 4.11 merupakan rancangan 3D dari *locator* tersebut.



Gambar 4.11 *Locator Contour Body*

4.1.9. *Handle Cone Locator*

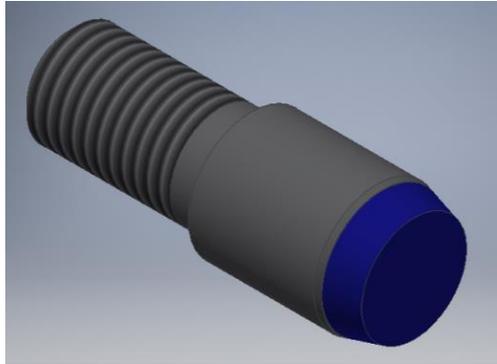
Komponen *trunion fixture* kali ini merupakan *handle* dengan sistem ulir pengunci atau baut pencekam. Komponen ini berfungsi untuk mencekam *part headstock* dengan *cone locator* melalui poros samping kanan yang terhubung dengan dinding sisi kanan sebagai pengunci ulir dalamnya. Berikut gambar 4.12 merupakan rancangan 3D dari *handle* tersebut.



Gambar 4.12 *Handle Cone Locator*

4.1.10. *Cone locator*

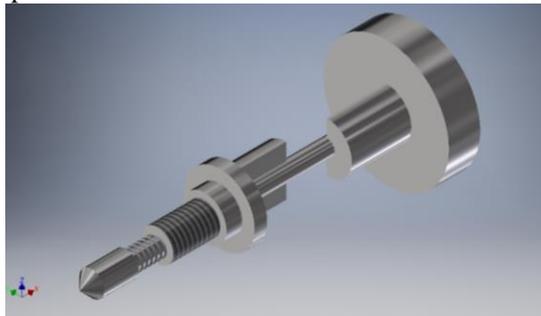
Komponen *trunion fixture* kali ini merupakan produk dari Misumi USA yang memiliki *part number* SJPPHNA-P20/00-L5-B20/0 yang terdapat material plastik pada ujung nya yaitu MC Nylon >> P.2-953 dan bermaterial *Stainless steel 440C* yang telah di *treated hardness* 50 ~ 55 HRC. Berikut gambar 4.13 merupakan rancangan 3D dari komponen ini.



Gambar 4.13 *Cone Locator*

4.1.11. Latch Pin Indexing

komponen ini berfungsi penting untuk mengunci *trunion* sesuai dengan *indexing* yang terhubung pada poros samping kiri melalui *pillar* samping kiri. *Latch pin* ini mengunci dengan sistem pegas antara *latch pin retainer* terhadap *latch pin* yang ujungnya *champer*. Pada *latch pin retainer* ini terdapat ulir untuk mengunci komponen ini pada *pillar* samping kiri. Berikut gambar 4.14 merupakan rancangan 3D dari komponen ini.

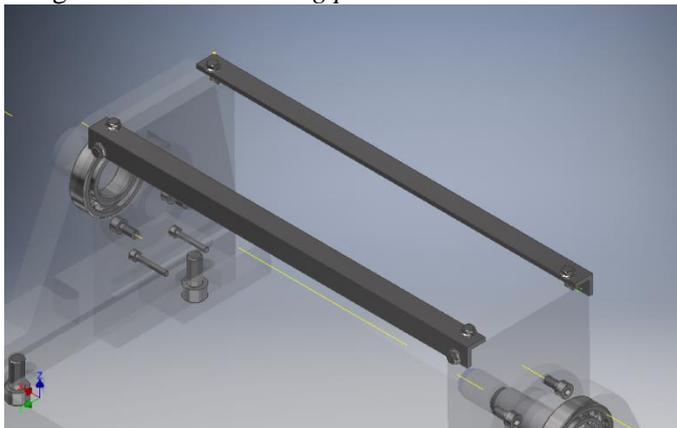


Gambar 4.14 *Latch Pin Indexing*

4.1.12. Connecting Plate

Merupakan komponen *trunion fixture* plat siku bertipe DIN 59370 (15 × 3) mm dan bermaterial *Mild Steel S235JR*. Komponen ini berfungsi menghubungkan antara dinding

moving locator dengan dinding *indexing* agar tetap saling sejajar kedudukannya. Berikut gambar 4.15 merupakan rancangan 3D dari *connecting plate*.



Gambar 4.15 *Connecting Plate*

4.2 Analisa Trunion Fixture Headstock

Dalam pembuatan *trunion fixture headstock* terdapat beberapa gaya yang terjadi pada saat proses pemesinan seperti pencekaman dan komponen penting, yaitu ulir pengunci dan *spring latch pin indexing*. Komponen-komponen tersebut akan dianalisa dan direncanakan sebelum dilaksanakan pembuatan *trunion fixture* untuk proses pemesinan pada *part headstock*.

Dalam menganalisa *trunion fixture* akan dilakukan menggunakan 2 macam metode, yaitu metode manual dan *Programing (software Autodesk inventor)*. Dalam menganalisa dengan menggunakan metode perhitungan manual dan analisa menggunakan *software Autodesk inventor* dapat dilakukan pada setiap masing-masing komponen. Maka untuk menguji ketepatan analisa perhitungan akan dilakukan perbandingan dari masing-masing metode tersebut.

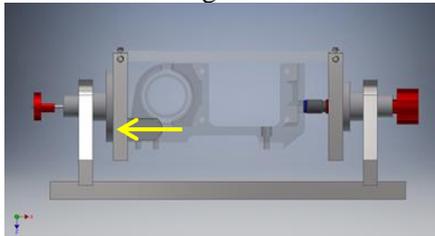
4.2.1 Analisa Perencanaan *Trunion Fixture*

4.2.1.1 Analisa Derajat Kebebasan *Trunion Fixture* Pada Proses Pemesinan

Pada konstruksi *trunion fixture* ini terdapat 12 derajat kebebasan yang telah termatikan. Berikut merupakan uraian 12 derajat kebebasan sesuai dengan penggunaan *contour locator* dan *moving cone locator* pada *trunion fixture headstock* ini.

A. *Contour Locator*

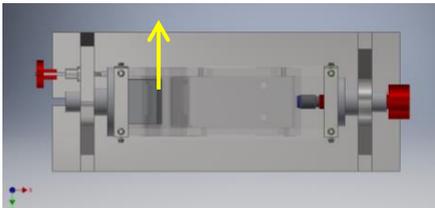
1. Pada Sumbu X Negatif



Gambar 4.16 derajat kebebasan pada sumbu x negatif

Komponen *contour locator* pada gambar 4.16 diatas akan mengunci gerakan dari benda kerja headstock kearah sumbu x negatif. Artinya bahwa benda kerja headstock ini tidak akan bergerak kearah sumbu x negatif.

2. Pada Sumbu Y Positif

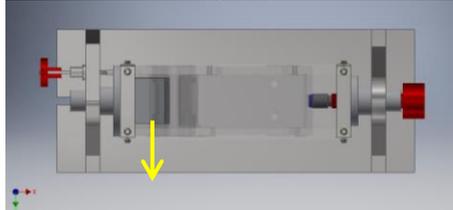


Gambar 4.17 derajat kebebasan pada sumbu y positif

Komponen *contour locator* pada gambar 4.17 diatas akan mengunci gerakan dari benda kerja headstock kearah sumbu y positif.

Artinya bahwa benda kerja headstock ini tidak akan bergerak ke arah sumbu y positif.

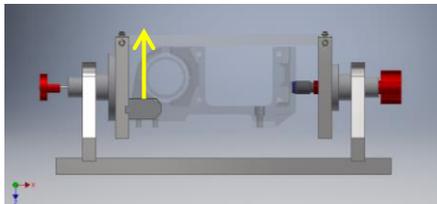
3. Pada Sumbu Y Negatif



Gambar 4.18 derajat kebebasan pada sumbu y negatif

Komponen *contour locator* pada gambar 4.18 diatas akan mengunci gerakan dari benda kerja headstock ke arah sumbu y negatif. Artinya bahwa benda kerja headstock ini tidak akan bergerak ke arah sumbu y negatif.

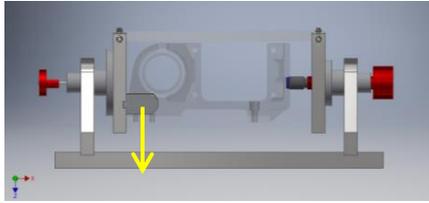
4. Pada Sumbu Z Positif



Gambar 4.19 derajat kebebasan pada sumbu z positif

Komponen *contour locator* pada gambar 4.19 diatas akan mengunci gerakan dari benda kerja headstock ke arah sumbu z positif. Artinya bahwa benda kerja headstock ini tidak akan bergerak ke arah sumbu z positif.

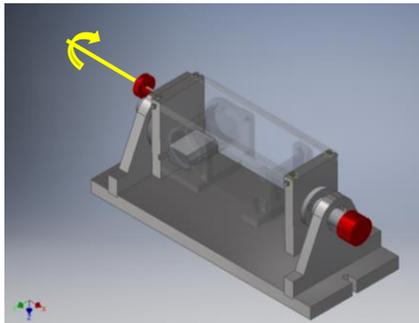
5. Pada Sumbu Z Negatif



Gambar 4.20 derajat kebebasan pada sumbu z negatif

Komponen *contour locator* pada gambar 4.20 diatas akan mengunci gerakan dari benda kerja headstock kearah sumbu z negatif. Artinya bahwa benda kerja headstock ini tidak akan bergerak kearah sumbu z negatif.

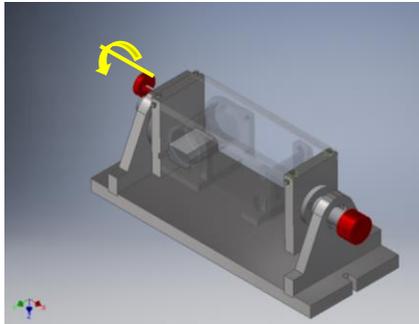
6. Pada Sumbu Putar X *Clock Wise*



Gambar 4.21 derajat kebebasan pada sumbu x *clock wise*

Komponen *contour locator* pada gambar 4.21 diatas akan mengunci gerakan putar dari benda kerja headstock kearah sumbu x *clockwise*. Artinya bahwa benda kerja headstock ini tidak akan berputar kearah sumbu x *clockwise*.

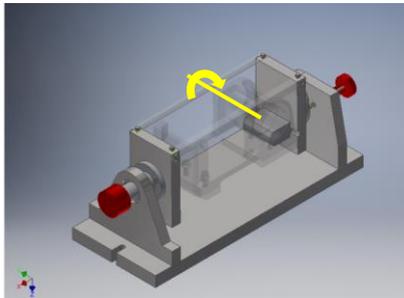
7. Pada Sumbu Putar X *Counter Clock Wise*



Gambar 4.22 derajat kebebasan pada sumbu x
counter clock wise

Komponen *contour locator* pada gambar 4.22 diatas akan mengunci gerakan putar dari benda kerja headstock kearah sumbu x *counter clockwise*. Artinya bahwa benda kerja headstock ini tidak akan berputar kearah sumbu x *counter clockwise*.

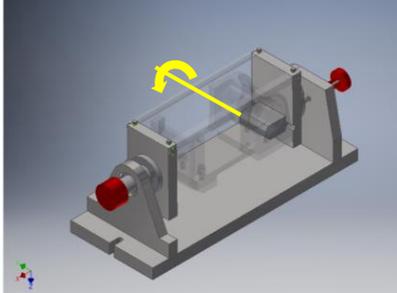
8. Pada Sumbu Putar Y *Clock Wise*



Gambar 4.23 derajat kebebasan pada sumbu y
clock wise

Komponen *contour locator* pada gambar 4.23 diatas akan mengunci gerakan putar dari benda kerja headstock kearah sumbu y *clockwise*. Artinya bahwa benda kerja headstock ini tidak akan berputar kearah sumbu y *clockwise*.

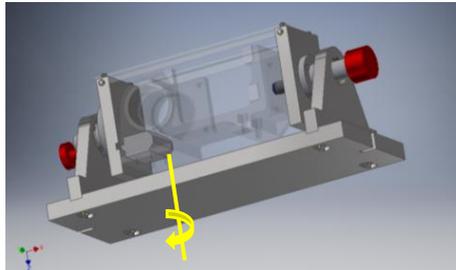
9. Pada Sumbu Putar Y *Counter Clock Wise*



Gambar 4.24 derajat kebebasan pada sumbu y
counter clock wise

Komponen *contour locator* pada gambar 4.24 diatas akan mengunci gerakan putar dari benda kerja headstock kearah sumbu y *counter clockwise*. Artinya bahwa benda kerja headstock ini tidak akan berputar kearah sumbu y *counter clockwise*.

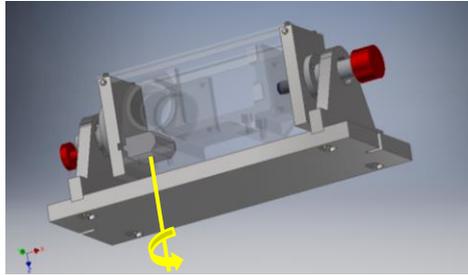
10. Pada Sumbu Putar Z *Clock Wise*.



Gambar 4.25 derajat kebebasan pada sumbu z
clock wise

Komponen *contour locator* pada gambar 4.25 diatas akan mengunci gerakan putar dari benda kerja headstock kearah sumbu z *clockwise*. Artinya bahwa benda kerja headstock ini tidak akan berputar kearah sumbu z *clockwise*.

11. Pada Sumbu Putar Z *counter Clock Wise*

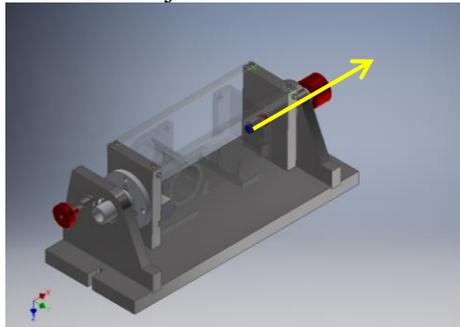


Gambar 4.26 derajat kebebasan pada sumbu z *counter clock wise*

Komponen *contour locator* pada gambar 4.26 diatas akan mengunci gerakan putar dari benda kerja headstock kearah sumbu z *counter clockwise*. Artinya bahwa benda kerja headstock ini tidak akan berputar kearah sumbu z *counter clockwise*.

B. *Moving Cone Locator*

Pada *locator* ini terdapat satu derajat kebebasan yang mampu mengunci kesebelas derajat kebebasan lainnya, berikut merupakan gambar analisa derajat kebebasan tersebut:



Gambar 4.27 derajat kebebasan pada sumbu x positif

Penerapan kedua *locator* diatas diadopsi dari teori partikel kinematika tentang 6 derajat kebebasan pada mekanisme gerak yang terjadi pada suatu benda [12].

4.2.1.2 Gaya yang Terjadi saat Pemesinan

Untuk mencari gaya saat proses pemotongan yang terjadi terlebih dahulu mencari daya pemotongan (P_c). Berikut merupakan uraian dari *specific energy in machining*:

$$U = P_u = \frac{P_c}{R_{MR}} = \frac{F_c \cdot v}{vt_o W}$$

$$P_c = P_u \cdot R_{MR} \dots\dots\dots 1.)$$

$$P_c = F_c \cdot v$$

$$F_c = \frac{P_c}{v} \dots\dots\dots 2.)$$

Maka diketahui,

$V_c = 40 \text{ m/menit}$ (Tabel 4.2)

$D = \text{Diameter pahat } 50\text{mm}$

$i = \text{jumlah mata potong } 4$

$n = \text{kecepatan spindle (rpm)}$

$F = \text{jarak pemakanan per menit}$

$f = \text{Pemakanan tiap mata potong } 0,1 \text{ mm/gigi}$ (tabel 4.3)

$R_{MR} = \text{Cutting condition (mm}^3/\text{menit)}$

$t_c = \text{Waktu pemotongan (menit)}$

$P_u = \text{Specific energy atau unit power (Nm/mm}^3)$

$P_c = \text{Daya pemotongan (J/detik)}$

$F_c = \text{Gaya Pemotongan (N)}$

Tabel 4.2 tabulasi material kecepatan potong

Bahan	Cutter Frais HSS		Cutter Frais Karbida	
	m/men	Ft/min	m/men	Ft/min
Baja Lunak (Mild Steel)	18 - 21	60 - 70.	30 - 250	100 - 800
Besi Tuang (Cast Iron)	14 - 17	45 - 55	40 - 150	150 - 500
Perunggu	21 - 24	70 - 80	90 - 200	300 - 700
Tembaga	45 - 90	150 - 300	150 - 450	500 - 1500
Kuningan	30 - 120	100 - 400	120 - 300	400 - 1000
Aluminium	90 - 150	300 - 500	90 - 180	- 600

Tabel 4.3 tabulasi material sayatan pergigi dalam milimeter

Material	End mill Face Cutting Depth Max 6 mm			Shell End Mill Face Mill	Form Cutter	Slotting & Side Mill
	< 12	12-25	>25	>40	-	-
Diameter (mm)						
Plain carbon steel	0.025	0.075	0.1	0.1-0.3	0.125	0.05-0.2
Alloy Steel	0.025	0.05	0.075	0.1-0.3	0.1	0.05-0.2
Tool Steel CS 18-25 m/mnt	0.025	0.05	0.05	0.075-0.25	0.1	0.05-0.15
Tool Steel CS 05-17 m/mnt	0.025	0.05	0.05	0.075-0.2	0.075	0.05-0.125
Spring Steel	0.025	0.05	0.05	0.075-0.2	0.075	0.05-0.125
Stainless Steel						
304, 304L, 316, 316L	0.025	0.05	0.075	0.125-0.2	0.1	0.05-0.175
410, 416	0.025	0.05	0.075	0.1-0.15	0.1	0.05-0.175
420, 420F	0.025	0.05	0.05	0.075-0.5	0.075	0.05-0.175
440C, 440F	0.013	0.05	0.05	0.05-0.15	0.075	0.05-0.125
Copper	0.05	0.1	0.125	0.1-0.5	0.1	0.05-0.25
Lead Bronze	0.05	0.1	0.125	0.1-0.5	0.1	0.05-0.25
Phospor Bronze	0.05	0.075	0.1	0.075-0.3	0.1	0.05-0.2
Pure Aluminum	0.075	0.1	0.125	0.125-0.5	0.125	0.1-0.3
Aluminum Alloy	0.05	0.075	0.1	0.125-0.5	0.1	0.1-0.3
Cast Iron						
GG20,25	0.025	0.075	0.1	0.125-0.4	0.125	0.05-0.25
GG30,35,40,45,50	0.025	0.05	0.075	0.1-0.3	0.1	0.05-0.2
GG55,60	0.025	0.05	0.05	0.05-0.2	0.075	0.05-0.125

Mencari putaran *spindle*:

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{40 \text{ m/menit} \cdot 1000}{\pi \cdot 50 \text{ mm}}$$

$$n = 254,777 \text{ rpm}$$

Mencari waktu pemotongan:

Mencari jarak pemakanan per menit:

$$F = f \cdot i \cdot n$$

$$F = 0,1 \text{ mm/gigi} \cdot 4 \cdot 254,777 \text{ rpm}$$

$$F = 101,91 \text{ mm/menit}$$

Mencari panjang pengeboran pada gambar 5.13:

$$L = l_{total} + 0,3 \cdot D$$

$$L = 100 + 0,3 \cdot 50$$

$$L = 115 \text{ mm}$$

Maka,

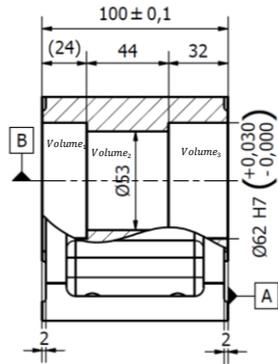
$$t_c = \frac{L}{F}$$

$$t_c = \frac{115 \text{ mm}}{101,91 \text{ mm/menit}}$$

$$t_c = 1,128 \text{ menit}$$

Mencari volume total:

$$Volume = Volume_1 + Volume_2 + Volume_3$$



Gambar 4.28 Sketch perpotongan tampak depan
Mencari jumlah *Removing material* atau *cutting condition*:

$$\begin{aligned} R_{MR} &= \frac{Volume}{t_c} \\ &= \frac{Volume_1 + Volume_2 + Volume_3}{t_c} \\ &= \frac{(\pi \cdot r^2 \cdot s)_1 + (\pi \cdot r^2 \cdot s)_2 + (\pi \cdot r^2 \cdot s)_3}{t_c} \\ &= \frac{(\pi \cdot 31^2 \cdot 24)_1 + (\pi \cdot 26,5^2 \cdot 44)_2 + (\pi \cdot 31^2 \cdot 32)_3}{t_c} \\ &= \frac{72.420,96 \text{ mm}^3 + 97.022,86 \text{ mm}^3 + 96.561,28 \text{ mm}^3}{t_c} \end{aligned}$$

$$R_{MR} = \frac{266.005,1 \text{ mm}^3}{1,128 \text{ menit}} = 235.820,124 \text{ mm}^3 / \text{menit}$$

Untuk *specific energy* (U/P_u) sudah diketahui pada tabulasi berdasarkan material benda kerja. Dimana satuan dari *specific energy* adalah $\text{N}\cdot\text{m}/\text{mm}^3$ atau J/mm^3 ($\text{in}\cdot\text{lb}/\text{in}^3$). Kerena benda kerja headstock berbahan baku *cast iron* maka *unit power* atau *specific energy* U diketahui $1,6 \text{ Nm}/\text{mm}^3$.

Tabel 4.4 *specific energy* dan *unit horse power* untuk berbagai macam bahan logam [5]

TABLE 21.2 Values of unit horsepower and **specific energy** for selected work materials using sharp cutting tools and chip thickness before the cut $t_o = 0.25$ mm (0.010 in).

Material	Brinell Hardness	Specific Energy U or Unit Power P_u		Unit Horsepower HP_u hp/(in ³ /min)
		N-m/mm ³	in-lb/in ³	
Carbon steel	150–200	1.6	240,000	0.6
	201–250	2.2	320,000	0.8
	251–300	2.8	400,000	1.0
Alloy steels	200–250	2.2	320,000	0.8
	251–300	2.8	400,000	1.0
	301–350	3.6	520,000	1.3
	351–400	4.4	640,000	1.6
Cast irons	125–175	1.1	160,000	0.4
	175–250	1.6	240,000	0.6
Stainless steel	150–250	2.8	400,000	1.0
Aluminum	50–100	0.7	100,000	0.25
Aluminum alloys	100–150	0.8	120,000	0.3
Brass	100–150	2.2	320,000	0.8
Bronze	100–150	2.2	320,000	0.8
Magnesium alloys	50–100	0.4	60,000	0.15

Masuk ke persamaan 1:

$$P_c = P_u \cdot R_{MR}$$

$$P_c = 1,6 \text{ Nm/mm}^3 \cdot 235.820,124 \text{ mm}^3/\text{menit}$$

$$P_c = 1,6 \text{ Nm/mm}^3 \cdot 5.502,469 \text{ mm}^3/\text{detik}$$

$$P_c = 8.803,951 \text{ Watt}$$

Masuk ke persamaan ke 2:

$$F_c = \frac{P_c}{v}$$

$$F_c = \frac{8.803,951 \text{ Watt}}{40\text{m}/\text{menit} \cdot 1000}$$

$$F_c = \frac{8.803,951 \text{ Watt}}{40.000\text{mm}/\text{menit}}$$

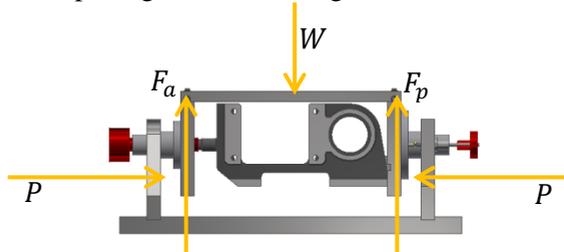
$$F_c = \frac{8.803,951 \text{ N.m}/\text{detik}}{666,667\text{mm}/\text{detik}}$$

$$F_c = 13,206 \text{ N}$$

Kesimpulannya setelah menghitung parameter pemesinan saat proses *milling* pada benda kerja headstock dan dilanjut menghitung *unit power* atau *specific energy* maka didapatkan hasil dari gaya pemesinan yang terjadi yaitu 13,206 N.

4.2.1.3 Gaya Cekam *Trunion Fixture* Terhadap Benda Kerja

Gaya cekam yang diberikan *fixture* pada benda kerja, baik pada kontur benda kerja *round* maupun *square* dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4.29 Diagram gaya cekam *fixture* pada benda kerja

Diketahui:

W = berat benda kerja

F_p = gaya gesek benda kerja terhadap pencekam

F_a = gaya gesek benda kerja terhadap bagian *contour locator* terhadap batang persegi (benda kerja persegi)

P = gaya cekam

N = gaya normal

m = massa benda = 5,851 kg

μ_s = koefisien gesek = 0,2 [3]

Untuk mencekam benda kerja pada tempatnya, maka gaya gesek antara benda kerja dengan pencekam harus lebih besar dari gaya berat benda kerja tersebut, sehingga benda kerja dapat berada pada posisi yang stabil saat dikenai kerja.

Untuk benda kerja berbentuk *square* gaya cekam yang dibutuhkan, yaitu:

$$\Sigma F_x = 0 \quad P - N = 0; \quad P = N$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad W - F_p - F_a = 0$$

$$W = F_p + F_a \quad \dots[1]$$

Keterangan:

$$F_p = 2 \cdot \mu_s \cdot P \text{ (ada 2 bidang kontak)}$$

$$F_a = 2 \cdot \mu_s \cdot P \text{ (ada 2 bidang kontak)}$$

$$W = 2 \cdot \mu_s \cdot P + 2 \cdot \mu_s \cdot P$$

$$W = 4 \cdot \mu_s \cdot P$$

Maka,

$$P = \frac{W}{4 \cdot \mu_s}$$

$$P = \frac{m \cdot g}{4 \cdot \mu_s}$$

$$P = \frac{5,851 \times 9,81}{4 \cdot 0,2}$$

$$P = 71,747 \text{ N}$$

Jadi gaya cekam minimal untuk dapat mencekam benda kerja dengan kestabilan yang tinggi pada benda kerja berdimensi *square* adalah sebesar 71,747 N.

Untuk benda kerja berbentuk silindris gaya cekam yang dibutuhkan untuk mampu mencekam yaitu :

$$W = F_p + F_a \quad \dots[1]$$

keterangan:

$$F_p = 2 \cdot \mu_s \cdot P \text{ (ada 2 bidang kontak)}$$

$$F_a = \mu_s \cdot P \text{ (ada 1 bidang kontak)}$$

$$W = 2 \cdot \mu_s \cdot P + \mu_s \cdot P$$

$$P = 3 \cdot \mu_s \cdot P$$

Maka,

$$P = \frac{W}{3 \cdot \mu_s}$$

$$P = \frac{m \cdot g}{3 \cdot \mu_s}$$

$$P = \frac{5,851 \times 9,81}{3 \cdot 0,2}$$

$$P = 95,663 \text{ N}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa sebuah pencekam untuk dapat mencekam benda kerja berbentuk silindris dalam kondisi yang stabil saat menerima beban adalah sebesar 95,633 N .

Setelah hasil perhitungan gaya pencekaman dan gaya pemesinan diketahui, maka dari hasil tersebut dinyatakan bahwa gaya pencekaman lebih besar dari gaya pemesinan dari benda kerja headstock 71,747 N > 13,206 N .

4.2.1.4 Kekuatan Baut atau Ulir Pencekam

Baut pencekam dipilih menggunakan M22 dengan bahan SS 304 yaitu baut dengan diameter luar (*major diameter*) 22 mm dan satuan metrik (60°) pada dratnya.

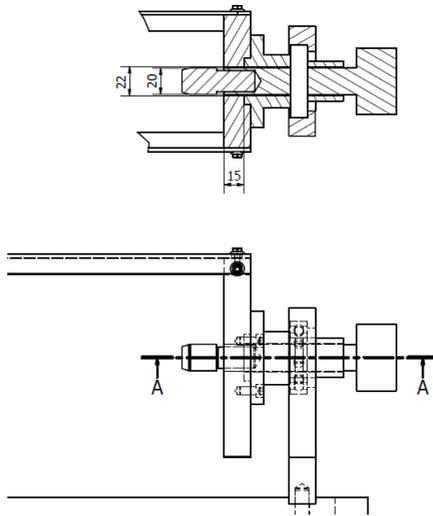
σ_p = tegangan tarik yang diizinkan = 515 N/mm² [8]

τ_s = tegangan geser = 0,5 × 515 = 257,5 N/mm²

N = safety factor = 2

P = gaya reaksi pada baut pencekam = 95,633 N

L = panjang bidang geser



Gambar 4.30 Dimensi pada baut atau ulir pencekam

1. Tegangan Normal pada Baut Pencekam

$$A = \frac{\pi}{4} \times d^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times 22^2 = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$\frac{P}{A} \leq \frac{\sigma_P}{N} \quad \dots[1]$$

$$\frac{95,633}{379,94} \leq \frac{515}{2}$$

$$0,251 \leq 257,5 \text{ N/m}^2$$

Dari perhitungan manual yang dilakukan, sebuah komponen dapat dikatakan aman apabila tegangan normal yang terjadi pada baut adalah \leq tegangan normal yang diizinkan oleh material

properties (kekuatan material), karena tegangan normal yang terjadi pada baut lebih kecil dari tegangan normal yang diizinkan maka dapat dipastikan aman.

Keterangan:

P = gaya reaksi pada baut pencekam benda kerja

A = luas bidang proyeksi

N = angka keamanan/ *safety factor*

σ_p = tegangan tarik yang diizinkan

2. Tegangan Geser pada Baut Pencekam

A = Keliling lingkaran \times Panjang

$$A = \pi \cdot D \times L$$

$$A = (3,14 \times 22 \text{ mm}) \times 15 \text{ mm}$$

$$A = 1.036,2 \text{ mm}^2$$

$$\frac{P}{A} \leq \frac{\tau}{N} \quad \dots[1]$$

$$\frac{95,633}{1.036,2} \leq \frac{257,5}{2}$$

$$0,0922 \leq 128,75 \text{ N/mm}^2$$

Dari perhitungan manual yang telah dilakukan diatas terlihat bahwa tegangan geser yang bekerja pada baut pencekam lebih kecil dari tegangan geser yang diizinkan, maka dapat dipastikan bahwa baut dapat mencekam benda kerja pada posisinya dengan stabil dan aman.

Keterangan:

P = gaya reaksi pada baut pencekam benda kerja

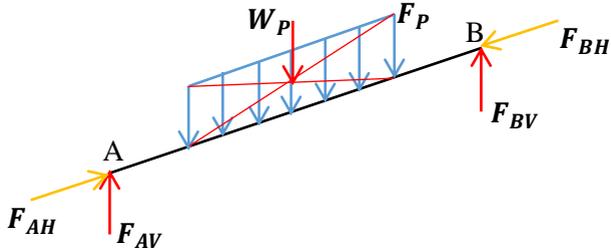
A = luas penampang bidang geser

N = angka keamanan/ *safety factor*

τ = tegangan geser yang diizinkan

4.2.2 Analisa Gaya Internal

Berikut merupakan gambar *free body diagram* pada gaya internal berdasarkan reaksi tumpuan yang bekerja pada poros *trunion fixture*:



Gambar 4.31 gaya internal yang bekerja pada *trunion fixture*
Diketahui:

1. Beban terpusat/ *cover plate indexing, cover plate moving cone, contour locator, dan contour locator.*

$$W_P = (m_{coverplate1} + m_{coverplate2} + m_{contourlocator} + m_{headstock}) \cdot g$$

$$W_P = (2,264 + 2,263 + 0,703 + 5,851) \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W_P = 108,704 \text{ N}$$

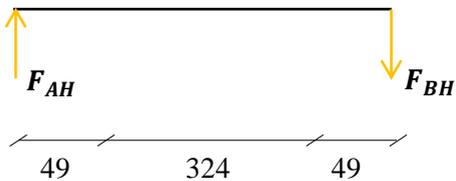
2. Beban merata pada beban yang terjadi:

$$F_P = \frac{W_P}{0,324 \text{ m}} = \frac{108,704 \text{ N}}{0,324 \text{ m}} = 335,506 \text{ N/m}$$

3. Gaya pencekaman

$$P = F_{AH} = F_{BH} = 71,747 \text{ N}$$

4. *Free body diagram* pada bidang horizontal:

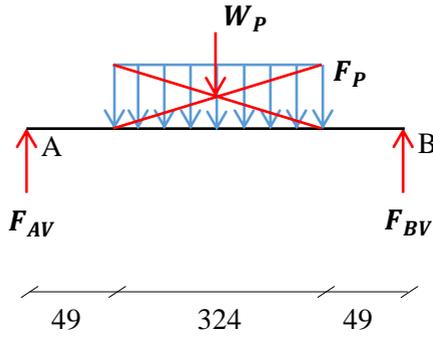


Gambar 4.32 Reaksi tumpuan bidang horizontal

Dimana gaya pada bidang horizontal tersebut diketahui dari hasil perhitungan gaya pencekaman yang terjadi pada *trunion fixture*.

$$F_{AH} = F_{BH} = 71,747 \text{ N (halaman 71)}$$

5. *Free body diagram* pada bidang vertikal:



Gambar 4.33 Reaksi tumpuan bidang vertikal

$$\uparrow + \sum F_y = 0$$

$$F_{Av} + F_{Bv} - W = 0$$

$$F_{Av} + F_{Bv} = W$$

$$F_{Av} = W - F_{Bv} \dots\dots\dots (1)$$

$$\curvearrow + \sum M_A = 0$$

$$F_{Av} \cdot 0 + \frac{1}{2} \cdot S_{Bv} \cdot W_p - F_{Bv} \cdot S_{Bv} = 0$$

$$0 + 0,211 \text{ m} \cdot 108,704 \text{ N} - F_{Bv} \cdot 0,422 \text{ m} = 0$$

$$0 - 22,936 \text{ N} \cdot \text{m} - F_{Bv} \cdot 0,4215 = 0$$

$$F_{Bv} \cdot 0,422 \text{ m} = 22,936 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$F_{Bv} = \frac{22,936 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,422 \text{ m}}$$

$$F_{Bv} = 54,352 \text{ N}$$

Masuk ke persamaan (1)

$$F_{Av} = W_P - F_{Bv}$$

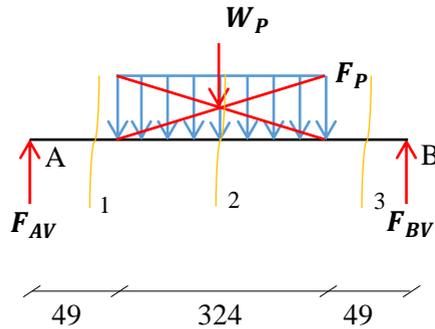
$$F_{Av} = 108,704 \text{ N} - 54,352 \text{ N}$$

$$F_{Av} = 54,352 \text{ N}$$

Dari hasil perhitungan dengan *free body diagram* diatas dapat diketahui bahwa $F_{Av} = 54,352 \text{ N}$ dan $F_{Bv} = 54,352 \text{ N}$.

6. Shear moment digram

Berikut merupakan gambar potongan *free body diagram shear moment* yang bekerja pada *trunion fixture*:



Gambar 4.34 potongan diagram momen

• Potongan 1-1

$$\uparrow + \sum F_y = 0$$

$$F_{Av} - V_1 = 0$$

$$F_{Av} = V_1$$

$$V_1 = 54,352 \text{ N}$$

$$\curvearrow + \sum M_1 = 0$$

$$F_{Av} \cdot x_1 - M_1 = 0$$

$$M_1 = F_{Av} \cdot x_1$$

$$M_1 = (54,352 \cdot x_1) \text{ N.m}$$

Dimana x_1 berada dalam $0 \leq x_1 \leq 0,049 \text{ m}$

$$x_1 = 0 \text{ m}, M_1 = 0 \text{ N.m};$$

$$x_1 = 0,0245 \text{ m}, M_1 = 1,331 \text{ N.m};$$

$$x_1 = 0,049 \text{ m}, M_1 = 2,663 \text{ N.m.}$$

• **Potongan 2-2**

$$\uparrow + \sum F_y = 0$$

$$F_{Av} - (F_P \cdot x_2) - V_2 = 0$$

$$V_2 = F_{Av} - (F_P \cdot x_2)$$

$$V_2 = 54,352 \text{ N} - (335,506 \cdot x_2) \text{ N.m}$$

Dimana x_2 berada dalam $0 \leq x_2 \leq 0,324 \text{ m}$

$$x_2 = 0 \text{ m}, V_2 = 54,352 \text{ N.m};$$

$$x_2 = 0,162 \text{ m}, V_2 = 0 \text{ N.m};$$

$$x_2 = 0,324 \text{ m}, V_2 = -54,352 \text{ N.m.}$$

$$\curvearrowright + \sum M_2 = 0$$

$$F_{Av}(0,049 + x_2) - ((F_P \cdot x_2) \cdot \frac{x_2}{2}) - M_2 = 0$$

$$M_2 = F_{Av}(0,049 + x_2) - ((F_P \cdot x_2) \cdot \frac{x_2}{2})$$

$$M_2 = 54,352 \text{ N}(0,049 + x_2) - (335,506 \cdot x_2 \cdot \frac{x_2}{2}) \text{ N}$$

$$M_2 = -167,753 \cdot x_2^2 + 54,352 \cdot x_2 + 2,663$$

Dimana x_2 berada dalam $0 \leq x_2 \leq 0,324 \text{ m}$

$$x_2 = 0 \text{ m}, M_2 = 2,663 \text{ N.m};$$

$$x_2 = 0,162 \text{ m}, M_2 = 7,066 \text{ N.m};$$

$$x_2 = 0,324 \text{ m}, M_2 = 2,663 \text{ N.m.}$$

• **Potongan 3-3**

$$\uparrow + \sum F_y = 0$$

$$F_{Av} - W_P - V_3 = 0$$

$$V_3 = F_{Av} - W_P$$

$$V_3 = 54,352 \text{ N} - 108,704 \text{ N}$$

$$V_3 = -54,352 \text{ N}$$

$$\curvearrowright + \sum M_3 = 0$$

$$F_{Av} \cdot (0,373 + x_3) - W_p \cdot (0,162 + x_3) - M_3 = 0$$

$$M_3 = 54,352 \cdot (0,373 + x_3) - 108,704 \text{ N} \cdot (0,162 + x_3)$$

$$M_3 = (20,273 + 54,352 \cdot x_3) - (17,610 + 108,704 x_3)$$

$$M_3 = 2,662 - (54,352 \cdot x_3) \text{ N.m}$$

Dimana x_3 berada dalam $0 \leq x_3 \leq 0,049 \text{ m}$

$$x_3 = 0 \text{ m}, M_3 = 2,662 \text{ N.m};$$

$$x_3 = 0,0245 \text{ m}, M_3 = 1,330 \text{ N.m};$$

$$x_3 = 0,049 \text{ m}, M_3 = 0 \text{ N.m}.$$

7. Hasil tegangan geser dan momen bending

Pada hasil perhitungan diatas, maka untuk nilai tegangan geser dan momen bending didapatkan nilai tertinggi yaitu pada tegangan geser adalah sebesar $54,352 \text{ N}$ sedangkan untuk nilai tertinggi dari momen bending adalah $7,066 \text{ N.m}$.

8. *Maksimum Normal Stress Theory* (MNST)

Berikut adalah nilai maksimum tegangan normal yang terdapat pada *trunion fixture* yang dihitung menggunakan *maksimum normal stress theory* (MNST):

$$\sigma_m = \frac{|M|}{I}$$

Dimana $I = 1/6bh^2$ (untuk bentuk persegi)

$$I = \frac{1}{6} \cdot 0,1 \cdot 0,15^2 \text{ m}^3$$

$$I = 3,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\sigma_m = \frac{S_{yp}}{N} \text{ (dari material),}$$

$$N = 2,5 \text{ (deutchman hal 489)}$$

Maka,

$$\sigma_m = \frac{7,066 \text{ N.m}}{3,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3} \leq \frac{S_{yp}}{2,5}$$

$$S_{yp} \geq 47.106,666 \text{ Pa} \geq 0,0471 \text{ MPa}$$

9. *Maksimum Shear Stress Theory* (MSST)

Berikut adalah nilai maksimum tegangan geser yang terdapat pada *trunion fixture* yang dihitung menggunakan persamaan *maksimum shear stress theory* (MSST).

$$\tau_{max} = \sqrt{(\sigma_b)^2 + (\tau_s)^2}$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{6 \cdot M_b}{b \cdot h^2}\right)^2 + \left(\frac{F}{b \cdot h}\right)^2}$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(18.842,666 \frac{N}{m^2}\right)^2 + \left(\frac{54,352 \text{ N.m}}{2,25 \cdot 10^{-3} m^3}\right)^2}$$

$$\tau_{max} = 30.636,251 \text{ Pa} = 0,030636 \text{ MPa}$$

Berdasarkan hasil yang didapat berdasarkan nilai MSST (*maksimum shear stress*) maka diperoleh nilai S_{yp} sebagai berikut:

$$\frac{S_{yp}}{2N} \geq \tau_{max}$$

$$S_{yp} \geq 0,122 \text{ MPa}$$

10. Kesimpulan hasil

Sehingga dapat disimpulkan jenis material yang akan dipakai untuk pembuatan *coverplate* dan poros pada *trunion fixture* adalah JIS S45C standard yang memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Kekuatan Tarik (Tensile Strength): 345 MPa
2. Yield Strenght : 207 MPa
3. Kekerasan : 174 BHN

Dalam pemilihan material tersebut mengacu pada hasil analisa yang diperoleh yaitu poros samping merupakan bagian terkena beban paling besar, sehingga pemilihan material untuk *cover plate* harus diperhatikan dengan baik. Untuk bahan komponen-komponen penyusun lainnya diasumsikan sama.

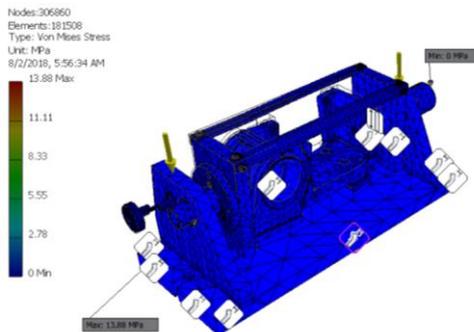
4.2.3 Analisa Menggunakan *Software Autodesk Inventor*

Setelah melakukan pemodelan 3D, selanjutnya proses yang dilakukan adalah menganalisa *trunion fixture* yang telah dibuat tersebut. Dengan melakukan analisa terhadap model tersebut maka dapat diketahui reaksi sistem terhadap gaya, dimana gaya yang diberikan adalah sesuai dengan keadaan yang ada dilapangan. Setelah analisa tersebut selesai maka akan didapatkan hasil dari analisa tersebut dengan membaca hasil yang telah dikeluarkan. Setelah melakukan

analisa tersebut maka akan diketahui nilai tegangan maksimum dan minimum yang bekerja pada *trunion fixture*. Berikut merupakan hasil dari analisa menggunakan software tersebut.

a. Von Misses Stress Analysis

Berikut analisa *trunion fixture headstock* menggunakan bantuan *software autodesk inventor*. Dari hasil analisa tersebut didapatkan hasil komputasi analisa *von misses stress* dari pemberian gaya pada bagian *trunion fixture* yaitu:

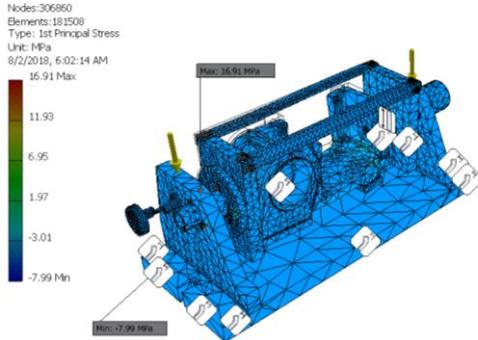


Gambar 4.35 Hasil *von misses stress analysis*

Dengan memberikan gaya pada kedua *pillar* sebesar 54,352 N dan beban sebesar 108,704 N pada *trunion fixture* tersebut maka didapatkan tegangan maksimum 13,88 MPa yang terletak pada bagian bearing yang terdapat pada *pillar indexing* sebagai tumpuan dari bagian yang dikenai gaya, sedangkan tegangan minimum yang bekerja pada poros adalah sebesar 0 MPa yang terletak pada daerah yang tidak terkena efek dari gaya yang diberikan pada *trunion fixture*.

b. 1^{st} Principal Stress Analysis

Hasil kedua dari analisa *trunion fixture* dengan beban dan gaya yang sama, maka hasil komputasi 1^{st} *Principal Stress* yang terjadi pada bagian *trunion fixture* dengan menggunakan bantuan *software autodesk inventor* adalah sebagai berikut:

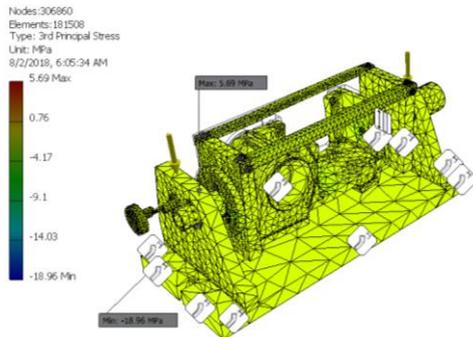


Gambar 4.36 Hasil 1^{st} *Principal Stress Analysis*

Dari gambar diatas dapat diketahui tegangan Tarik maksimum yang terjadi pada material, maka didapatkan tegangan maksimum yang berkerja pada *trunion fixture* tersebut sebesar 16,91 MPa yang terletak pada bearing yang terdapat pada *pillar indexing* sebagai tumpuan dari bagian yang dikenai gaya. Sedangkan teggangan minimum sebesar -7,99 MPa yang terletak pada bagian benda yang tidak terpengaruh oleh beban yang diberikan pada *trunion fixture*.

c. 3^{rd} Principal Stress Analysis

Hasil ketiga dari analisa pemodelan dengan pemberian beban dan gaya yang sama, maka didapatkan hasil komputasi 3^{rd} *Principal Stress* yang terjadi pada *trunion fixture* dengan bantuan dari *software autodesk inventor* adalah sebagai berikut:

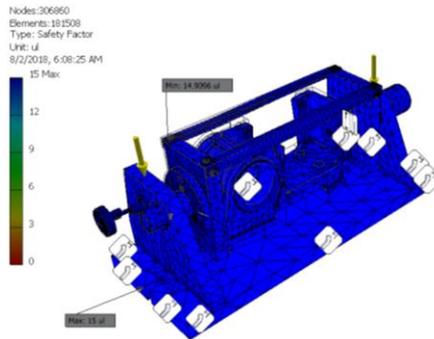


Gambar 4.37 Hasil 3rd Principal Stress Analysis

Dari hasil perhitungan secara komputasi maka didapatkan nilai dari 3st Principal Stress yang bekerja pada bagian *trunion fixture* tersebut dengan tegangan maksimum sebesar 5,69 MPa yang terletak pada bagian bearing yang terhubung dengan poros *indexing* yang diberi beban gaya sedangkan tegangan minimum yang bekerja sebesar -18,96 MPa yang terletak pada bagian bawah dari dudukan bearing poros *indexing* pada *trunion fixture*.

d. Safety Factor Pada Trunion Fixture

Hasil keempat dari analisa pemodelan dengan pemberian beban dan gaya yang sama, maka didapatkan hasil komputasi *safety factor* yang terjadi pada *trunion fixture* dengan bantuan dari *software autodesk inventor* adalah sebagai berikut:



Gambar 4.38 Hasil analisa *safety factor*

Dari hasil perhitungan secara komputasi maka didapatkan nilai dari *safety factor* yang terjadi pada bagian *trunion fixture* tersebut sebesar 15 ul yang terletak pada bagian *base plate*, sedangkan hasil *safety factor* terkecil sebesar 14,9096 ul yang terletak pada bagian bearing poros *indexing*, hal tersebut dikarenakan bagian tersebut menerima tegangan yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lain. Secara keseluruhan *trunion fixture* ini memiliki kekuatan yang cukup memadai dan aman untuk dibuat. Dari hasil penelitian ini juga dapat dilihat bahwa besarnya tegangan maksimum yang terjadi pada bidang *trunion fixture* relatif kecil yang disebabkan oleh konstruksi alat yang keseluruhannya dibuat secara *solid*. *Trunion fixture* yang dibuat keseluruhannya secara *solid* memiliki daya tahan yang baik akan tetapi umumnya memiliki beban yang relatif lebih berat.

4.3 Pembahasan

Dari hasil analisa 12 derajat kebebasan yang termatikan adalah kenapa penggunaan locator pada *trunion fixture* ini tidak menggunakan sistem 3-2-1 atau 4-2-1. Tidak dikarenakan sistem tersebut hanya mematikan 9 derajat kebebasan saja, tapi penerapan sistem 3-2-1 tidak dapat digunakan untuk *part headstock* yang memiliki bidang tidak rata. Hal ini disebabkan

karena benda kerja tersebut merupakan hasil dari pengecoran besi kelabu (*gray cast iron*), yang mana pada hasil proses pengecoran memiliki kontur dengan kekasaran permukaan yang besar atau tidak rata. Oleh karena itu, diterapkan *contour locator* yang dapat mengikuti garis kontur pada permukaan rongga dari benda kerja *headstock* tersebut.

Dengan penggunaan *contour locator* ini kesebelas derajat kebebasan mampu termatikan pada benda kerja *headstock* tersebut. Agar kedua belas derajat kebebasan termatikan dan pada sisi berlawanan pada *part headstock* terdapat rongga lubang yang digunakan untuk akses kabel motor (proses *assembly*), maka digunakan *cone locator* pada sisi yang berlawanan. Penggunaan *cone locator* ini bertujuan sebagai *centralizer* dan juga mencekam pada rongga lubang, dimana bagian ujung *locator* tersebut berbentuk tirus yang diameternya disesuaikan dengan rongga lubang pada *part headstock*. Sehingga dengan penerapan konsep *centralizer* pada *cone locator* tersebut benda kerja tetap berada pada titik tengah sumbu x. Dan supaya *trunion fixture* ini bersifat *adjustable* mengikuti dimensi benda kerja hasil pengecoran yang relatif berbeda-beda maka diterapkan sistem ulir pengunci pada bagian pencekam *cone locator*nya, sehingga disebut sebagai *moving cone locator*[7].

Pada umumnya sistem *trunion* digunakan untuk *jig and fixture* pada proses pengelasan. Akan tetapi dengan hasil analisa desain *trunion fixture headstock* pada bab sebelumnya, sistem tersebut juga mampu diterapkan untuk *jig and fixture part headstock* yang memiliki massa 5,8 kg. Penerapan tersebut juga disupport dengan sistem pencekam seperti *moving cone locator* yang dapat menyesuaikan dimensi *part headstock (adjustable)*. Dengan penggunaan *contour locator* dan pencekam *moving cone locator* tersebut, maka kedua belas derajat kebebasan pada benda kerja *headstock* mampu termatikan. Dan dari syarat utama *jig and fixture* dimana gaya pemotongan yang terjadi tidak boleh lebih besar dari gaya pencekaman telah terpenuhi dengan hasil analisa manual di bab sebelumnya yaitu $13,206 N < 95,633 N$.

Sedangkan untuk analisa perhitungan gaya pencekam maksimum diketahui $95,633 \text{ N/mm}^2$ dan kekuatan ulir pencekam pada gaya geser diketahui $0,0922 \leq 128,75 \text{ N/mm}^2$ sedangkan gaya normal baut pencekam $0,251 \leq 257,5 \text{ N/mm}^2$. Untuk analisa menggunakan software autodesk inventor hasil simulasi *von mises stress analysis* diketahui tegangan maksimum terjadi dibagian bearing pada *pillar indexing* sebesar 13,88 MPa.

Untuk perakitan alat *trunion fixture headstock* sendiri dapat melalui proses penyambungan dengan las, baut/ sekrup, ataupun pengecoran. Dengan adanya *trunion fixture* ini diharapkan kejadian pada saat proses *assembly headstock* dengan bearing dan *spindle shaft* tidak center lagi terulang. Hal tersebut dikarenakan proses pencekaman yang digunakan hanya menggunakan ragum. Selain itu topik tugas akhir perencanaan *trunion fixture* ini dapat di kembangkan dalam hal penambahan kendali seperti *motor stepper* atau *servo* untuk mempermudah operator dalam penggunaannya.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan evaluasi baik secara perhitungan manual maupun dengan bantuan *software Autodesk inventor* adalah sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan *contour locator* pada *trunion fixture* tersebut mampu mematikan 11 derajat kebebasan pada bidang kerja dan ditambahkan dengan pencekaman dari *moving cone locator* yang mampu mematikan ke 12 derajat kebebasan, sehingga sistem penempat dan pencekam dari *trunion fixture* secara keseluruhan mampu seluruh derajat kebebasan.
2. Diketahui hasil dari gaya pencekaman *trunion fixture* dengan benda kerja berdimensi *square* dan silindris yaitu 71, 747 N dan 95,633 N. Sehingga dari hasil tersebut dapat mencari gaya kritis yang terjadi pada *trunion fixture*, seperti gaya dari ulir pencekam. Sistem ulir pencekam pada *trunion fixture* mampu mengunci gerakan dan mengurangi kerja pada *latch pin indexing*. Pada sistem ulir pencekam ini diketahui hasil dari tegangan normal yaitu $0,251 \leq 257,5 \text{ N/m}^2$ dan tegangan geser yaitu $0,0922 \leq 128,75 \text{ N/mm}^2$. Bagian yang mendapatkan beban yang paling besar adalah bagian bearing yang langsung terhubung dengan poros *indexing* dan dinding dari *contour locator*, hal ini dikarenakan bearing menahan seluruh beban dari poros *indexing* yang menyangga benda kerja *headstock* dengan *contour locator*. Pada perhitungan manual terhadap *maksimum shear stress theory* (MSST) diperoleh nilai $S_{yp} \geq 2,62 \text{ MPa}$. Dan

dari analisa menggunakan *software Autodesk Inventor* diperoleh nilai *Von Misses stress trunion fixture* dengan bantuan *software Autodesk inventor* perhitungan dengan beban didapatkan hasil untuk nilai *Von Misses stress* yaitu sebesar 13,88 MPa, *1st Principal Stress* sebesar 16,91 MPa dan *3rd principal stress* sebesar 5,69 MPa. Dari hasil analisa manual dan analisa *software* tersebut nilai tegangan normal maksimum tidak melebihi nilai dari tegangan material yang diizinkan, sehingga *trunion fixture* aman dan mampu menahan beban permesinan.

5.2. Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan setelah melakukan analisa konstruksi perencanaan *trunion fixture* adalah sebagai berikut:

1. Agar hasil perencanaan desain ini lebih riil seharusnya dalam pengerjaan tugas akhir ini dibagi dalam beberapa topik dalam hal proses pemesinan, pengujian, manajemen produksi, bahkan *redesign* dengan penggunaan stepper atau servo motor. Sehingga dengan pembagian topik tersebut, tugas akhir *trunion fixture* ini dapat terealisasi.
2. Dalam pengujian dengan menggunakan *software Autodesk Inventor* sebaiknya dibuat posisi sudut *trunion fixture* lebih bervariasi, agar hasil yang didapat lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Deutchment, Aaron. 1985. *Machine Design Theory*. London : *Collier Macmillan International Edition*.
- [2] Mario, A., 2004, “Perancangan *Fixture* untuk benda kerja round dan square pada mesin EDM *wire cut*”, Tugas Akhir Teknik Mesin, ITS, Surabaya.
- [3] Khurmi, R.S., J.K. Gupta, 2005, *A Text Book of Machine Design*, Rasia Publishing House (PVT.) LTD, Ram Nagar New Delhi.
- [4] Indrayana, Ade., 2012, “Perencanaan dan Pembuatan *Flexible Fixture*”, Tugas Akhir Teknik Mesin, ITS, Surabaya.
- [5] Kalpakjian, Serope. R, Schmid, Steven., 1989, *Manufacturing Engineering and Technology, Sixth edition in SI units, Pearson*.
- [6] Rochim, Taufiq., Mei 1993, “Teori & Teknologi Proses Pemesinan,” Jakarta, *Higher Education Development Support Project*.
- [7] Henriksen, Erik K., 1902, “*Jig and Fixture Design Manual*,” New York, *Industrial press*.
- [8] Alamsyah, Deny, 2004, “*Simulation Design of CNC MillingMachining Process for Emco VMC 200 Machine*,” Surabaya, *Institute Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.
- [9] <https://us.misumi-ec.com/vona2/detail/110302659240/>
- [10] Gumilang, Rismu Landung, 2017, “Perancangan Flexible Fixture Dengan Bantuan Software Autodesk Inventor,” Surabaya, *Institute Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.

- [11] P.H Joshi, 2003, "*Jigs and Fixture Design Manual*," United States of America, McGraw-Hill Companies, Inc.
- [12] J. J. Uicker, G. R. Pennock, and J. E. Shigley, 2003, "*Theory of Machines and Mechanisms*" , New York, Oxford University Press.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Pamekasan, 20 Februari 1997, merupakan anak kedua dari pasangan suami istri Sjahrul dan Andriani. Penulis telah menempuh pendidikan formal pada tahun 2002-2003 di RA-TK Nurul Hikmah Pamekasan, tahun 2003-2009 di SDN Barurambat Kota 1, tahun 2009-2012 di SMPN 2 Pamekasan dan tahun 2012-2015 di SMAN 1 Pamekasan. Pada tahun 2015 penulis melanjutkan pendidikannya di Perguruan Tinggi Negeri di Surabaya dengan mengambil program studi D3 Teknik Mesin Industri FTI-ITS.

Selama dibangku kuliah, penulis juga mengikuti organisasi diantaranya sebagai KABIRO Penelitian dan Pengembangan Departemen RISTEK HMDM kepengurusan 2016/2017 dan beberapa pelatihan diantaranya PKTI 2015, LKMM Pra-TD FTI-ITS 2015, PJTD 2015, dan LKMM TD IX HMDM 2016 serta melakukan kerja praktek di PT. CNC Controller Indonesia.

Pada akhir semester, penulis menyelesaikan Tugas Akhir yang berhubungan dengan bidang studi manufaktur. Untuk informasi mengenai tugas akhir ini pembaca dapat menghubungi penulis via email diasajipramudya@gmail.com

LAMPIRAN 1 (SOP *Re-machining Part Headstock*)

LAPORAN KEGIATAN KERJA PRAKTEK

Kelompok : _
Waktu : 31 Juli – 4 Agustus 2017 (Minggu 5)
Tempat : PT. CNC Controller Indonesia
Raya Narogong KM 7 Jalan Cipendawa Lama No 8
Bekasi, Jawa Barat, Indonesia

Kegiatan:

Proses machining part Headstock

Dasar Teori:

Dalam membuat benda kerja dibutuhkan banyak proses seperti halnya

1. Milling : Proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar
2. Pre drilling and drilling : Proses permesinan untuk membuat tanda atau lubang pada benda kerja dengan menggunakan tools (yang sesuai) yang berputar
3. Menentukan titik tengah : Proses untuk mengetahui pusat tengah pada benda kerja
4. Facing : Proses penyayatan di mana gerakan pahat bubut tegak lurus. Metode facing ini digunakan untuk menyayat permukaan ujung benda kerja serta mengurangi panjang benda kerja yang hasilnya dapat menghaluskan dan meratakan benda kerja
5. Champering : Proses untuk membentuk sudut benda kerja yang fungsinya sebagai pemanis
6. Deburring : Proses untuk menghilangkan sisa logam yang berada pada benda kerja setelah melalui semua proses machining dan juga menghaluskan permukaan pada benda kerja.

LAMPIRAN 2 (lanjutan)

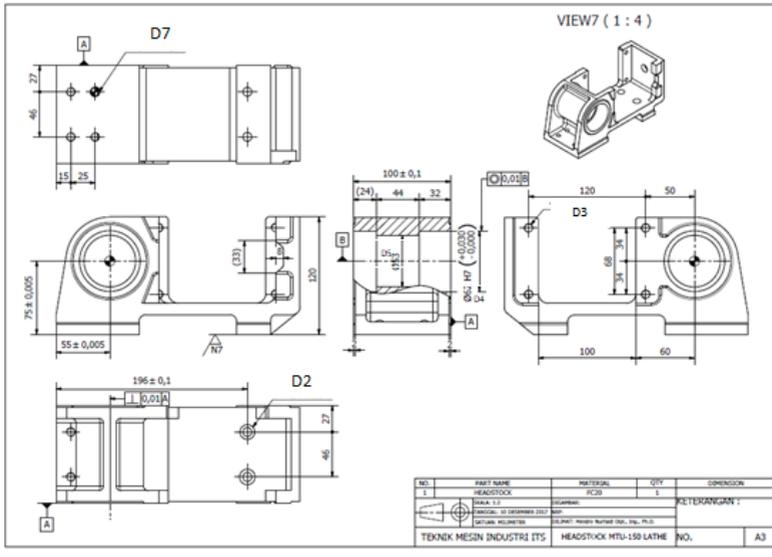
Working Instruction				
Title : Lathe Spindle Shaft			Date : 4 Agustus 2017	
Project : Lathe Machine			Made by :	
Raw Material : FC20			Quantity : 1	
Essential Note :			Illustration Part :	
No.	Machining Process Sequence	Tools	Measuring	Time
1	Cekam benda kerja menggunakan ragum dengan posisi bagian bawah benda kerja berada diatas	Ragum		5 m
2	Facing benda kerja bagian bawah hingga permukaan rata	Face end mill		10 m
3	Pre drilling D=4 mm pada D7 dengan kedalaman 1 mm	Center Drill		3 m
4	Drilling D=5 mm masuk ukuran THRU ALL	Bor Drill	Digital Cal. 150	10 m
5	Drilling D=6.8 mm masuk ukuran THRU ALL	Bor Drill	Digital Cal. 150	10 m
6	Pre drilling D=4 mm pada D2 dengan kedalaman 1 mm	Bor Drill	Digital Cal. 150	5 m
7	Drilling D= 6.5mm masuk ukuran THRU ALL	Bor Drill	Digital Cal. 150	5 m
8	Drilling D= 8mm masuk ukuran THRU ALL	Bor Drill		5 m
9	Drilling D=9 mm masuk ukuran THRU ALL	Bor Drill	Digital Cal. 150	5 m
10	Ganti posisi Benda kerja dengan rotasi 180° terhadap sumbu x dari posisi awal	Ragum		5 m
11	Facing benda kerja bagian atas hingga permukaan rata	Faced end mill		10 m
12	Pre drilling D=12 mm pada D2 dengan kedalaman 1.5 mm	Center Drill		5 m
13	Drilling D=15 mm dengan kedalaman 14 mm	Bor Drill	Digital Cal. 150	5 m
14	Ganti posisi benda kerja dengan rotasi 90° terhadap sumbu x dari posisi ke dua	Ragum		5 m
15	Pocket drill benda kerja dengan D= 53 mm pada D5 dengan kedalaman THRU ALL		Dial Bore Gauge	15 m
16	Pocket drill benda kerja dengan D= 62 mm pada D4 dengan kedalaman 32 mm		Dial Bore Gauge	12 m
17	Facing benda kerja bagian samping hingga permukaan rata	Faced End Mill		7 m
18	Ganti posisi benda kerja dengan rotasi 180° terhadap sumbu x dari posisi ke tiga	Ragum		5 m
19	Pocket drill benda kerja dengan D= 62 mm pada D4 dengan kedalaman 24 mm		Dial Bore Gauge	10 m
20	Drilling D= 12mm pada D3 dengan kedalaman THRU ALL	Bor Drill		5 m
21	Grinding untuk semua sisi	-	-	-

LAMPIRAN 3 (lanjutan)

Inspection Report

Title : Headstock	Date : 4 Agustus 2017
Project : Mini CNC Lathe	Made by :
Raw Material : FC20	Part No. :

Sketch



LAMPIRAN 4 (Hasil Analisa Software Autodesk Inventor 2017)

Trunion Fixture Stress Analysis Report



Analyzed File:	trunion fixture headstock.iam
Autodesk Inventor Version:	2017 (Build 210142000, 142)
Creation Date:	8/6/2018, 5:46 AM
Study Author:	ASUS
Summary:	

Project Info (iProperties)

Summary

Author ASUS

Project

Part Number	yak finish nuril
Designer	ASUS
Cost	\$0.00
Date Created	7/5/2018

Status

Design Status WorkInProgress

Physical

Mass	38.816 kg
Area	768060 mm ²
Volume	5019040 mm ³
Center of Gravity	x=-50.0691 mm y=-1.69997 mm z=-62.3984 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

Static Analysis:2

General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	8/2/2018, 5:41 AM
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No
Separate Stresses Across Contact Surfaces	No
Motion Loads Analysis	No

Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0.1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0.2
Grading Factor	1.5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

LAMPIRAN 5 (Lanjutan)

Material(s)

Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7.85 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	220 GPa
	Poisson's Ratio	0.275 ul
	Shear Modulus	86.2745 GPa
Part Name(s)	new baseplate.ipt pillar1.ipt SKF- Single row ball bearings SKF6006 shaft indexing.ipt clamp.ipt DIN 59370 - 15 x 3 - 323.5.ipt DIN 59370 - 15 x 3 - 323.5.ipt clamp removal cone.ipt shaft removal cone.ipt pillar2.ipt SKF- Single row ball bearings SKF6006 homing cone loc.ipt latch pin.ipt JIS B 1189 - Metric M4 x 8 JIS B 1189 - Metric M4 x 8 JIS B 1189 - Metric M4 x 6 JIS B 1189 - Metric M4 x 8 JIS B 1189 - Metric M4 x 8	
Name	Stainless Steel, 440C	
General	Mass Density	7.75 g/cm ³
	Yield Strength	689 MPa
	Ultimate Tensile Strength	861.25 MPa
Stress	Young's Modulus	206.7 GPa
	Poisson's Ratio	0.27 ul
	Shear Modulus	81.378 GPa
Part Name(s)	locator body.ipt ISO 4762 M4 x 25 ISO 4762 M4 x 25 ISO 4762 M6 x 12 ISO 4762 M6 x 12 SJPPhNA16-P20_00-L5-B20_0.ipt ISO 4762 M10 x 20 ISO 4762 M10 x 20 ISO 4762 M10 x 20 ISO 4762 M10 x 20	
Name	Steel, Alloy	
General	Mass Density	7.73 g/cm ³
	Yield Strength	250 MPa
	Ultimate Tensile Strength	400 MPa
Stress	Young's Modulus	205 GPa
	Poisson's Ratio	0.3 ul
	Shear Modulus	78.8462 GPa
Part Name(s)	latch pin retainer.ipt latch pin pull handle.ipt	
Name	Stainless Steel, Austenitic	
General	Mass Density	8 g/cm ³
	Yield Strength	228 MPa
	Ultimate Tensile Strength	540 MPa
Stress	Young's Modulus	190.3 GPa
	Poisson's Ratio	0.305 ul
	Shear Modulus	72.9119 GPa
Part Name(s)	spring.ipt	
Name	Iron, Cast	
General	Mass Density	7.15 g/cm ³
	Yield Strength	758 MPa
	Ultimate Tensile Strength	884 MPa
Stress	Young's Modulus	120.5 GPa
	Poisson's Ratio	0.3 ul
	Shear Modulus	46.3462 GPa
Part Name(s)	HEADSTOCK.ipt	

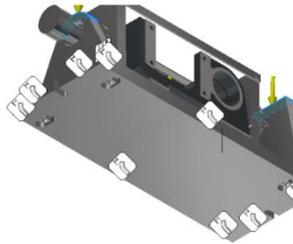
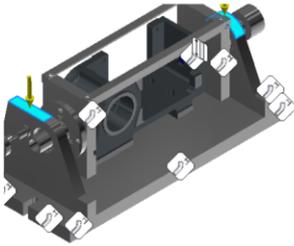
LAMPIRAN 6 (Lanjutan)

Operating conditions

Force:1

Load Type	Force
Magnitude	54.352 N
Vector X	-0.000 N
Vector Y	1.950 N
Vector Z	54.317 N

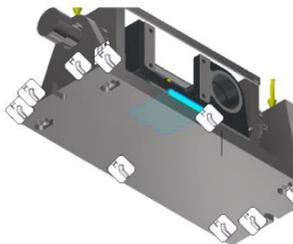
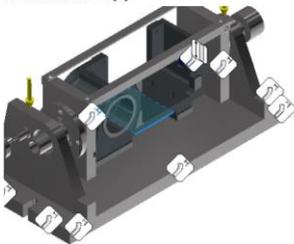
Selected Face(s)



Force:2

Load Type	Force
Magnitude	108.704 N
Vector X	-0.000 N
Vector Y	1.628 N
Vector Z	108.692 N

Selected Face(s)



LAMPIRAN 7 (Lanjutan)

▣ Results

▣ Reaction Force and Moment on Constraints

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	99.2237 N	4.13259 N	3.5152 N m	2.16615 N m
		7.56956 N		-0.191573 N m
		-98.8482 N		-2.76183 N m
Frictionless Constraint:1	77.2894 N	70.7329 N	0.331888 N m	0.281837 N m
		-6.77324 N		0.0881004 N m
		-30.408 N		0.151512 N m
Frictionless Constraint:2	82.2429 N	-74.8614 N	0.802808 N m	0.632756 N m
		-4.38646 N		0.475212 N m
		-33.7702 N		-0.135257 N m

▣ Result Summary

Name	Minimum	Maximum
Volume	5019040 mm ³	
Mass	38.8161 kg	
Von Mises Stress	0.000000356884 MPa	13.8837 MPa
1st Principal Stress	-7.99394 MPa	16.9106 MPa
3rd Principal Stress	-18.9644 MPa	5.68901 MPa
Displacement	0 mm	0.00322721 mm
Safety Factor	14.9096 ul	15 ul
Stress XX	-11.8465 MPa	11.1677 MPa
Stress XY	-3.96158 MPa	4.31698 MPa
Stress XZ	-4.20238 MPa	6.77772 MPa
Stress YY	-14.6671 MPa	11.4716 MPa
Stress YZ	-5.0624 MPa	3.91673 MPa
Stress ZZ	-16.3484 MPa	13.1379 MPa
X Displacement	-0.00162975 mm	0.00138522 mm
Y Displacement	-0.00062656 mm	0.000727198 mm
Z Displacement	-0.000369832 mm	0.00308693 mm
Equivalent Strain	0.0000000000185517 ul	0.0000603549 ul
1st Principal Strain	-0.00000136291 ul	0.0000617919 ul
3rd Principal Strain	-0.0000724111 ul	0.0000022306 ul
Strain XX	-0.0000332243 ul	0.0000452003 ul
Strain XY	-0.0000229592 ul	0.0000250189 ul
Strain XZ	-0.0000258201 ul	0.00003928 ul
Strain YY	-0.000038821 ul	0.0000355892 ul
Strain YZ	-0.0000293389 ul	0.0000226992 ul
Strain ZZ	-0.0000471506 ul	0.0000399274 ul
Contact Pressure	0 MPa	8.66186 MPa
Contact Pressure X	-8.579 MPa	5.71849 MPa
Contact Pressure Y	-3.71189 MPa	3.84741 MPa
Contact Pressure Z	-5.12516 MPa	8.13457 MPa