

**PERAGA ALAT BANTU PERAKITAN SUMBU X MESIN
PERKAKAS CNC ROUTER CEDU 3 AXIS**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Angga Donny Pratama

No. Mahasiswa : 17525114

NIRM 2017023649

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**


2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Bismillahirrahmanirrahim, dengan ini saya menyatakan bahwa karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang sudah saya jelaskan sumbernya. Jika kemudian hari ternyata saya terbukti melanggar aturan dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual, maka saya bersedia jika ijazah yang sudah saya terima ini dapat ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 18 Maret 2022




Angga Donny Pratama

17525114

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PERAGA ALAT BANTU PERAKITAN SUMBU X MESIN
PERKAKAS CNC ROUTER CEDU 3 AXIS**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Angga Donny Pratama

No. Mahasiswa : 17525114

NIRM 2017023649

Yogyakarta, 18 Maret 2022

Pembimbing


Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PERAGA ALAT BANTU PERAKITAN SUMBU X MESIN PERKAKAS CNC ROUTER CEDU 3 AXIS

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Angga Donny Pratama


No. Mahasiswa : 17525114

NIRM : 2017023649

Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

Ketua



Tanggal : 25 April 2022

Dr. Eng. Ir. Risdiyono, S.T., M.Eng., IPM

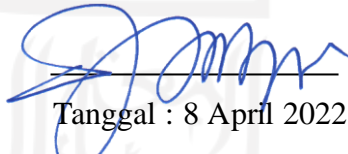
Anggota I



Tanggal : 27 April 2022

Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. IPP

Anggota II



Tanggal : 8 April 2022

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Dr. Eng. Ir. Risdiyono, S.T., M.Eng., IPM

HALAMAN PERSEMBAHAN

Laporan tugas akhir ini saya persembahkan kepada Mamak saya Sri Handayani dan Bapak Sugino. Atas dedikasinya mendidik dan merawat saya hingga saat ini, yang terus mendoakan anaknya untuk tetap terus berkembang menjadi seseorang yang berguna untuk sesama.

Untuk kedua adek saya terimakasih telah memberikan dukungannya, semoga kalian menjadi apa yang kalian impikan dan menjadi orang yang berguna dibidangnya masing-masing.

Untuk keluarga besar saya, terimakasih atas berbagai wejangan dan saran yang telah diberikan kepada saya selama ini.

Untuk Bapak Paryana Puspaputra selaku dosen pembimbing yang telah memberikan berbagai masukan selama menyelesaikan tugas akhir ini. Dan juga memberikan berbagai insight lainnya.

Untuk dosen – dosen Teknik Mesin UII, terimakasih telah memberikan ilmu dan berbagai nasehat untuk saya selama masa perkuliahan saya di UII.

HALAMAN MOTTO

Sugu Yaru (Segera Kerjakan), Kanarazu Yaru (Kerjakan dengan sungguh-sungguh), Dekiru Made Yaru (Pastikan kerjakan dengan benar)
(Shigenobu Nagamori)

Urip Iku Mung Sakmadyone
(Bapak)

Ilmu pengetahuan itu bukanlah yang dihafal, melainkan yang memberi manfaat.
(Imam Syafi'i)



KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum warahmatullahi wa barakatuh

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan anugerah-Nya lah penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **PERAGA ALAT BANTU PERAKITAN SUMBU X MESIN PERKAKAS CNC ROUTER CEDU 3 AXIS**. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah pada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi teladan bagi seluruh umat manusia, terutama bagi penulis sehingga terdorong untuk memberi manfaat kepada sesama melalui Penelitian Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini sekaligus disusun sebagai salah satu syarat kelulusan Strata I Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah berkenan membantu pada tahap perancangan hingga selesainya Laporan Tugas Akhir, khususnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Dr. Eng. Ir. Risdiyono, S.T., M.Eng., IPM selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
3. Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng. selaku Pembimbing yang telah memberi saran, bimbingan dan arahan proses dari awal perancangan hingga akhir penulisan laporan
4. Seluruh Dosen dan Staff Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah berbagi ilmu dan bantuannya selama proses perkuliahan
5. Laboran Teknik Mesin : Mas Rizky Wiryantara , Mas Syafii, Mas Adi Swandono dan Mas Faris selaku laboran Laboratorium yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Keluarga penulis: Bapak Sugino dan Mamak Sri Handayani yang telah berdedikasi penuh, telah memberikan yang terbaik terus mendukung dan

berdoa untuk kemajuan anaknya. Terimakasih juga untuk adek – adek saya, Aprilia Mutiara Sari dan Ferdy Sugiyantoro. Lancar – lancar sekolah nya.

7. Rekan – rekan kontrakan : Mas Wahyu, Mas Sulthon, Mas Fahmi, Mas Adit dan Mas Abiyu yang telah menemani dan membantu saya selama di Jogja. Untuk rekan – rekan sesama bimbingan : Mas Dyan, Mas Wahyu, dan Mas Sulthon. Rekan – rekan grub kontrakan squad dan seluruh rekan – rekan Mesin 17 Selamat berproses menjadi lebih baik dan menjadi orang – orang penebar kebaikan dilingkungan kalian semua.
8. Dan seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu dalam kontribusinya membantu rangkaian proses Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam Laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan yang murni didasari oleh keterbatasan sudut pandang penulis. Oleh sebab itu, penulis membutuhkan kritik dan saran dari segenap pembaca yang bersifat membangun untuk meningkatkan kualitas di kemudian hari ke alamat email berikut : donnyangga44@gmail.com. Harapan penulis semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat kepada semua pembaca, khususnya di bidang manufaktur mesin perkakas CNC.

Akhirulkalam,

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wa barakatuh.

Yogyakarta, 21 Maret 2022

Penulis,

Angga Donny Pratama

ABSTRAK

Proses perakitan yang tidak akurat merupakan salah satu sumber permasalahan geometrik pada mesin perkakas. Perlunya memperhatikan prosedur perakitan dalam membuat mesin perkakas oleh produsen, mulai dari urutan perakitan komponen, kemampuan operator perakitan dan faktor desain serta akurasi komponen mesin perkakas tersebut. Produsen mesin perkakas CNC khususnya daerah Jogja dan Solo memiliki prosedur perakitan masing-masing. Namun, dalam proses perakitannya kurang memperhatikan permasalahan geometrik yang terjadi pada saat proses perakitan. Misalnya, kesejajaran pada komponen *linier guideway* pada tiap sumbu mesin perkakas. Pentingnya memperhatikan prosedur perakitan untuk mengurangi permasalahan geometrik. Hal ini dikarenakan permasalahan geometrik dapat menjadi parameter kualitas dari mesin perkakas CNC. Oleh karena itu, proses perancangan ini bertujuan untuk merancang ulang alur perakitan mesin perkakas dengan bantuan alat bantu perakitan untuk mengetahui permasalahan geometrik yang terjadi. Hasil dari perancangan ini berupa dibuatnya alur perakitan mesin perkakas dengan bantuan alat bantu perakitan. Selain sebagai alat bantu perakitan, alat ini dijadikan sebagai peraga yang bisa memberikan informasi proses perakitan mesin perkakas CNC.

Kata kunci : mesin perkakas, kesalahan geometrik, *assembly fixture*

ABSTRACT

Inaccurate assembly process is one source of geometric problems in machine tools. It is necessary to pay attention to assembly procedures in making machine tools by manufacturers, starting from the assembly sequence of components, the ability of assembly operators and design factors and the accuracy of the machine tool components. Manufacturers of CNC machine tools, especially the Jogja and Solo areas, have their own assembly procedures. However, in the assembly process the lack of attention to geometric problems that occur during the assembly process. For example, the alignment of the linear guideway on each axis of the machine tool. The importance of paying attention to assembly procedures to reduce geometric problems. This is because geometric problems can be a quality parameter of CNC machine tools. Therefore, this design process aims to redesign the machine tool assembly flow with the help of assembly tools to find out the geometric problems that occur. The result of this design is the making of a machine tool assembly line with the help of assembly tools. Apart from being an assembly tool, this tool is used as a demonstration that can provide information on the assembly process for CNC machine tools.

Keywords : machine tools, errors geometric, assembly fixture

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji.....	iii
Halaman Persembahan.....	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vi
Abstrak.....	viii
<i>Abstract</i>	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	2
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Kajian Pustaka.....	4
2.1.1 Akurasi Mesin Perkakas	5
2.1.2 <i>Geometrical Dimensioning and Tolerancing (GD&T)</i>	7
2.1.3 Kesalahan Geometrik Perakitan Mesin Perkakas	11
2.1.4 Kesalahan Geometrik <i>Linier Guide (LG)</i>	12
2.1.5 <i>Jigs and Fixtures</i>	13
2.1.6 Pengancangan Baut Linier Guideway.....	14
Bab 3 Metode Penelitian	17
3.1 Alur Penelitian	17
3.2 Peralatan dan Bahan.....	19
3.3 Observasi Lapangan	19

3.3.1	Urutan Perakitan Komponen	19
3.3.2	Informasi Lainnya.....	23
3.4	Kesejajaran Mesin Perkakas CNC Sebelum Dirakit Ulang	23
3.5	Kriteria Desain Perancangan.....	24
Bab 4	Hasil dan Pembahasan.....	25
4.1	Hasil Perancangan Alur Perakitan Mesin Perkakas CNC.....	25
4.1.1	Proses Pre-Assembly	25
4.1.2	Proses Perakitan Sumbu X,Y dan Z	26
4.2	Analisis Permasalahan Geometrik pada Proses Perakitan	34
4.3	Hasil Perancangan Alat Bantu Perakitan	36
4.4	Konfigurasi Alat Bantu Pegang Perakitan	39
4.5	Hasil Produksi dan Kendala.....	39
4.5.1	Proses Pembuatan Rangka	40
4.5.2	Proses Pembuatan Pengatur Ketinggian	41
4.5.3	Proses Pembuatan Alas Meja.....	42
4.5.4	Proses Pembuatan Jig Sumbu X	43
4.6	Hasil Pengukuran Kesejajaran Sumbu X	43
4.7	Hasil Penilaian Peraga Alat Bantu.....	47
Bab 5	Penutup.....	48
5.1	Kesimpulan	48
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya	48
Daftar Pustaka.....		49
LAMPIRAN		51



DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Derajat Akurasi Produksi Berdasarkan Ukuran Mesin.....	6
Tabel 2-2 Parameter Kesalahan Pada Setiap Konstruksi.....	11
Tabel 2-3 Urutan Pengencangan Baut	15
Tabel 2-4 Pengencangan baut berdasarkan ISO 4762-12.9.....	16
Tabel 3-1 Peralatan dan Bahan	19
Tabel 3-2 Keterangan Alur Perakitan Hasil Observasi	22
Tabel 3-3 Pengukuran Kesejajaran Sebelum Dirakit Ulang	24
Tabel 4-1 Prosedur <i>Pre-Assembly</i>	26
Tabel 4-2 Keterangan Alur Perakitan Sumbu X.....	29
Tabel 4-3 Keterangan Alur Perakitan Gantry dan sumbu Z.....	31
Tabel 4-4 Keterangan Alur Perakitan Elektrikal dan <i>Ballscrew</i> Sumbu X	34
Tabel 4-5 Keterangan <i>Errors</i> Geometrik pada Mesin Perkakas	35
Tabel 4-6 Fungsi Komponen-Komponen Assembly Fixtures	38
Tabel 4-7 Hasil Pengukuran Kesejajaran (<i>sequence 1</i>)	44
Tabel 4-8 Hasil Pengukuran Kesejajaran (<i>sequence 2</i>)	45
Tabel 4-9 Hasil Pengukuran Kesejajaran (<i>sequence 3</i>)	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Grafik Peningkatan Akurasi Mesin Perkakas Tanuguchi	5
Gambar 2-2 Kesalahan Volumetrik Mesin Perkakas.....	7
Gambar 2-3 Kesejajaran (<i>Parallesim</i>).....	8
Gambar 2-4 Posisi (<i>position</i>).....	8
Gambar 2-5 Simbol Datum.....	9
Gambar 2-6 Kelurusan (<i>straightness</i>).....	9
Gambar 2-7 Ketegaklurusan (<i>perpendicular</i>)	10
Gambar 2-8 Indikasi Offset Ketegaklurusan	10
Gambar 2-9 Kesalahan Geometrik pada Mesin Perkakas.....	11
Gambar 2-10 Kesalahan Geometrik pada Meja Mesin Perkakas CNC Milling....	12
Gambar 2-11 Tiga Komponen Utama <i>System Fixture</i>	13
Gambar 2-12 Enam Derajat Kebebasan (DoF).....	14
Gambar 2-13 (A) 3D View <i>Linier Guide</i> (B) <i>Top View Linier Guide</i>	15
Gambar 2-14 Grafik Tingkat Deformasi pada <i>Linear Guideway</i> Variasi Urutan Pembautan.....	15
Gambar 3-1 Diagram Alir Penelitian	18
Gambar 3-2 Sumbu X, Y dan Z Mesin Perkakas CNC <i>Router</i>	20
Gambar 3-3 Alur Perakitan Sumbu Y dan Gantry.....	21
Gambar 3-4 Alur Perakitan Sumbu X dan Z	21
Gambar 4-1 <i>Layout</i> Tempat Perakitan	25
Gambar 4-2 2D <i>Drawing</i> Indikasi <i>Errors</i> Kesejajaran Antar Lubang Dudukan LG Sumbu X.....	27
Gambar 4-3 <i>Sub-Assembly</i> Sumbu X Hasil Observasi	27
Gambar 4-4 (A) Sebelum <i>Drilling dan Tapping</i> (B) Setelah <i>Drilling dan Tapping</i>	28
Gambar 4-5 Alur Perakitan Sumbu X	28
Gambar 4-6 Proses Perakitan Sumbu X	29
Gambar 4-7 Verifikasi Kelurusan LG Acuan menggunakan <i>straight edge</i>	30
Gambar 4-8 Pemasangan <i>HWIN Block Rails</i> pada LG.....	30
Gambar 4-9 Alur Perakitan Sumbu Z dan <i>Gantry</i>	31

Gambar 4-10 Alur Perakitan Sumbu Y	32
Gambar 4-11 Alur Perakitan Komponen Elektrikal dan <i>Ballscrew</i> Sumbu X	33
Gambar 4-12 Pemasangan Sumbu XZ ke Sumbu Y	33
Gambar 4-13 Permasalahan Geometrik pada Mesin Perkakas CNC <i>Router</i>	35
Gambar 4-14 (A) 3D <i>View</i> LG (B) 2D <i>Drawing</i> LG	36
Gambar 4-15 Desain Alat Bantu Perakitan	37
Gambar 4-16 <i>Jig</i> (Untuk Memposisikan) Sumbu X	37
Gambar 4-17 Konfigurasi Alat Bantu Perakitan	39
Gambar 4-18 Hasil Manufaktur	40
Gambar 4-19 Rangka Meja Perakitan	41
Gambar 4-20 Proses Mengatur Ketinggian Meja Perakitan	41
Gambar 4-21 Proses Bubut/ <i>Drilling</i> Pengatur Ketinggian	42
Gambar 4-22 Proses <i>Tapping</i> Manual	42
Gambar 4-23 (A) 3D <i>Printing Locator</i> (B) Perakitan <i>Jig</i> Sumbu X	43
Gambar 4-24 Pengukuran kesejajaran	44
Gambar 4-25 Hasil Pengukuran Kesejajaran Tiga Variasi Urutan Pengencangan Baut	46
Gambar 4-26 Tangkapan Layar Video Perakitan Ulang	47

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alat peraga pendidikan merupakan segala sesuatu yang dapat digunakan untuk dapat merangsang pikiran, perasaan, perhatian, keterampilan dan kemauan siswa. Dengan adanya hal ini dapat mendorong terjadinya proses belajar pada siswa. Melalui penggunaan alat peraga, hal-hal yang abstrak dapat disajikan dalam bentuk konkrit yang dapat dilihat, dipegang, dicoba sehingga dapat dengan mudah dipahami oleh siswa. (Handayani, 2015)

Kurang diperhatikannya alur perakitan presisi pada mesin perkakas CNC oleh produsen dapat mempengaruhi kualitas dari mesin tersebut. Berbagai faktor mulai dari prosedur urutan perakitan, kemampuan operator perakitan dan faktor kemudahan untuk dirakit dari desain mesin perkakas CNC. Efek yang ditimbulkan seperti umur komponen, tingkat presisi, dan terjadinya kemacetan pada saat mesin sedang beroperasi. (Syam, 2019)

Tingkat permasalahan geometrik dapat digunakan sebagai parameter untuk menilai kualitas dari mesin perkakas CNC. (Holub, 2019) Untuk menjelaskan berbagai permasalahan pada saat perakitan, khususnya permasalahan geometrik. Maka pada penelitian ini dibuatlah suatu alur perakitan mesin perkakas CNC. Selain itu juga perlunya alat bantu perakitan untuk memudahkan dalam proses perakitan mesin perkakas CNC.

Atas dasar permasalahan tersebut, maka dibuatlah suatu peraga yang digunakan untuk memberikan informasi proses perakitan mesin perkakas CNC. Hal ini dilakukan untuk menjelaskan cara proses perakitan mesin perkakas CNC dan memberikan informasi bahwa terjadinya permasalahan geometrik dalam proses perakitan mesin perkakas CNC. Dengan latar belakang tersebut maka dibuatlah suatu penelitian sebagai tugas akhir berjudul **“PERAGA ALAT BANTU PERAKITAN SUMBU X MESIN PERKAKAS CNC ROUTER CEDU 3 AXIS”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara mengetahui permasalahan geometrik yang terjadi pada saat perakitan mesin CNC?
2. Bagaimana cara membuat alat bantu perakitan mesin perkakas CNC sebagai peraga proses perakitan mesin perkakas CNC?

1.3 Batasan Masalah

Dalam merancang alat peraga proses perakitan ini, terdapat beberapa batasan masalah yaitu:

1. Alat yang digunakan sebagai objek penelitian *CNC Router vertikal Cedu 3 Axis* dengan luas area kerja 550 mm x 350 mm.
2. Peraga perakitan yang dirancang berupa *alat bantu perakitan*.
3. Material *alat bantu perakitan* berupa aluminium 5052 dan PLA
4. Penelitian mengidentifikasi permasalahan geometrik mesin perkakas CNC pada saat perakitan.
5. Desain perancangan menggunakan perangkat lunak *Solidworks 2017*.
6. Penelitian tidak membahas pemberian nilai toleransi geometrik pada saat perakitan.
7. Penelitian ini lebih berfokus pada upaya untuk memudahkan proses perakitan.
8. Permasalahan geometrik kesejajaran pada sumbu X mesin perkakas CNC.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

1. Mengetahui permasalahan geometrik yang terjadi pada proses perakitan mesin perkakas *CNC Router 3 Axis*.
2. Membuat alat bantu perakitan untuk memudahkan perakitan mesin perkakas *CNC Router 3 Axis*.

3. Membuat alur perakitan mesin perkakas CNC Router 3 Axis untuk memudahkan proses perakitan.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

1. Mampu membuat peraga alat bantu perakitan mesin perkakas CNC router 3 axis sebagai bahan ajar proses perakitan.
2. Mampu mengetahui tahapan alur perakitan pada mesin perkakas CNC router 3 Axis bahwa pada saat perakitan terdapat berbagai permasalahan geometrik yang terjadi.

1.6 Sistematika Penulisan

1. Bab pertama yaitu pendahuluan, dalam pendahuluan ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
2. Bab kedua berisi tentang gambaran umum tentang materi-materi yang digunakan.
3. Bab ketiga berkaitan dengan metodologi yang digunakan saat proses penelitian.
4. Bab keempat membahas tentang data dan hasil dari penelitian.
5. Dan yang terakhir adalah bab kelima yaitu penutup, dalam bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran yang relevan untuk penelitian.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan oleh (Prakosa et al., 2010) yang berjudul “**Pengujian ketelitian geometrik mesin perkakas CNC *milling* vertikal buatan dalam negeri**” terlihat bahwa ketidakteelitian terjadi selama proses perakitan, baik perakitan komponen, seperti *linear guideway*, maupun perakitan antar sumbu (kesalahan ketegaklurusan). Diantara berbagai kesalahan, maka kesalahan ketegaklurusan antar sumbu paling menonjol. Oleh karena itu proses perakitan perlu diperbaiki, misalkan penggunaan *overhead crane*, *jig and fixture*, serta perbaikan SOP perakitan.

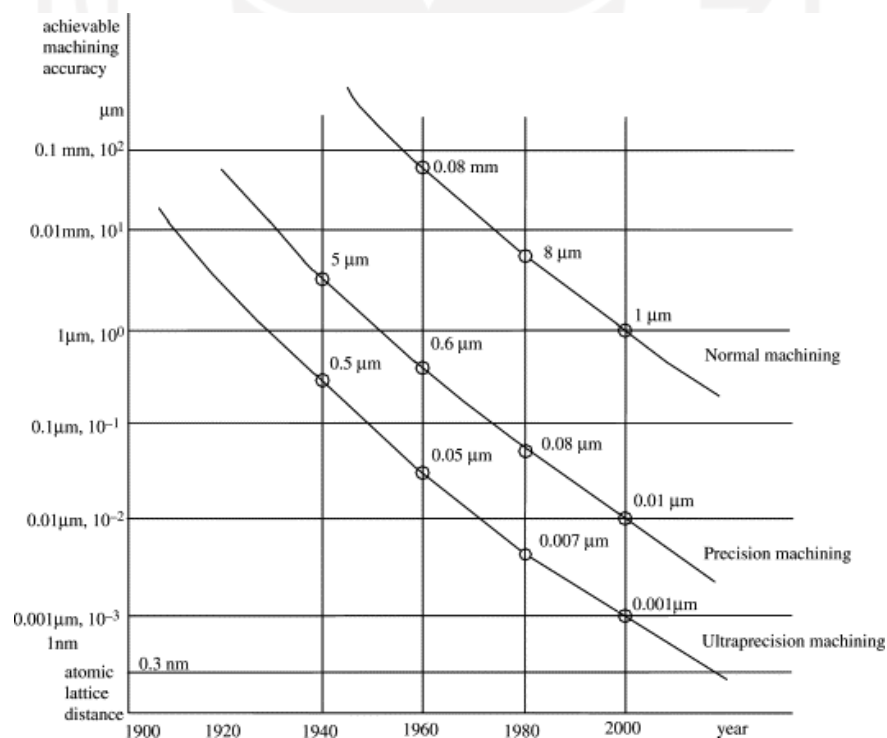
Lalu penelitian oleh (Kwintarini et al., 2016) yang berjudul “**Memperkirakan kesalahan geometrik *linear guideway* di mesin CNC *miling* vertikal tiga-sumbu**” Kesalahan geometrik pada lintasan lurus (*linear guideway*) akan mengakibatkan perubahan geometrik yang signifikan dan akan mempengaruhi ketelitian mesin CNC *milling* vertikal tiga-sumbu. Perpindahan dan gerak meja mesin perkakas pada lintasan lurus akan mengikuti bentuk lintasan lurus yang menyimpang dari bentuk lintasan ideal. Penyimpangan dan perpindahan gerak disebut dengan kesalahan kelurusan dan kesalahan posisi. Kesalahan kelurusan dan kesalahan posisi di lintasan lurus (*linear guideway*) dengan arah sumbu XYZ dapat sebagai penyebab kesalahan volumetrik di ruang kerja mesin perkakas.

Melalui penggunaan alat peraga, hal-hal yang abstrak dapat disajikan dalam bentuk konkrit yang dapat dilihat, dipegang, dicoba sehingga dapat dengan mudah dipahami oleh siswa. Dengan adanya alat peraga yang membuat siswa lebih tertarik dan aktif dalam belajar. Seperti contoh yang dilakukan oleh guru-guru SMP Kabupaten Kepahiang, Bengkulu membuat alat peraga untuk mengatasi masalah nilai pelajaran matematika siswa yang rendah. Setelah dibuatkan alat peraga siswa menjadi lebih tertarik dan aktif dalam belajar mata pelajaran tersebut sehingga mengakibatkan nilai siswa-siswi mereka meningkat (Handayani, 2015)

Atas dasar tersebut, penelitian ini membahas tentang permasalahan geometrik, namun mesin perkakas CNC yang diteliti berupa mesin perkakas CNC Router 3 axis. Kemudian penelitian kali ini lebih fokus pada upaya mengetahui permasalahan geometrik pada saat perakitan. Metode yang dilakukan berupa merancang alur proses perakitan mesin perkakas CNC dengan menggunakan alat bantu perakitan sebagai peraga.

2.1.1 Akurasi Mesin Perkakas

Mesin perkakas adalah mesin yang digunakan untuk melakukan proses pemesinan suatu bahan dasar menjadi produk yang diinginkan. Untuk menghasilkan produk dengan ketelitian tinggi tentu saja memerlukan mesin perkakas (*machine tools*) dengan ketelitian yang tinggi pula. Pada tahun 2000, proses manufaktur dikategorikan sebagai “teliti” adalah jika ketelitian benda kerja mencapai di bawah $10\mu\text{m}$ dan dikategorikan “sangat teliti” jika di bawah $1\mu\text{m}$. Gambar 2-1 menunjukkan grafik peningkatan akurasi mesin perkakas.



Gambar 2-1 Grafik Peningkatan Akurasi Mesin Perkakas Tanuguchi

Sumber: (*ScienceDirect.com*)

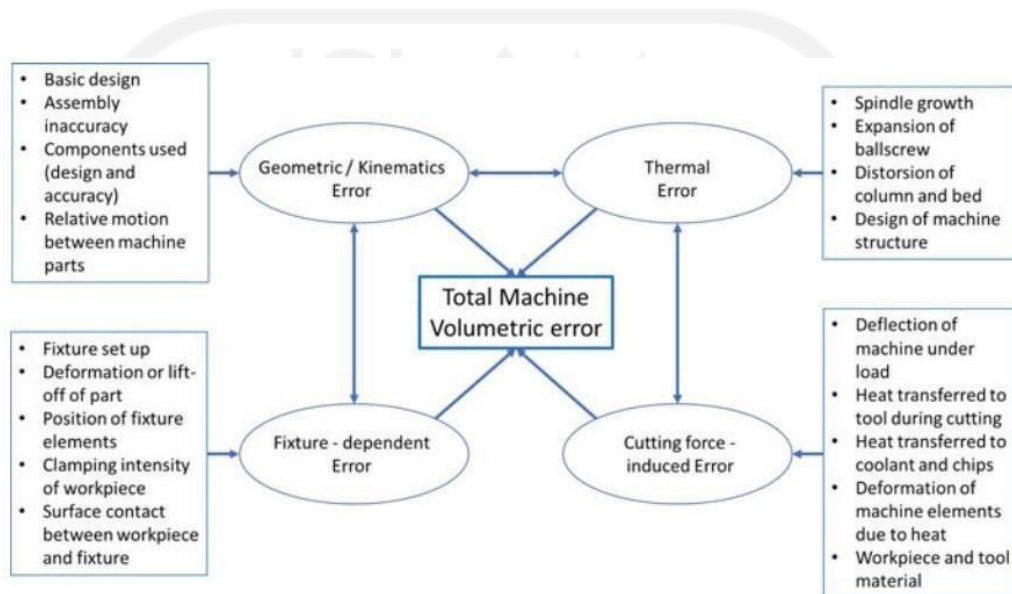
Mesin perkakas adalah mesin yang digunakan untuk melakukan proses pemesinan suatu bahan dasar menjadi produk yang diinginkan. Untuk menghasilkan produk dengan ketelitian tinggi tentu saja memerlukan mesin perkakas (*machine tools*) dengan ketelitian yang tinggi pula. Pada tahun 2000, proses manufaktur dikategorikan sebagai “teliti” adalah jika ketelitian benda kerja mencapai di bawah 10 μ m dan dikategorikan “sangat teliti” jika di bawah 1 μ m. Tabel 2-1 menunjukkan derajat akurasi produksi berdasarkan ukuran mesin.

Tabel 2-1 Derajat Akurasi Produksi Berdasarkan Ukuran Mesin

Sumber: (Holub, 2019)

Ukuran mesin perkakas	Travel pada sumbu terpanjang (mm)	Berat benda kerja (kg)	Nilai toleransi yang tercapai benda kerja (mm)	Akurasi
Mesin perkakas CNC kecil	<999	<999	>0.05	Rendah
			0.01	Menengah
			0.001	Tinggi
Mesin perkakas CNC sedang	1000-3999	1000-9999	>0.09	Rendah
			0.04	Menengah
			0.006	Tinggi
Mesin perkakas CNC besar	>4000	>10000	>0.3	Rendah
			0.10	Menengah
			0.04	Tinggi

Dalam proses pemesinan, banyak faktor yang mempengaruhi akurasi pemesinan seperti kesalahan kinematika, kesalahan termal, kesalahan induksi gaya potong, kesalahan servo, dan keausan pahat. Di antara mereka, kesalahan geometrik komponen dan struktur alat mesin adalah salah satu sumber ketidakakuratan terbesar. Untungnya, kesalahan geometrik ini dapat dikompensasikan sebelumnya karena sifatnya yang berulang. (Zhu et al., 2012)



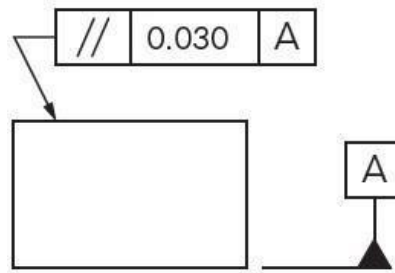
Gambar 2-2 Kesalahan Volumetrik Mesin Perkakas

Sumber: (Holub, 2019)

Berdasarkan **Error! Reference source not found.**, kesalahan geometrik/kinematik bersumber dari desain dasar mesin perkakas, perakitan yang tidak akurat, komponen yang digunakan (desain dan akurasi) dan gaya relatif antara komponen-komponen mesin perkakas.

2.1.2 Geometrical Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

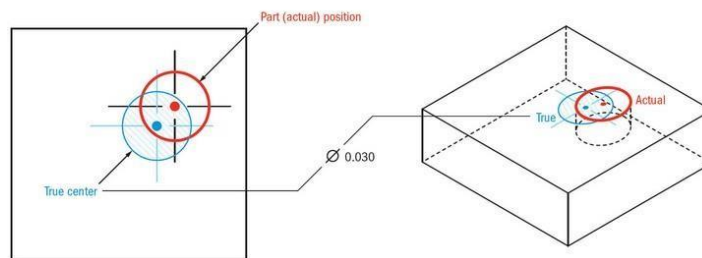
1. *Pararellisme* (Kesejajaran) adalah simbol yang cukup umum yang menggambarkan orientasi paralel dari satu fitur yang direferensikan ke permukaan atau garis datum. Gambar 2-3 menunjukkan simbol kesejajaran permukaan A terhadap datum A.



Gambar 2-3 Kesejajaran (*Parallelim*)

Sumber: (GD&T *Basic*)

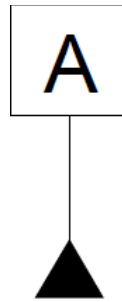
2. **Posisi** didefinisikan sebagai variasi total yang diizinkan yang dapat dimiliki fitur dari posisi "sebenarnya". Gambar 2-4 menunjukkan contoh variasi toleransi posisi pada komponen.



Gambar 2-4 Posisi (*position*)

Sumber: (GD&T *Basic*)

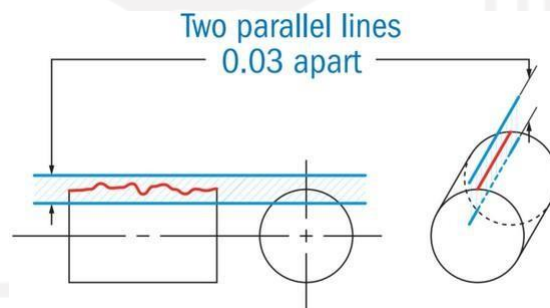
3. **Datum** secara teoritis adalah titik, sumbu, garis, dan bidang eksak atau kombinasinya yang diturunkan dari fitur datum. Sebuah fitur datum adalah permukaan nyata atau fitur ukuran (terdiri dari beberapa permukaan atau permukaan berputar) yang ditunjukkan oleh simbol fitur datum. Fitur Datum (*datum features*) adalah fitur nyata dan nyata pada bagian di mana peralatan pengukuran akan menyentuh atau mengukur secara fisik. Mereka biasanya permukaan fungsional yang penting. Gambar 2-5 menunjukkan contoh simbol datum A.



Gambar 2-5 Simbol Datum

Sumber: (GD&T *Basic*)

4. **Kelurusan** adalah toleransi 2 Dimensi yang digunakan untuk memastikan bahwa suatu bagian seragam di seluruh permukaan atau fitur. Kelurusan dapat diterapkan pada fitur datar seperti permukaan balok, atau dapat diterapkan pada permukaan silinder sepanjang arah aksial. Gambar 2-6 menunjukkan batas variasi toleransi kelurusan yang diijinkan (garis warna biru) pada permukaan silinder.

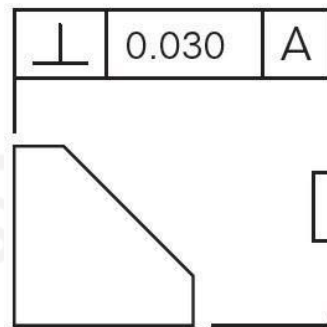


Gambar 2-6 Kelurusan (*straightness*)

Sumber: (GD&T *Basic*)

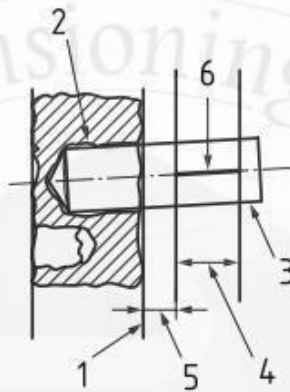
5. **Ketegaklurusan** adalah simbol yang cukup umum yang mengharuskan permukaan atau garis yang dirujuk harus tegak lurus atau 90° dari a permukaan atau garis datum. Tegak lurus dapat mereferensikan garis 2D, tetapi lebih umum menggambarkan orientasi satu bidang permukaan yang tegak lurus terhadap bidang datum lainnya. Gambar 2-7 menunjukkan

simbol ketegaklurusan A terhadap datum A, sedangkan Gambar 2-8 menunjukkan contoh tingkat ketegaklurusan pada baut.



Gambar 2-7 Ketegaklurusan (*perpendicular*)

Sumber: (GD&T *Basic*)



Gambar 2-8 Indikasi Offset Ketegaklurusan

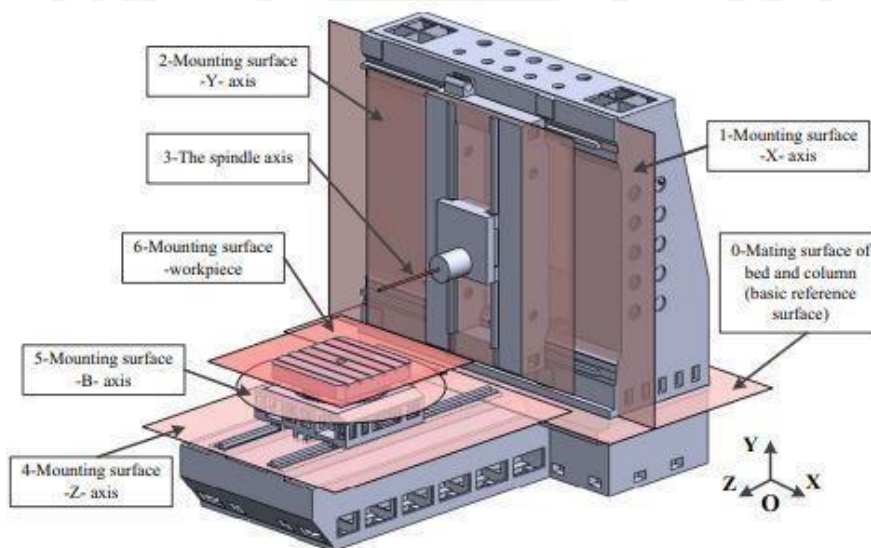
Sumber: (ISO 1101(E) 2017)

6. **Kedataran** simbol umum yang menunjukkan seberapa datar permukaannya terlepas dari datum atau fitur lainnya. Ini berguna jika sebuah fitur akan ditentukan pada gambar yang harus rata secara merata. (ISO 1101)

2.1.3 Kesalahan Geometrik Perakitan Mesin Perkakas

Untuk peralatan mesin presisi, kualitas produk bergantung pada lokasi toleransi dan perencanaan proses perakitan. Toleransi dapat menjamin kesalahan pemesinan. Sementara teknik perakitan mengontrol akumulasi variasi dalam proses perakitan. Namun demikian, perencanaan proses perakitan utamanya bergantung pada pengalaman praktis dari operator/pekerja perakitan.

Kompensasi kesalahan dapat meningkatkan akurasi dari mesin perkakas secara efektif. Diantara sumber kesalahan yang mempengaruhi keakuratan mesin perkakas CNC, kesalahan geometrik selalu ditetapkan sebagai kunci kriteria kinerja (Han et al., 2013). Gambar 2-9 merupakan contoh parameter *errors* dari penelitian (Guo et al., 2015) yang terjadi pada mesin perkakas :



Gambar 2-9 Kesalahan Geometrik pada Mesin Perkakas

Sumber: (Guo et al., 2015)

Tabel 2-2 Parameter Kesalahan Pada Setiap Konstruksi

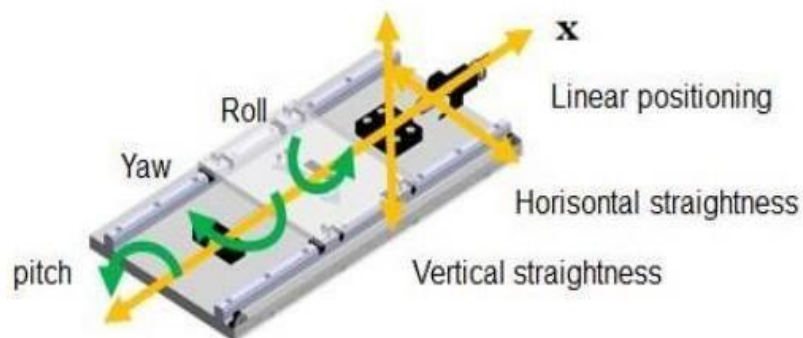
Sumber: (Guo et al., 2015)

No	Errors	Deskripsi
1	XY	Ketegaklurusan antara X dan Y
2	YZ	Ketegaklurusan antara Y dan Z

3	XZ	Ketegaklurusan antara X dan Z
4	OZ-X	Kesejajaran antara <i>spindle</i> dan Z
5	OZ-Y	Kesejajaran antara <i>spindle</i> dan Z
6	OX-Y	Ketegaklurusan antara <i>spindle</i> dan X
7	OY-X	Ketegaklurusan antara <i>spindle</i> dan X
8	TX-Z	Kesejajaran antara T (<i>table</i>) dan X
9	TZ-X	Kesejajaran antara T dan Z
10	TY-Z	Ketegaklurusan antara T dan Y
11	TY-X	Ketegaklurusan antara T dan Y

2.1.4 Kesalahan Geometrik *Linier Guide (LG)*

Kelurusan lintasan luncur (*guideway*) sebagian besar tergantung pada saat ketelitian perakitan lintasan luncur. (Kwintarini et al., 2016) *Error of linear axis*. Menurut ISO 230- 1, kesalahan di setiap sumbu pada meja mesin perkakas memungkinkan menghasilkan enam derajat kebebasan (6 DOF). Kesalahan yang terjadi pertama kesalahan posisi yaitu *linear positioning*, *horizontal straightness*, *vertical straightness*, dan kesalahan *angular* yaitu *roll* (sumbu-x), *pitch* (sumbu-y), *yaw* (sumbu-z). Gambar 2-10 menunjukkan kesalahan geometrik yang terjadi pada meja mesin perkakas CNC.



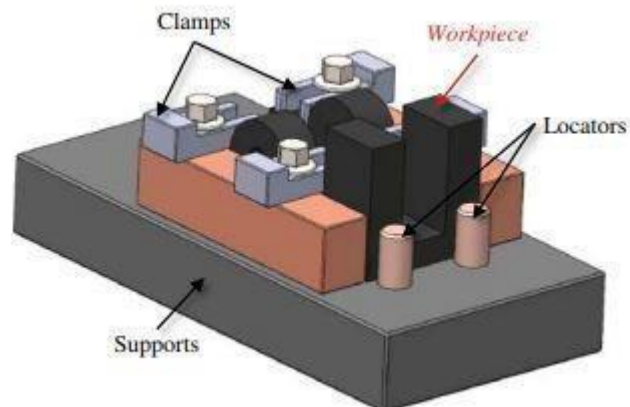
Gambar 2-10 Kesalahan Geometrik pada Meja Mesin Perkakas CNC Milling

Sumber: (Kwintarini et al., 2016)

2.1.5 Jigs and Fixtures

Tujuan utama dari *jig* adalah untuk mengontrol lokasi dan gerakan alat selama operasi untuk memastikan pengulangan yang diperlukan, akurasi, dan pertukaran. Oleh karena itu, perangkat yang melakukan pekerjaan dan mengarahkan alat disebut *jig*. (Bi & Wang, 2020)

Sebuah proses perakitan membutuhkan sebuah sistem *fixture*. Sistem *fixture* merupakan sebuah sistem yang dipakai buat menahan, memegang dan merekonstruksi antarmuka antara sebuah komponen nisbi terhadap komponen lainnya atau *end-effector* sebuah robot (buat proses perakitan) atau antara sebuah komponen nisbi terhadap sebuah *tool* atau mata pahat (buat proses permesinan). (Syam, 2019)



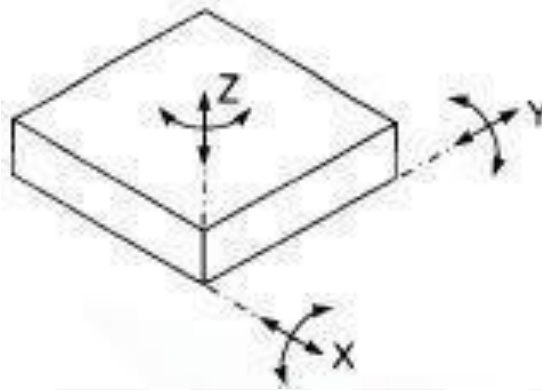
Gambar 2-11 Tiga Komponen Utama *System Fixture*

Sumber: (Bi & Wang, 2020)

Gambar 2-11 menunjukkan komponen utama pada *system fixture*. Selain itu euntungan-keuntungan yang didapatkan dengan sistem *fixture* adalah: meningkatnya kualitas produk rakitan, meningkatnya tingkat presisi dari suatu proses perakitan dan dapat menurunkan total biaya perakitan (dan juga produksi). Namun demikian, desain suatu produk yang baik harus dapat mengurangi penggunaan sistem *fixture* dalam proses perakitannya namun tetap memudahkan proses perakitan tersebut. Karena, biaya-biaya dari sistem *fixture* dalam suatu

proses perakitan dapat mencapai 20 % dari total biaya sistem perakitannya (Syam, 2019)

Secara prinsip *jig and fixture* sebaiknya mencegah gerakan linier dan rotasi dari benda kerja pada tiga sumbu utama X, Y, dan Z baik *linier* maupun rotasi. (*Jigs and Fixtures Design Manual 2nd Ed. By Prakash H- By EasyEngineering.Net.Pdf*, n.d.)

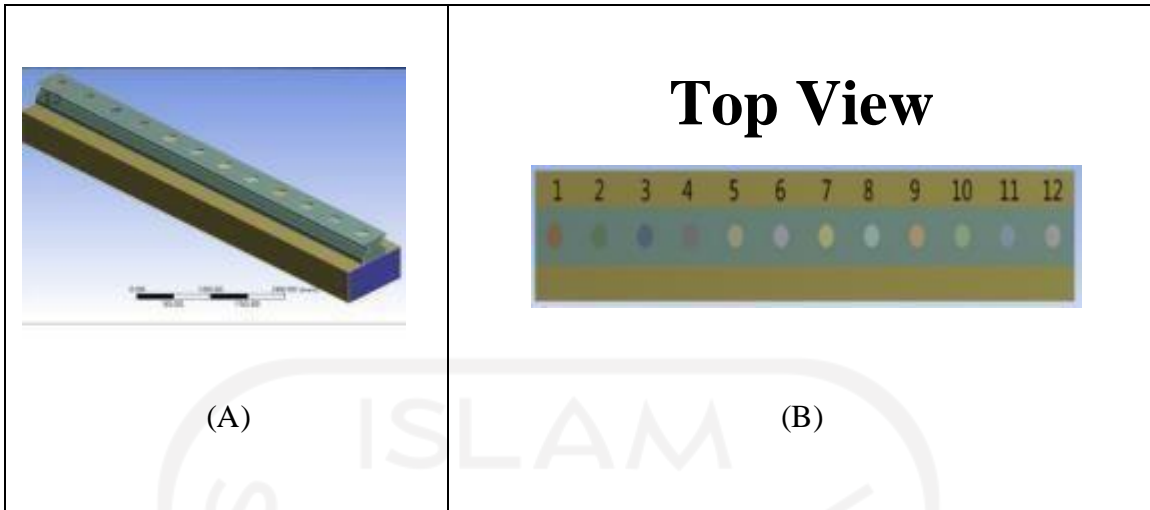


Gambar 2-12 Enam Derajat Kebebasan (DoF)

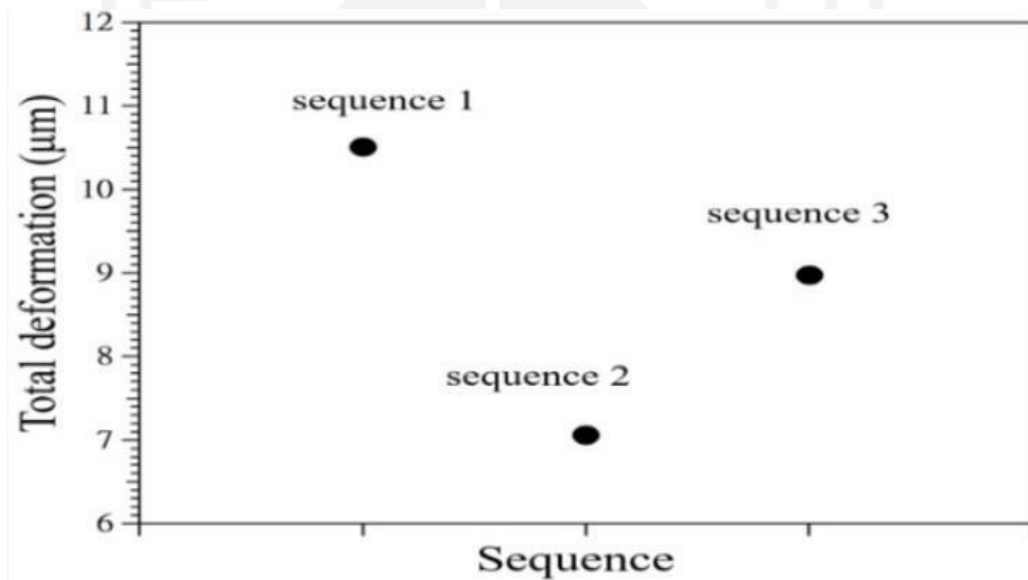
Sumber: (*Jigs and Fixtures Design Manual 2nd Ed. By Prakash H- By EasyEngineering.Net.Pdf*, n.d.)

2.1.6 Pengencangan Baut Linier Guideway

Metode pengencangan baut akan mempengaruhi tegangan dan deformasi permukaan *mating* pada tingkat akurasi dan kekakuan mesin perkakas. Dalam industri mesin presisi, jika struktur perlu dikencangkan contohnya pada *linier guideways*, para insinyur senior akan mengencangkan baut dari samping ketengah atau tengah kesamping secara bergantian. (Tseng et al., 2020) Dua belas baut digunakan untuk mengencangkan pada *linier guideways*. Gambar 2-14 merupakan grafik total deformasi dalam satuan mikrometer (μm) yang terjadi pada *linier guideway* dari hasil pengencangan baut dimana urutan ke-1 memiliki nilai deformasi terbesar. Tabel 2-3 menunjukkan urutan dalam pengencangan baut yang dilakukan pada dua belas baut sesuai ilustrasi Gambar 2-13.



Gambar 2-13 (A) 3D View Linier Guide (B) Top View Linier Guide



Gambar 2-14 Grafik Tingkat Deformasi pada *Linear Guideway* Variasi Urutan Pembautan

Tabel 2-3 Urutan Pengencangan Baut

No	<i>Sequence</i>
<i>Sequence 1</i>	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12
<i>Sequence 2</i>	1-12-2-11-3-10-4-9-5-8-6-7
<i>Sequence 3</i>	6-7-5-8-4-9-3-10-2-11-1-12

Dari hasil pengujian yang dilakukan (Tseng et al., 2020), deformasi terjadi terendah pada *linear guideways* urutan pembautan *sequence* 2. Tabel 2-4 merupakan rekomendasi nilai torsi pengencangan baut berdasarkan HWIN *Assembly Instruction* untuk perakitan *linear guideways*:

Tabel 2-4 Pengencangan baut berdasarkan ISO 4762-12.9

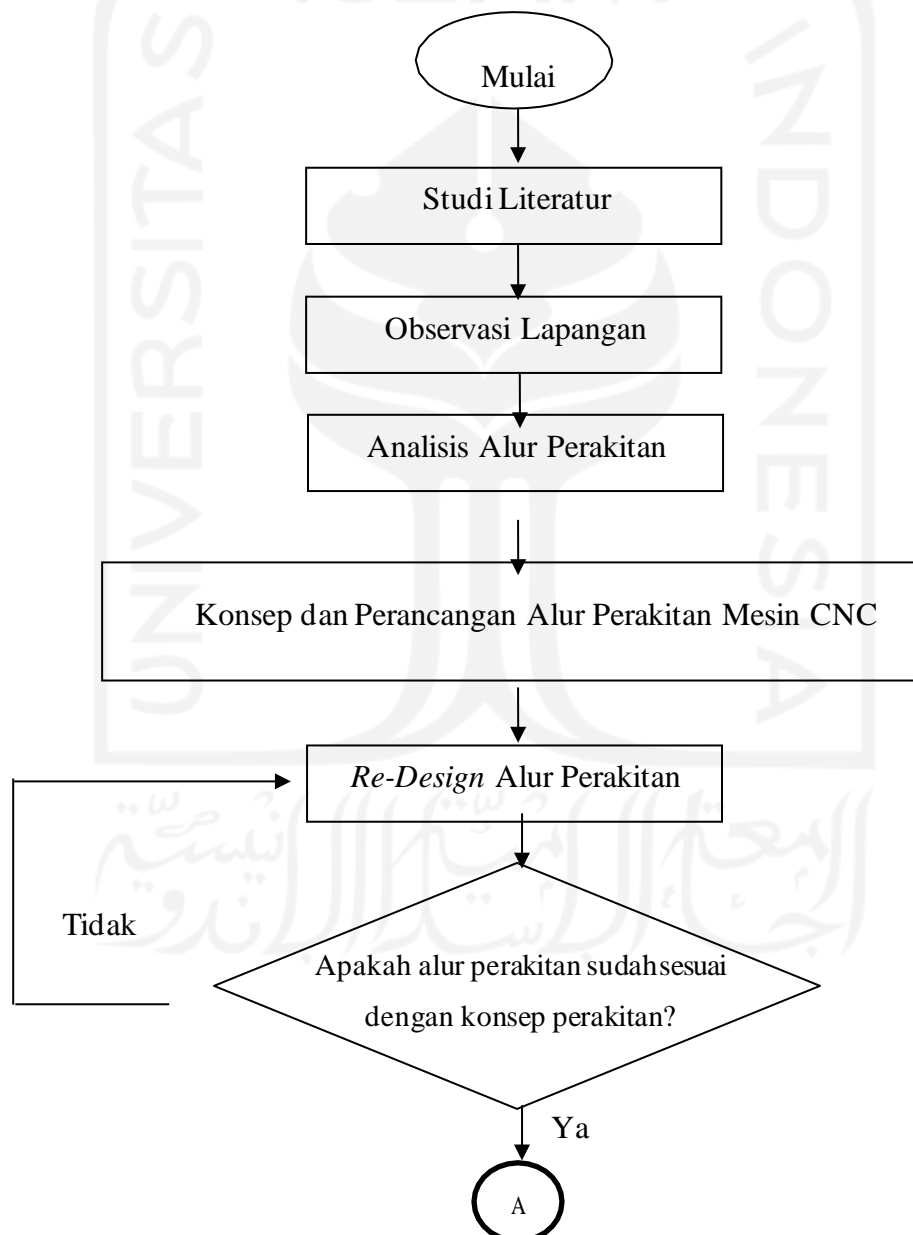
Sumber: (*Guide-Linear-Manual-Assembly*)

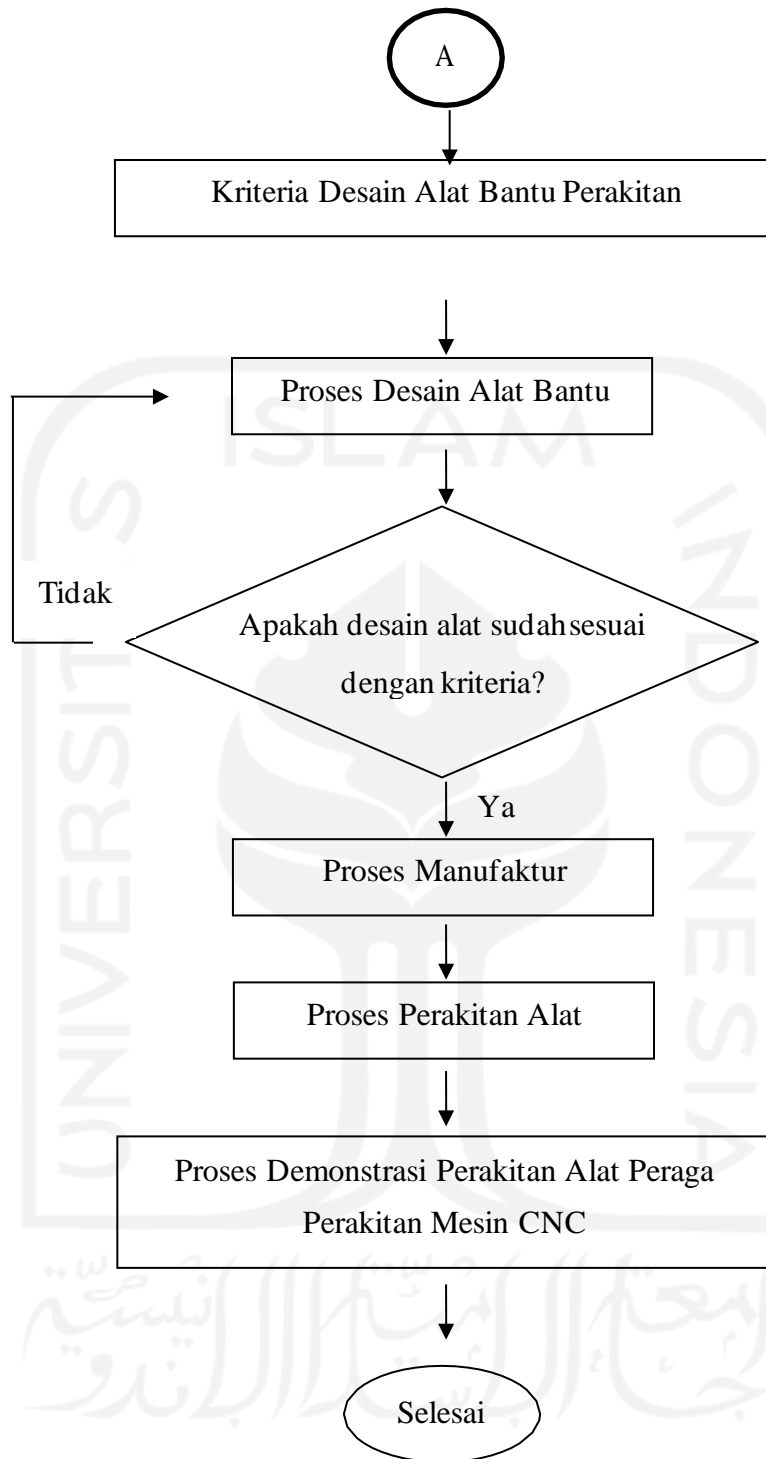
<i>Screw size</i>	<i>Torque (Nm)</i>	<i>Screw size</i>	<i>Torque(Nm)</i>
M2	0.6	M8	31
M3	2.0	M10	70
M4	4.0	M12	120
M5	9.0	M14	160
M6	14.0	M16	200

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan sesuai dengan alur yang telah ditentukan. Alur penelitian yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 3-1 dibawah ini:





Gambar 3-1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

Berikut merupakan peralatan dan bahan yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini:

Tabel 3-1 Peralatan dan Bahan

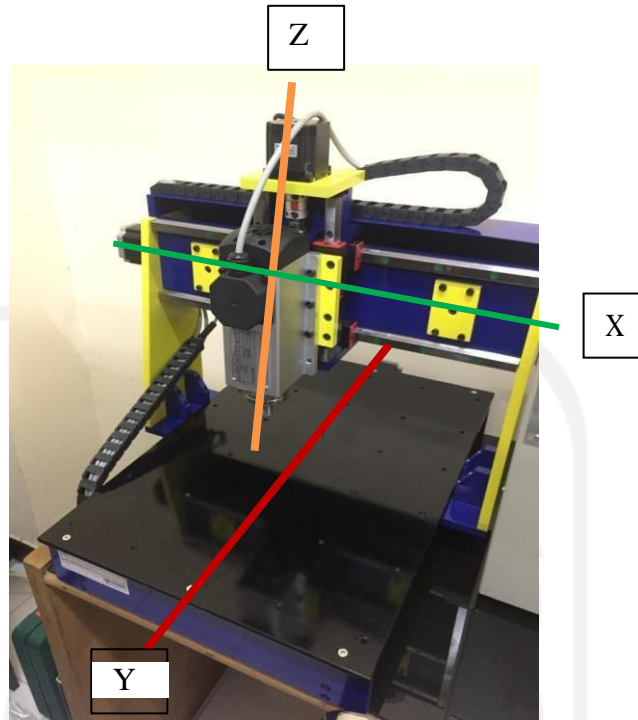
No	Alat dan Bahan	Fungsi
1	Laptop	Sebagai sarana mendesain menggunakan <i>solidworks</i> 2017 dan mengolah data
2	Mesin 3D <i>Printing</i>	Sebagai sarana mencetak komponen sistem <i>fixture</i> (alat bantu pegang)
3	Mesin <i>Waterjet</i>	Untuk membuat lubang pada alas meja
4	Mesin CNC <i>Milling Hardfort</i>	Untuk memotong dan <i>tapping</i> pada komponen <i>jig assy</i> untuk sumbu X
5	Alumunium 5052	Sebagai bahan utama pembuatan sistem <i>fixture</i>
6	Besi <i>Hollow</i> 40 mm x 40 mm	Sebagai bahan pembuatan rangka meja
7	Material PLA	Sebagai bahan mencetak komponen – komponen sistem <i>fixture</i>

3.3 Observasi Lapangan

Observasi dilakukan dengan mengunjungi langsung tempat produsen mesin perkakas CNC di daerah Jogja dan Solo. Metode observasi dilakukan dengan proses tanya jawab langsung dengan pemilik maupun operator perakitan (*assembly*).

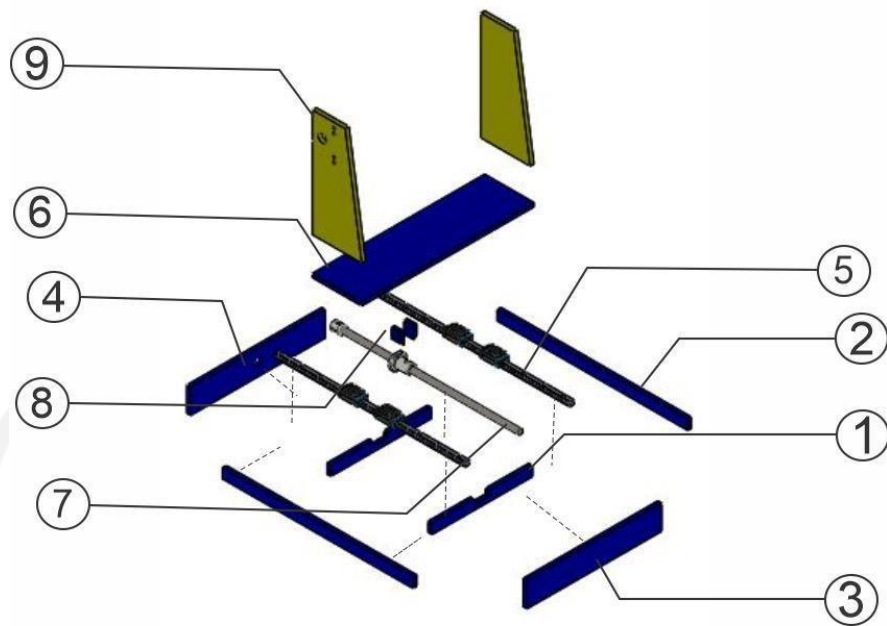
3.3.1 Urutan Perakitan Komponen

Berikut merupakan hasil pengamatan langsung alur urutan proses perakitan mesin perkakas CNC:

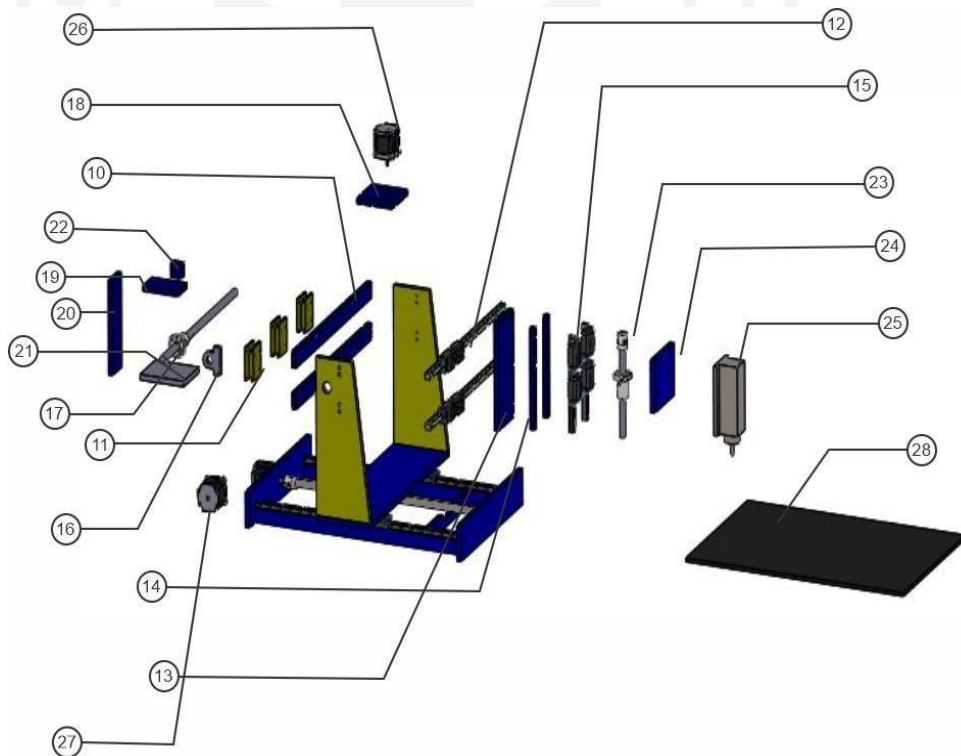


Gambar 3-2 Sumbu X, Y dan Z Mesin Perkakas CNC Router

Alur perakitan mesin perkakas CNC diatas dimulai dari perakitan sumbu Y lalu sumbu X dan terakhir sumbu Z mesin perkakas CNC. Pemasangan *linear guideway* pada sumbu X mesin dilakukan secara vertikal.



Gambar 3-3 Alur Perakitan Sumbu Y dan Gantry



Gambar 3-4 Alur Perakitan Sumbu X dan Z

Tabel 3-2 Keterangan Alur Perakitan Hasil Observasi

No	Proses Perakitan
1	Letakkan penguat tengah sumbu Y pada meja perakitan
2	Pemasangan dudukan <i>linear guideway</i> sumbu Y dengan penguat tengah lalu baut
3	Pemasangan <i>cover</i> depan sumbu Y ke dudukan <i>linear guideway</i>
4	Pemasangan <i>cover</i> belakang ke <i>base linear guideway</i>
5	Pemasangan <i>linear guideway</i> ke <i>base LG</i> , catatan HWIN <i>box rails</i> telah terpasang sebelumnya pada linier guide
6	Pemasangan dudukan gantry pada HWIN <i>box rails</i>
7	Pemasangan <i>linear screw</i> yang sudah terpasang <i>ball nut</i> nya pada dudukan <i>gantry</i>
8	Pemasangan <i>housing ball nut</i> sebagai penghubung dengan dudukan <i>gantry</i>
9	Pemasangan <i>gantry</i> satu persatu pada dudukan <i>gantry</i> yang telah terpasang sebelumnya
10	Pemasangan <i>base linear guideway</i> sumbu X pada <i>gantry</i> , lalu kencangkan <i>clamp</i>
11	Pemasangan penguat base <i>linear guideway</i> pada <i>base LG</i>
12	Pemasangan LG sumbu X yang telah terpasang HWIN <i>box rails</i> pada <i>base</i> nya lalu kencangkan
13	Pemasangan <i>base</i> sumbu Z pada LG sumbu X
14	Pemasangan <i>base LG</i> sumbu Z pada <i>base</i> sumbu Z CNC
15	Pemasangan LG sumbu Z pada <i>base</i> nya, LG sudah terpasang HWIN <i>Box rails</i> sebelumnya
16	Pemasangan braket untuk pemasangan <i>ballscrew</i>
17	Pemasangan <i>ballscrew</i> pada braket
18	Pemasangan dudukan motor <i>stepper</i> sumbu Z
19	Pemasangan <i>housing ball nut</i> atas
20	Pemasangan <i>housing ball nut</i> tengah
21	Pemasangan <i>housing ball nut</i> bawah

22	Pemasangan penguat dudukan motor <i>stepper</i> sumbu Z
23	Pemasangan <i>ballscrew</i> sumbu Z yang sudah terpasang <i>ball nut</i>
24	Pemasangan dudukan motor <i>spindle</i>
25	Pemasangan motor <i>spindle</i> pada dudukan
26	Pemasangan motor <i>stepper</i> sumbu Z
27	Pemasangan motor <i>stepper</i> sumbu X
28	Terakhir pemasangan alas meja mesin perkakas CNC

3.3.2 Informasi Lainnya

Selain hasil pengamatan alur perakitan mesin perkakas CNC, didapatkan informasi lainnya sebagai berikut:

1. Alur perakitan dari masing – masing produsen mesin berbeda dan tidak memperhatikan *errors* geometrik perakitan yang dihasilkan.
2. Tidak dilakukannya proses verifikasi geometrik pada saat perakitan.
3. Tidak diperhatikannya proses pengencangan baut (*Tightening fixing screw*).
4. Tidak menggunakan sarung tangan pada saat perakitan.
5. Desain dari mesin perkakas CNC sulit untuk dirakit.
6. Kerusakan yang sering terjadi biasanya terletak pada *HWIN Rails* yang pecah pada *linear guideway*.
7. Proses *tapping* dilakukan secara manual. Khususnya pada lubang dudukan *Linear Guideway*. Indikasi terjadinya *errors* kesejajaran dan ketegaklurusan.

3.4 Kesejajaran Mesin Perkakas CNC Sebelum Dirakit Ulang

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan dial indikator ketelitian 0.01 mm pada *linear guideway* sumbu X. Tabel 3-3 menunjukkan hasil pengukuran kesejajaran sebelum mesin dibongkar.

Tabel 3-3 Pengukuran Kesejajaran Sebelum Dirakit Ulang

Jarak	Pembacaan pada Dial Indikator
30 mm	0
60 mm	0
90 mm	0.01
120 mm	0.01
150 mm	0.01
180 mm	0.02
210 mm	0.02
240 mm	0.02
270 mm	0.02
300 mm	0.03
330 mm	0.03
360 mm	0.03
390 mm	0.04
420 mm	0.04

Pengukuran kesejajaran pada *linear guideway* sumbu X dilakukan untuk mengetahui contoh permasalahan geometrik yang terjadi pada saat perakitan.

3.5 Kriteria Desain Perancangan

1. Peraga alat bantu yang dibuat dapat mempraktekan cara kerja proses perakitan mesin perkakas CNC.
2. Peraga alat bantu yang telah dibuat dapat mempermudah perakitan seperti perakitan dapat dilakukan oleh satu orang.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

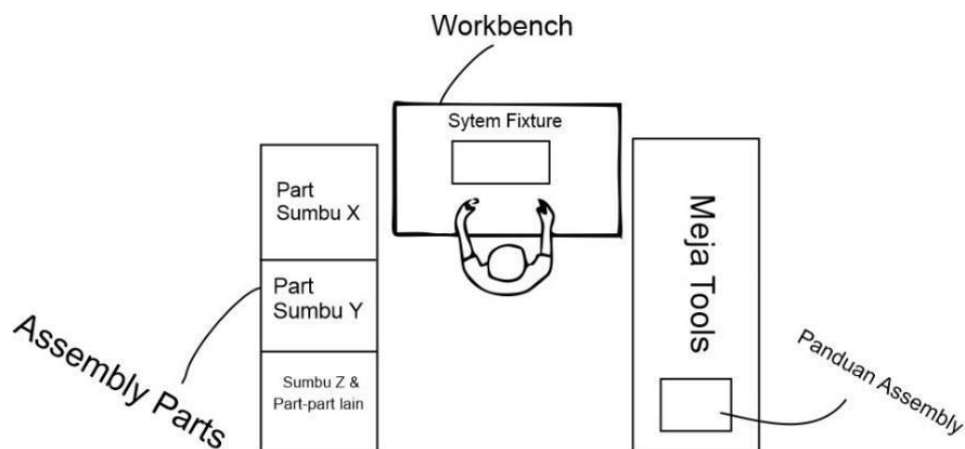
4.1 Hasil Perancangan Alur Perakitan Mesin Perkakas CNC

Perancangan proses alur perakitan. Proses ini difungsikan untuk memudahkan perakitan yang dilakukan oleh operator *assembly*. Proses perakitan dibagi menjadi 2, proses *pre-assembly* dan proses *assembly* sumbu X,Z dan Y. Urutan perakitan komponen didasari dengan mempertimbangkan komponen yang paling memiliki tingkat prioritas/terpenting (presisi tinggi) dan mempertimbangkan minimalisasi kesalahan perakitan yang terjadi.

4.1.1 Proses Pre-Assembly

Sebelum melakukan perakitan mesin CNC, lakukan persiapan *layout* tempat perakitan, mempersiapkan alat yang dibutuhkan dan memeriksa kelengkapan BOM (*Bill of Materials*) dari keseluruhan mesin CNC yang akan dirakit. Kemudian jika semua komponen telah lengkap, langkah selanjutnya yaitu proses *set-up assembly fixture* nya. Gambar 4-1 menunjukkan *layout* tempat perakitan mesin perkakas CNC.

Layout Of Assembly Area



Gambar 4-1 *Layout* Tempat Perakitan

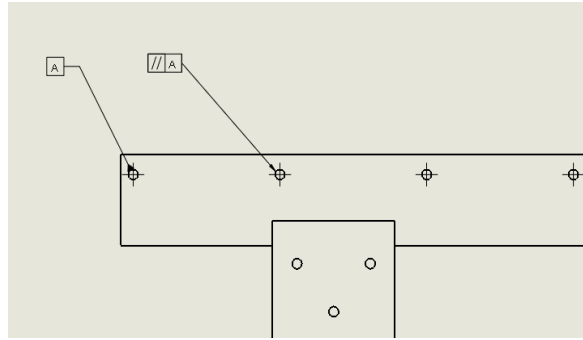
Bentuk *lay out* mengacu pada *poka yoke system* perakitan sebagai cara untuk mempermudah operator pada saat proses perakitan.

Tabel 4-1 Prosedur *Pre-Assembly*

No	Proses Perakitan
1	Atur <i>layout</i> area perakitan
2	Siapkan peralatan dan komponen mesin perkakas CNC, cek BOM dari mesin perkakas CNC yang akan dirakit.
3	Proses <i>Set up assembly fixture</i> , atur dan letakkan komponen – komponen alat bantu pegang sesuai perancangan.
4	Atur ketinggian meja dan pastikan tingkat kedataran sudah sesuai dengan nilai toleransi yang akan diberikan
5	Gunakan sarung tangan pada saat proses perakitan
6	Ikuti prosedur alur perakitan sesuai buku panduan

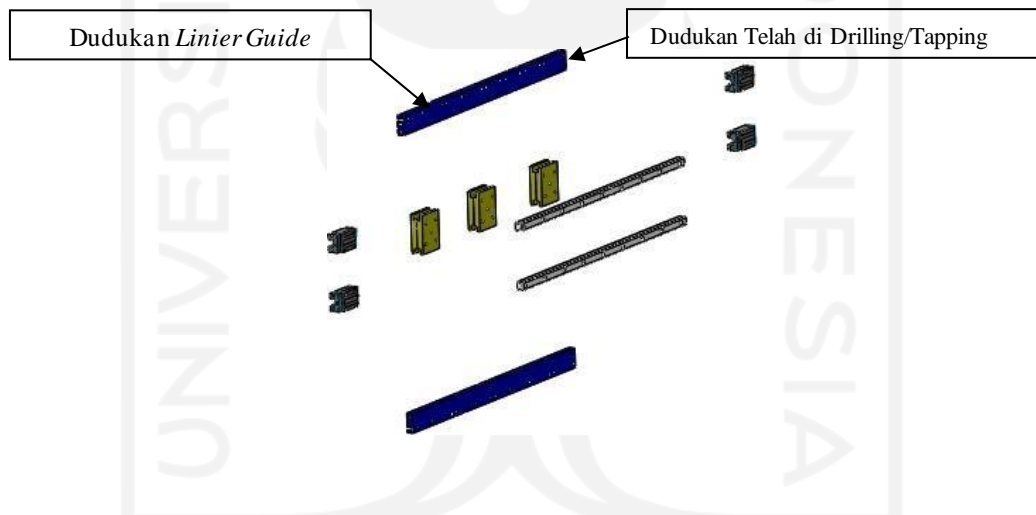
4.1.2 Proses Perakitan Sumbu X,Y dan Z

Pada proses perakitan, hasil observasi perakitan *linier guideway* (LG) sumbu X, Y dan Z sebelumnya terjadi indikasi permasalahan kesejajaran dan posisi diameter antar lubang dudukan LG karena proses *tapping* dilakukan secara manual. Hal lainnya yang akan mempengaruhi permasalahan pada LG karena berbagai sambungan (*mating*) antar komponen pada *sub-assembly* sumbu X, Y dan Z mesin perkakas CNC. Gambar 4-2 menunjukkan contoh indikasi kesalahan kesejajaran antar lubang yang terjadi pada dudukan *linier guideway*.



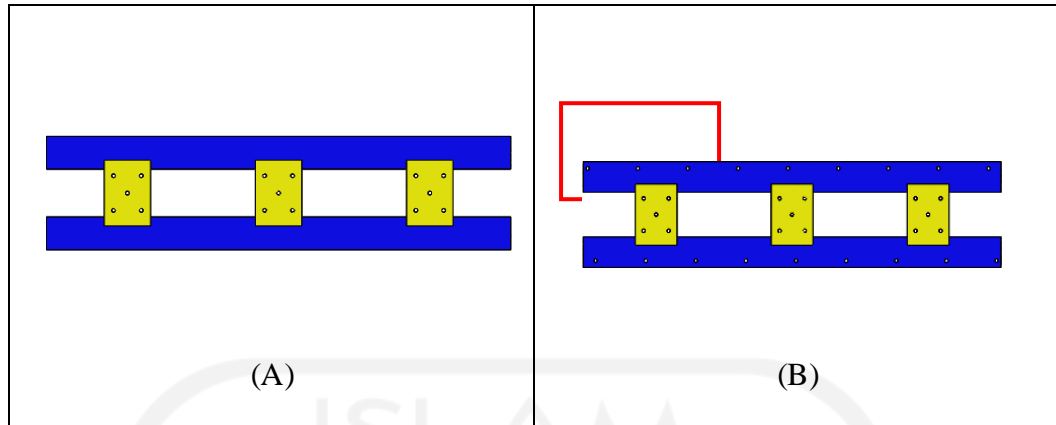
Gambar 4-2 2D Drawing Indikasi *Errors* Kesejajaran Antar Lubang Dudukan LG Sumbu X

Berikut merupakan gambar perakitan hasil observasi, komponen dudukan LG di-*drilling* dan di-*tapping* terlebih dahulu kemudian dirakit dengan komponen lainnya.



Gambar 4-3 *Sub-Assembly* Sumbu X Hasil Observasi

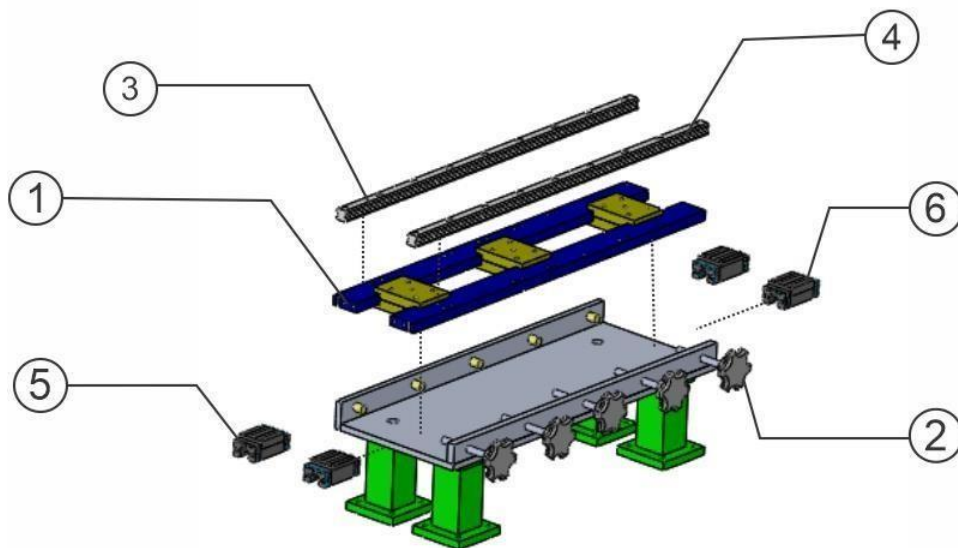
Untuk memudahkan perakitan yang terjadi pada *sub-assembly* X,Y dan Z sebelum proses perakitan secara keseluruhan. Dudukan-dudukan LG dirakit terlebih dahulu menjadi *Sub-assembly* lalu dilakukan proses *drilling* dan *tapping* pada lubang-lubang dudukan tersebut. Gambar 4-4 merupakan gambar *sub-assembly* sumbu X yang telah dirakit terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan proses *drilling* dan *tapping*.



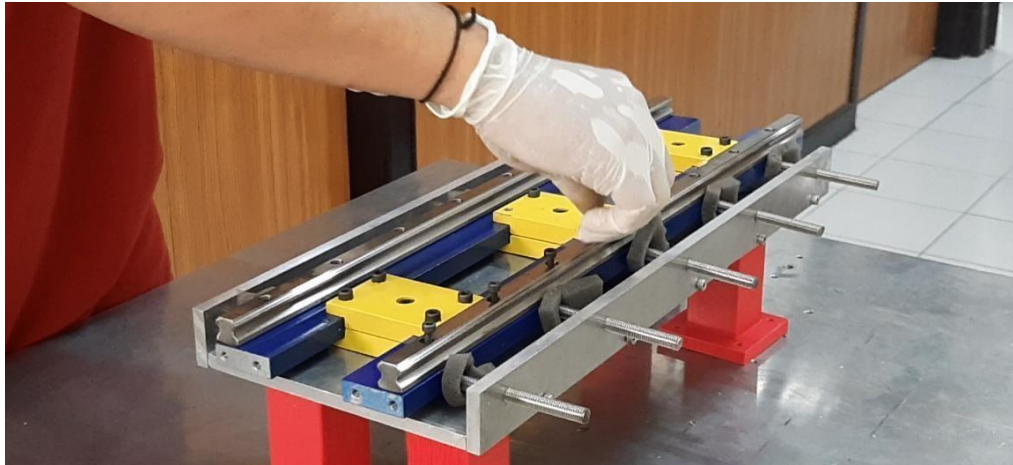
Gambar 4-4 (A) Sebelum *Drilling dan Tapping* (B) Setelah *Drilling dan Tapping*

Berdasarkan gambar diatas, proses pada *sub-assembly* sumbu Y dan Z dilakukan demikian. Dirakit terlebih dahulu kemudian dilakukannya proses *drilling* dan *tapping*. (**Lihat gambar 4-6 nomer 13**) untuk *sub-assembly* sumbu Z dan (**Lihat gambar 4-7 nomer 23**) untuk *sub-assembly* sumbu Y.

1. Proses perakitan sumbu X mesin perkakas CNC



Gambar 4-5 Alur Perakitan Sumbu X



Gambar 4-6 Proses Perakitan Sumbu X

Tabel 4-2 Keterangan Alur Perakitan Sumbu X

No	Proses Perakitan
1	Letakkan dudukan LG yang sudah dirakit sebelumnya ke jig utama, setelah itu cek tingkat kedataran permukaan dudukan apakah sudah sesuai alokasi toleransi yang diberikan. (Kedataran)
2	Kencangkan <i>clamp</i> untuk menjepit dudukan sumbu X
3	Letakkan LG acuan ke dudukan dudukan sumbu X. LG acuan digunakan sebagai acuan dalam mengukur kesejajaran dengan LG <i>subsidiary</i> . Setelah itu cek kelurusan LG acuan dengan bantuan alat <i>straight edge</i> . (Kelurusan)
4	Letakkan LG <i>subsidiary</i> ke dudukan dudukan sumbu X. lalu verifikasi nilai kesejajaran antar LG. (Kesejajaran)
5	Perakitan HWIN <i>block</i> 1 dan 2, perhatikan proses pemasangan HWIN <i>block</i> (lihat gambar 4-6)
6	Perakitan HWIN <i>block</i> 3 dan 4, perhatikan proses pemasangan HWIN <i>block</i> (lihat gambar 4-6)

Perhatikan proses pengencangan baut pada saat pemasangan *linear guideway

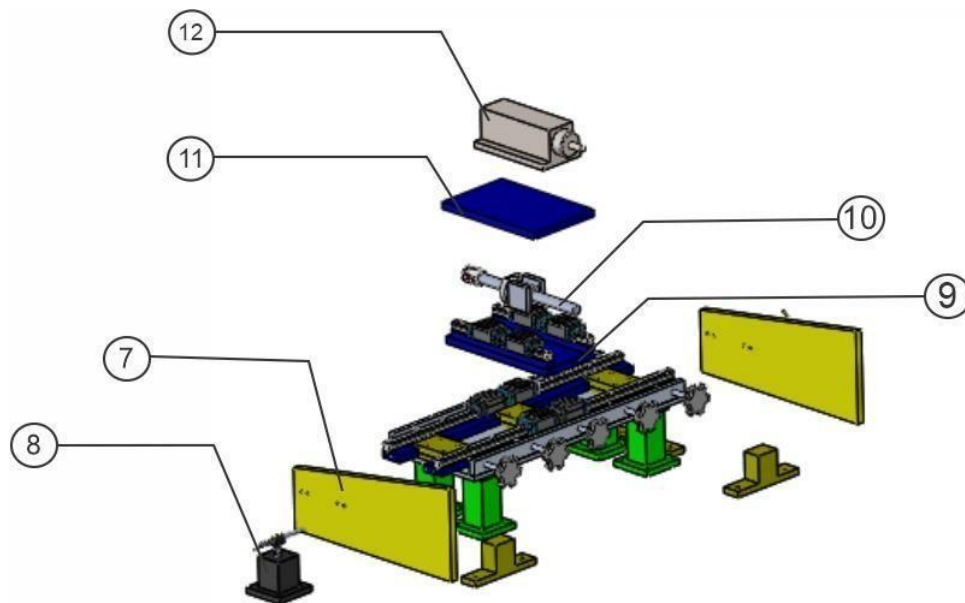


Gambar 4-7 Verifikasi Kelurusan LG Acuan menggunakan *straight edge*
Sumber: NSK Assembly Linier Guide



Gambar 4-8 Pemasangan HWIN Block Rails pada LG
Sumber: BOSCH Linear Guideway Assembly

2. Proses perakitan sumbu Z mesin perkakas CNC dan *gantry*



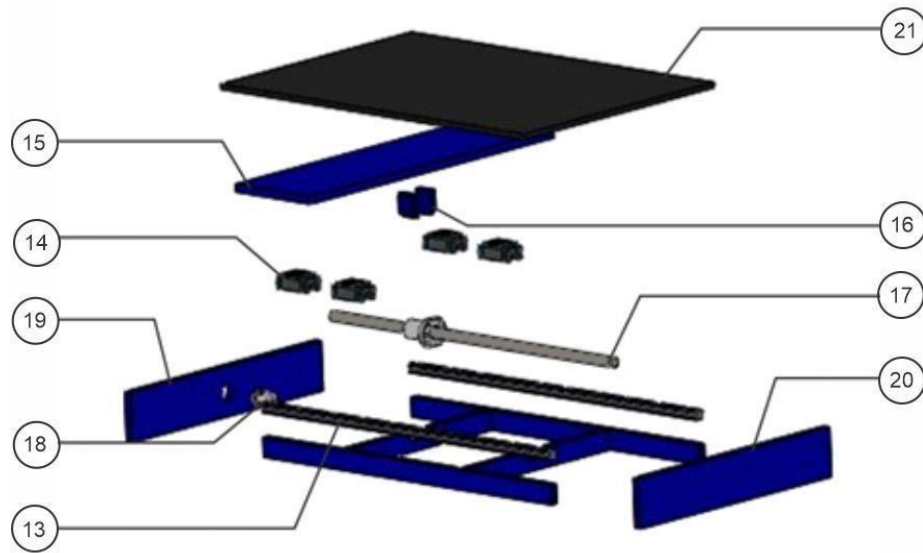
Gambar 4-9 Alur Perakitan Sumbu Z dan *Gantry*

Tabel 4-3 Keterangan Alur Perakitan *Gantry* dan sumbu Z

No	Proses Perakitan
7	Pemasangan <i>gantry</i>
8	Kencangkan <i>clamp gantry</i> agar <i>gantry</i> tidak bergerak
9	Letakkan <i>sub-assembly</i> sumbu Z yang telah dirakit sebelumnya pada <i>HWIN block</i> sumbu X. Cek Kesejajaran dan Kedataran antar LG.
10	Letakkan <i>ballscrew</i> dan <i>ball nut</i> pada <i>sub-assembly</i> sumbu Z
11	Pemasanganudukan motos <i>spindle</i>
12	Pemasangan motor <i>spindle</i>

Perhatikan proses pengencangan baut pada saat pemasangan *linear guideway

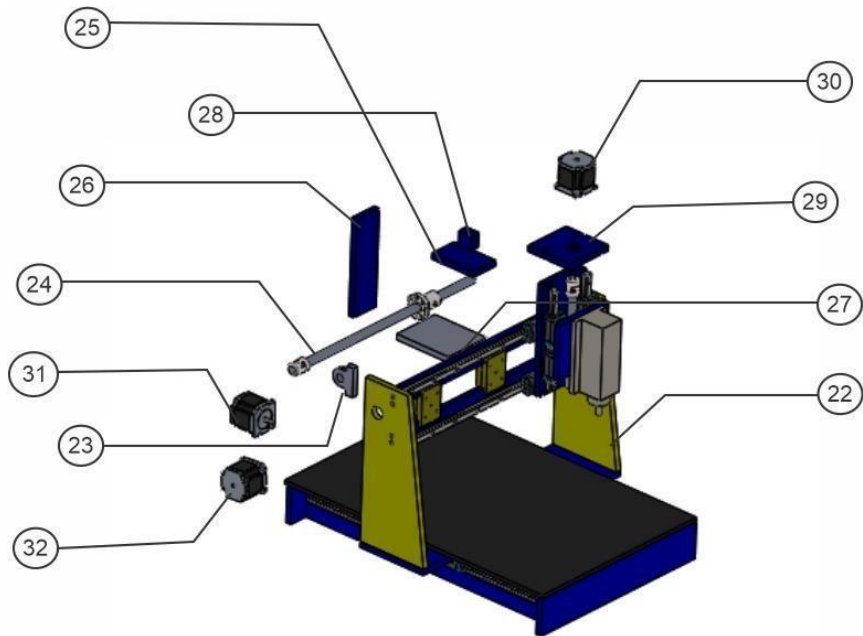
3. Proses perakitan sumbu Y mesin perkakas CNC



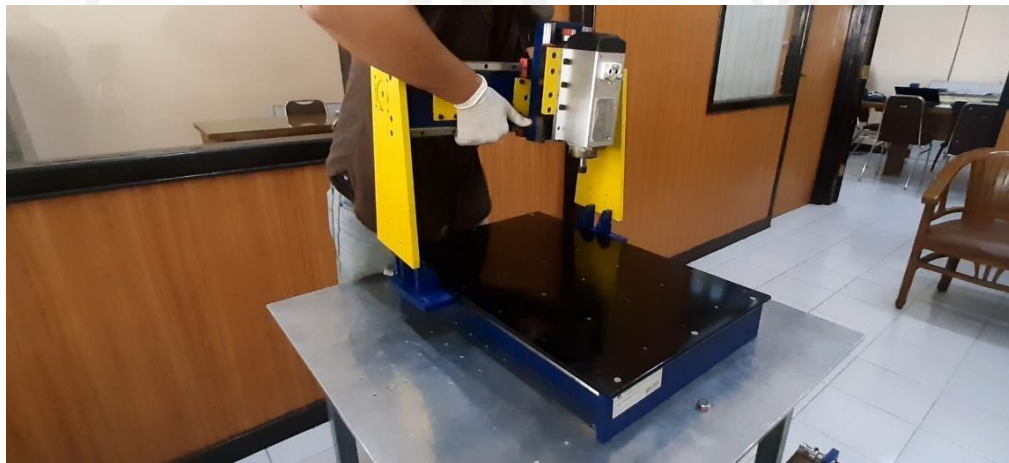
Gambar 4-10 Alur Perakitan Sumbu Y

No	Proses Perakitan
	Letakkan <i>sub-assembly</i> sumbu Y yang telah dirakit sebelumnya
13	Letakkan LG acuan sumbu Y pada dudukan. Cek kelurusan (lihat gambar 4-16)
14	Letakkan LG <i>subsidiary</i> sumbu Y pada dudukan, kemudian verifikasi nilai toleransi kesejajaran. Perhatikan proses urutan pengencangan baut (lihat tabel 2-3 dan 2-4)
15	Pemasangan HWIN <i>block</i> pada LG (lihat gambar 4-7)
16	Pemasangan penutup belakang mesin perkakas CNC
17	Pemasangan penutup depan mesin perkakas CNC
18	Pemasangan <i>braket</i> pada <i>ball nut</i>
19	Letakkan <i>linier screw</i> yang telah terpasang braket. (Lihat gambar 4-15) (Kelurusan)

20	Letakan dudukan gantry pada HWIN <i>block</i> sumbu Y
21	Pemasangan alas meja kerja



Gambar 4-11 Alur Perakitan Komponen Elektrikal dan *Ballscrew* Sumbu X



Gambar 4-12 Pemasangan Sumbu XZ ke Sumbu Y

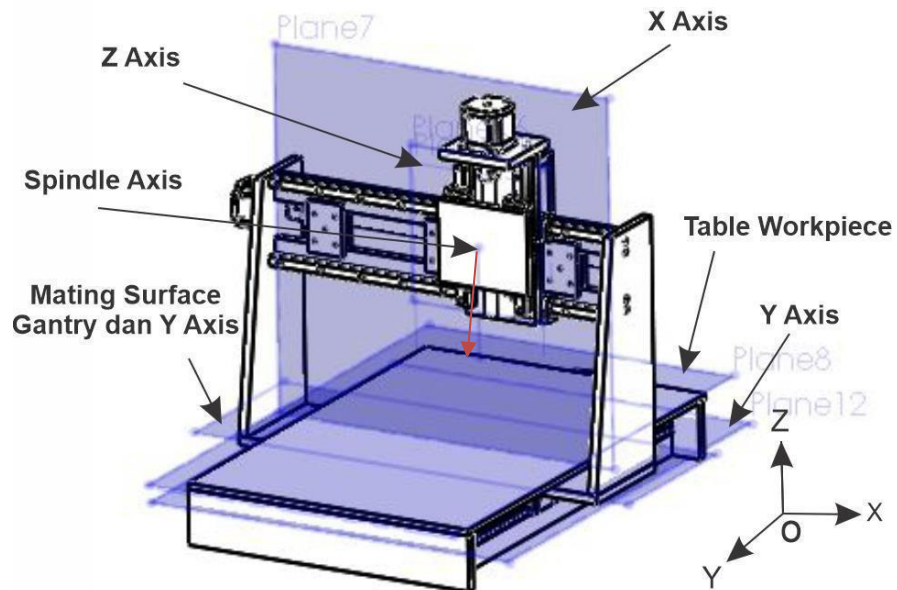
Tabel 4-4 Keterangan Alur Perakitan Elektrikal dan *Ballscrew* Sumbu X

No	Proses Perakitan
22	Letakan sumbu XZ yang telah dirakit sebelumnya ke sumbu Y
23	Letakkan <i>braket ballscrew</i> sumbu X
24	Pemasangan <i>ballscrew</i> yang telah terpasang kopleng dan <i>nut</i>
25	Pemasangan <i>housing nut 1</i>
26	Pemasangan <i>housing nut 2</i>
27	Pemasangan <i>housing nut 3</i>
28	Pemasangan penguat dudukan motor <i>stepper</i> sumbu Z
29	Pemasangan dudukan motor <i>stepper</i> sumbu Z
30	Pemasangan motor <i>stepper</i> sumbu Z
31	Pemasangan motor <i>stepper</i> sumbu Y
32	Pemasangan motor <i>stepper</i> sumbu X

Perhatikan proses pengencangan baut pada saat pemasangan *linier guideway

4.2 Analisis Permasalahan Geometrik pada Proses Perakitan

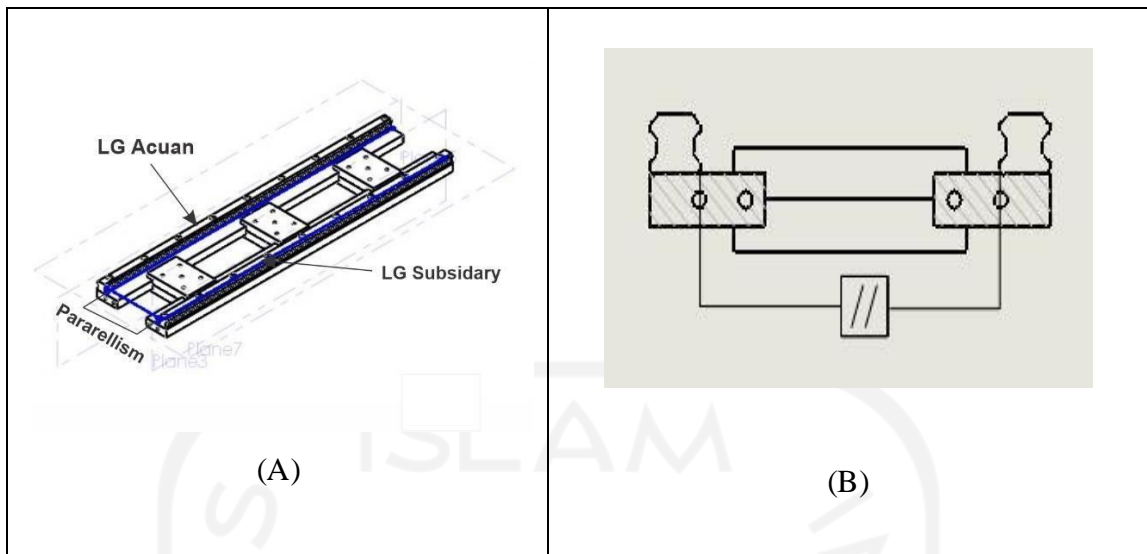
Fitur permasalahan geometrik yang harus diperhatikan pada saat perakitan mesin perkakas CNC *Router vertikal 3 axis*, selain hasil manufaktur komponen, pentingnya memperhatikan proses pengencangan baut (*tightening screw*) antar komponen pada mesin perkakas. Berikut merupakan permasalahan geometrik yang harus diperhatikan pada mesin perkakas CNC *router 3 axis*:



Gambar 4-13 Permasalahan Geometrik pada Mesin Perangkat CNC Router

Tabel 4-5 Keterangan *Errors* Geometrik pada Mesin Perangkat

No	Sumbu	Deskripsi
1	XZ	Ketegaklurusan antara X dan Z
2	ZY	Ketegaklurusan antara Z dan Y
3	XY	Ketegaklurusan antara X dan Y
4	OZ-X	Kesejajaran antara sumbu <i>spindle</i> dan Z
5	OZ-Y	Kesejajaran antara sumbu <i>spindle</i> dan Z
6	OX-Z	Ketegaklurusan antara sumbu <i>spindle</i> dan X
7	TY	Kesejajaran antara T (<i>table</i>) dan Y
8	TZ	Ketegaklurusan antara T dan Z
9	TX	Ketegaklurusan antara T dan X

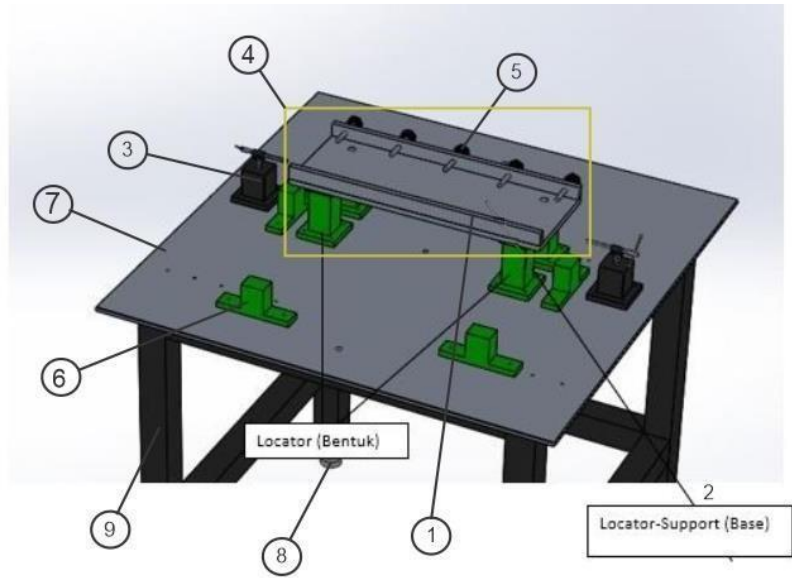


Gambar 4-14 (A) 3D View LG (B) 2D Drawing LG

Kesejajaran (*pararellism*) *linier guideway* pada sumbu X mesin perkakas CNC, permasalahan ini berlaku juga untuk *linier guideway* sumbu Z dan Y. LG acuan digunakan sebagai acuan untuk mengukur kesejajaran dengan LG *subsidiary*. Perhatikan proses urutan dalam pengencangan baut. **(Tabel 2-3)**

4.3 Hasil Perancangan Alat Bantu Perakitan

Perancangan alat bantu hanya untuk bagian sumbu X mesin perkakas CNC. Selain untuk menghemat biaya pembuatan, hal ini dikarenakan sumbu X mesin CNC dapat mewakili konsep demonstrasi proses perakitan untuk sumbu lainnya. Hasil perancangan alat bantu pegang perakitan terdapat beberapa komponen utama diantaranya, *jig* sumbu X, *locator support*, *locator pins*, *clamp*, meja *assembly*, dan *clamp gantry* mesin perkakas CNC. Meja Perakitan berukuran 800 mm x 800 mm, dengan tinggi meja 700 mm. Hasil dari desain perancangan alat bantu berorientasi untuk mempermudah pada saat perakitan.



Gambar 4-15 Desain Alat Bantu Perakitan

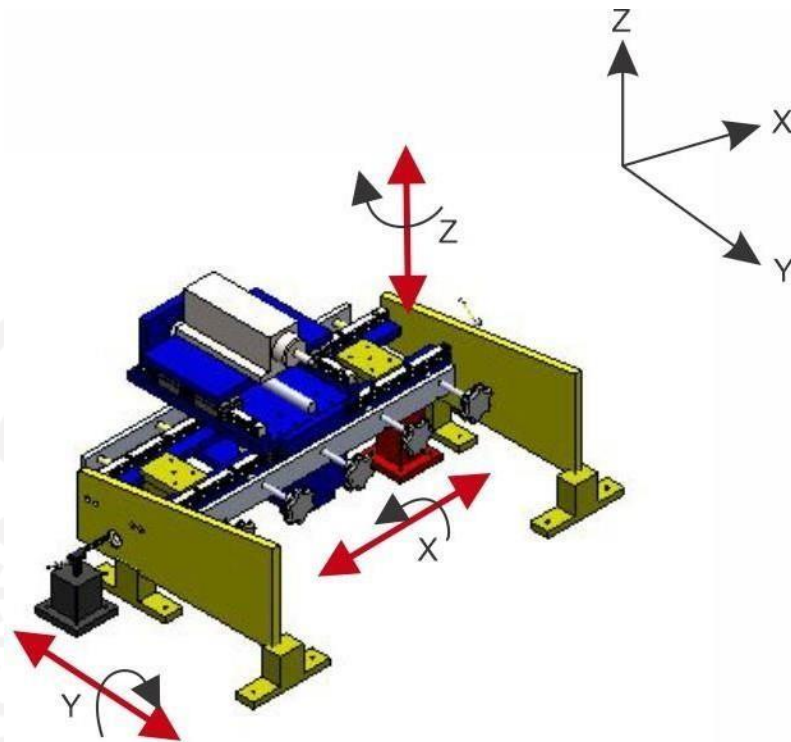


Gambar 4-16 Jig (Untuk Memposisikan) Sumbu X

Tabel 4-6 Fungsi Komponen-Komponen Assembly Fixtures

No	Komponen	Jumlah	Fungsi
1	<i>Locators pins</i>	5	Untuk memposisikan kedudukan LG sumbu X secara akurat dan presisi.
2	<i>Locator base (support)</i>	4	Untuk meminimalkan deformasi suatu komponen atau benda kerja pada saat proses perakitan
3	<i>Clamp gantry</i>	2	Untuk menahan suatu komponen atau benda kerja agar tetap berada diposisinya ketika mendapat gaya dari luar
4	Jig utama sumbu X	1	Agar dapat mencapai suatu posisi yang diinginkan pada suatu komponen pada saat proses perakitan.
5	<i>Clamp sumbu X</i>	5	Untuk menahan suatu komponen atau benda kerja agar tetap berada diposisinya ketika mendapat gaya dari luar
6	<i>Locator (support) Gantry</i>	4	Untuk meminimalkan deformasi suatu komponen atau benda kerja pada saat proses perakitan
7	Alas meja	1	Untuk alas pada saat proses perakitan
8	Pengatur ketinggian	4	Untuk mengatur ketinggian meja <i>assembly</i> agar mendapatkan kedataran meja yang baik
9	Rangka	1	Untuk menopang mesin perkakas pada saat proses perakitan.

4.4 Konfigurasi Alat Bantu Pegang Perakitan



Gambar 4-17 Konfigurasi Alat Bantu Perakitan

Dalam proses perancangan *Jig assembly* mempertimbangkan Konfigurasi dari sistem *fixture* atau alat bantu pegang pada perakitan yang terjadi untuk membatasi 6 DoF (*Diagram of Freedom*) pada proses perakitan, dimana *base jig* sebagai penahan arah translasi sumbu Z, dan dua buah arah pergerakan rotasi sumbu X (*rolling*) dan sumbu Y (*pitching*). *Clamping* dan *locator pins* sebagai penahan arah translasi sumbu Y dan arah pergerakan rotasi sumbu Z (*yawing*). *Clamp gantry* sebagai penahan arah translasi sumbu X.

4.5 Hasil Produksi dan Kendala

Setelah dilakukan observasi lapangan dan analisis selanjutnya dilakukan manufaktur alat bantu perakitan. Diperhatikannya proses pemilihan bahan maupun proses pemesinanya karena berorientasi sistem *fixture* atau *jig* ini difungsikan untuk mengurangi rambatan variasi toleransi yang terjadi pada proses perakitan

mesin perkakas. Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan pada proses manufaktur:

1. Besi *hollow* 40 mm x 40 mm
2. Alumunium 5052
3. Material PLA
4. *Steinless Steel*
5. Las listrik
6. Mesin CNC *Milling*
7. Mesin CNC *Waterjet*
8. Mesin 3D *Printing*
9. Mesin perkakas bubut
10. Alat *tapping* manual



Gambar 4-18 Hasil Manufaktur

4.5.1 Proses Pembuatan Rangka

Proses pembuatan rangka membutuhkan waktu 5 hari. Berbahan dasar besi *hollow* 40 mm x 40 mm dengan tinggi 70 cm. Gambar 4-19 adalah gambar hasil pembuatan rangka yang telah dilakukan.



Gambar 4-19 Rangka Meja Perakitan

4.5.2 Proses Pembuatan Pengatur Ketinggian

Proses pembuatan komponen pengatur ketinggian (Gambar 4-20) dengan material *steinless steel*. Setelah proses *drilling*/bubut yang dapat dilihat pada Gambar 4-21, dilakukan proses pengelasan dengan baut ulir M12. Kendala proses seperti sulitnya membuat ulir pada komponen pengatur ketinggian yang berbahan *steinless steel* untuk disambungkan dengan baut ulir M12. Oleh karena itu, proses penyambungannya dengan pengelasan langsung.



Gambar 4-20 Proses Mengatur Ketinggian Meja Perakitan



Gambar 4-21 Proses Bubut/*Drilling* Pengatur Ketinggian

4.5.3 Proses Pembuatan Alas Meja

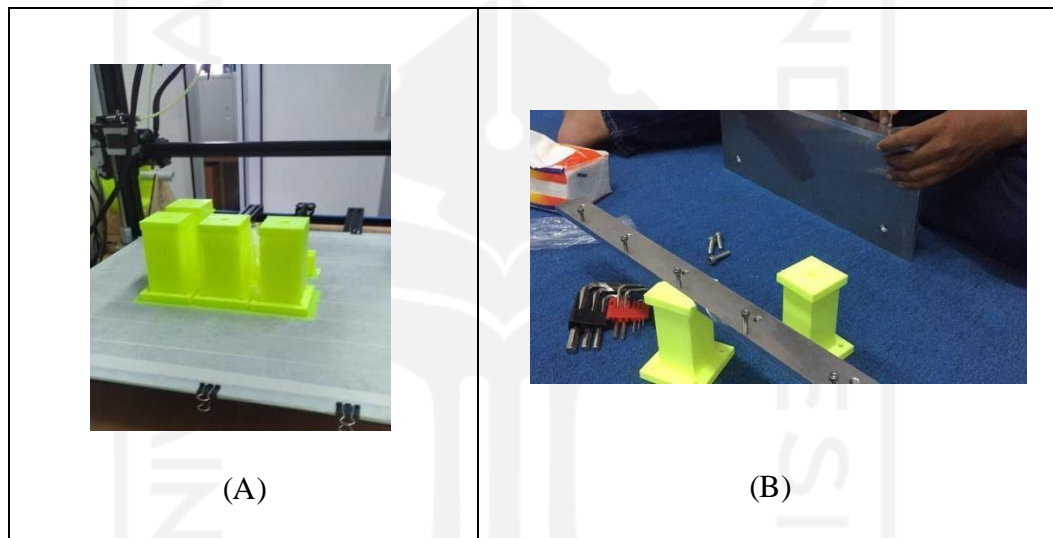
Pembuatan alas meja perakitan yang memiliki luas 800 mm x 800 mm dengan ketebalan 8 mm. Berikut merupakan proses *tapping* secara manual. Sebelum *di-tapping* secara manual pembuatan lubang pada alas dengan mesin CNC *Waterjet*. *Tapping* manual dilakukan karena sulitnya mencari mesin CNC *milling* yang memiliki luas area kerja besar. Kendala yang terjadi jika *tapping* manual tidak tegak lurus yaitu, hasil diameter ulir nya tidak seragam dan akan mempengaruhi orientasi dari *support jig* nantinya.



Gambar 4-22 Proses *Tapping* Manual

4.5.4 Proses Pembuatan Jig Sumbu X

Proses pembuatan *jig* utama sumbu X untuk komponen *base* dipotong dan di-*tapping* menggunakan mesin CNC Milling. Untuk komponen *support base* maupun *locator gantry* dibuat dengan material PLA dicetak menggunakan mesin 3D *Printing*. Kendala pada proses ini ketika hasil permukaan locator base (*support*) tidak rata, sehingga perlu dilakukan pengamplasan pada permukaan *locator base* (*support*). Hal ini karena orientasi bahwa setiap proses pengerjaan sistem *fixture* ataupun *jig* memerlukan tingkat ketelitian tinggi yang digunakan untuk merakit mesin perkakas yang juga memerlukan ketelitian yang tinggi.



Gambar 4-23 (A) 3D *Printing* Locator (B) Perakitan *Jig* Sumbu X

4.6 Hasil Pengukuran Kesejajaran Sumbu X

Untuk mengetahui permasalahan geometrik yang terjadi pada saat proses perakitan. Dilakukanlah pengukuran kesejajaran antar *linier guide* pada sumbu X yang telah dirakit ulang menggunakan alat bantu dan sebelum dirakit ulang. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *dial indicator* dengan nilai ketelitian 0,01 mm *dial indicator* dipasang pada *linear block* seperti pada gambar 4-23.



Gambar 4-24 Pengukuran kesejajaran

Proses pengencangan baut dilakukan dengan 3 jenis urutan yang berbeda, sesuai **tabel 2-3** urutan pengencangan baut yaitu *sequence 1, 2 dan 3*.

Tabel 4-7 Hasil Pengukuran Kesejajaran (*sequence 1*)

Jarak	Pembacaan pada Dial Indikator
30 mm	0
60 mm	0
90 mm	0
120 mm	0.01
150 mm	0.01
180 mm	0.01
210 mm	0.01
240 mm	0.01
270 mm	0.02
300 mm	0.02
330 mm	0.03
360 mm	0.03
390 mm	0.03
420 mm	0.04

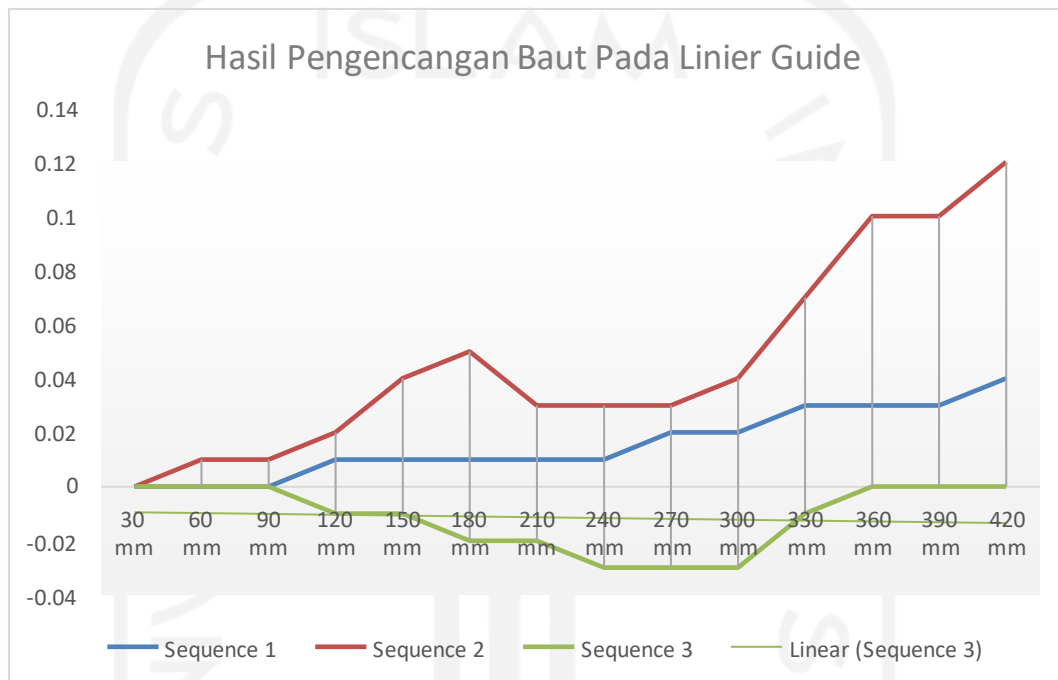
Tabel 4-8 Hasil Pengukuran Kesejajaran (*sequence 2*)

Jarak	Pembacaan pada Dial Indikator
30 mm	0
60 mm	0.01
90 mm	0.01
120 mm	0.02
150 mm	0.04
180 mm	0.05
210 mm	0.03
240 mm	0.03
270 mm	0.03
300 mm	0.04
330 mm	0.07
360 mm	0.10
390 mm	0.10
420 mm	0.12

Tabel 4-9 Hasil Pengukuran Kesejajaran (*sequence 3*)

Jarak	Pembacaan pada Dial Indikator
30 mm	0
60 mm	0
90 mm	0
120 mm	-0.01
150 mm	-0.01
180 mm	-0.02
210 mm	-0.02
240 mm	-0.03

270 mm	-0.03
300 mm	-0.03
330 mm	-0.01
360 mm	0
390 mm	0
420 mm	0



Gambar 4-25 Hasil Pengukuran Kesejajaran Tiga Variasi Urutan Pengencangan Baut

Bedasarkan Gambar 4-25 hasil pengencangan baut dengan variasi urutan pengencangannya, didapatkan hasil toleransi kesalahan kesejajaran terendah urutan pengencangan baut ke-3 (*sequence 3*) dengan nilai toleransi 0.03 mm.

4.7 Hasil Penilaian Peraga Alat Bantu

Setelah dilakukan pembuatan alat bantu dan alur perakitan, dilakukanlah penilaian oleh produsen untuk mengetahui apakah peraga alat bantu ini sudah cukup memudahkan proses perakitan. Penilaian ini dilakukan oleh 2 produsen mesin perkakas CNC. Cara pengambilan data dengan mengunjungi produsen mesin perkakas CNC dengan cara wawancara langsung. Pertama, dilakukanlah pemaparan singkat terkait alur dan cara perakitan mesin perkakas CNC. Kedua, menayangkan video hasil perakitan yang telah dibuat. Berikut pertanyaan yang diajukan pada saat proses wawancara (1) Apakah anda memahami alur perakitan mesin perkakas CNC ini menggunakan alat bantu perakitan? (2) Menurut anda apakah alur perakitan ini telah sesuai? Bagaimana komentar anda (3) Apakah alur perakitan yang dibuat memudahkan proses perakit? (4) Apakah alat bantu perakitan memudahkan proses perakitan?

Hasil Penilaian secara umum cukup memahami dan cukup memudahkan. Dengan catatan, penggunaan jig akan terlihat lebih maksimal, jika komponen mesin diproduksi dengan mesin toleransi yang baik dan pengawasan nilai toleransi yang dihasilkan oleh komponen. Hasil dapat dilihat berupa bentuk tangkapan layar *form* kuisisioner (**terlampir**) yang diajukan pada saat wawancara langsung.



Gambar 4-26 Tangkapan Layar Video Perakitan Ulang

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan serangkaian penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan hasil kesimpulan sebagai berikut :

1. Diketahuinya permasalahan geometrik kesejajaran yang terjadi pada saat proses perakitan mesin perkakas CNC Router 3 Axis pada sumbu X. Dengan didapatnya nilai toleransi kesejajaran 0.03 mm antar *linier guideway* menggunakan *jig* dengan metode urutan pengencangan ke-2.
2. Telah dibuat alat bantu perakitan sumbu X yang dapat memudahkan proses perakitan mesin perkakas CNC Router 3 axis.
3. Telah dibuat alur perakitan mesin perkakas CNC Router 3 Axis yang dapat memudahkan proses perakitan.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

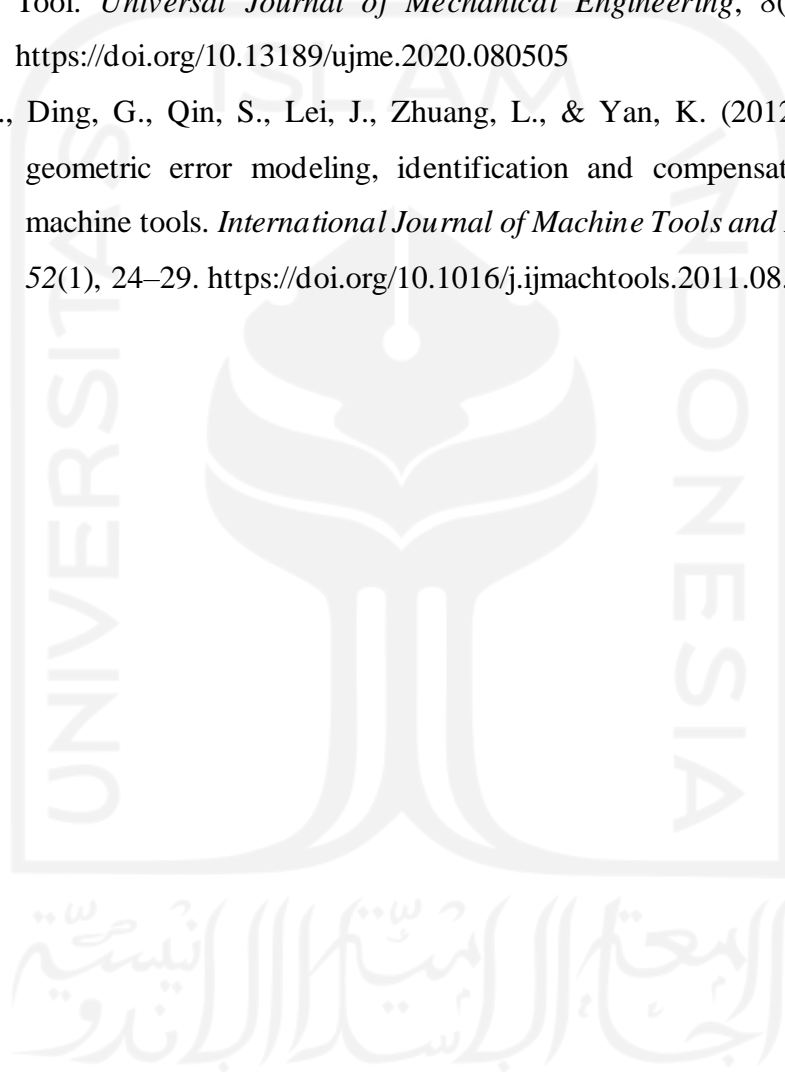
Setelah seluruh proses penelitian selesai dilakukan, peneliti memberikan beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Membuat alur proses verifikasi nilai toleransi geometrik (Kesejajaran dan ketegaklurusan antar sumbu) pada mesin perkakas.
2. Melakukan penyempurnaan *jig* yang telah dibuat
3. Melakukan penelitian dan pembuatan mesin perkakas CNC satu sumbu saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Anon, *Engineer Essentials* - creators of GD&T Basics. *GDT Basics*. Tersedia: <https://www.gdandtbasics.com/gdt-symbols/> [Diakses Maret 13, 2022]
- Bi, Z., & Wang, X. (2020). *Computer Aided Design and Manufacturing* (1st ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119667889>
- Manual Assembly Guide Linier.pdf. (n.d.).
- Guo, J., Liu, Z., Li, B., & Hong, J. (2015). Optimal tolerance allocation for precision machine tools in consideration of measurement and adjustment processes in assembly. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 80(9–12), 1625–1640. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7122-2>
- Han, Z. Y., Jin, H. Y., Liu, Y. L., & Fu, H. Y. (2013). A Review of Geometric Error Modeling and Error Detection for CNC Machine Tool. *Applied Mechanics and Materials*, 303–306, 627–631. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.303-306.627>
- Holub, M. (2019). Geometric Accuracy of Machine Tools. In J. P. Davim (Ed.), *Measurement in Machining and Tribology* (pp. 89–112). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03822-9_3
- ISO 1101:2017(E) Geometrical Product Specification (GPS)
- Jigs and Fixtures Design Manual 2nd Ed. By Prakash H- By EasyEngineering.net.pdf*. (n.d.).
- Kwintarini, W., Wibowo, A., Martawirya, Y. Y., & Arthaya, B. M. (2016). *Memperkirakan kesalahan geometrik linear guideway di mesin CNC milling vertikal tiga-sumbu*. 7.
- Prakosa, T., Wibowo, A., Yuwana, Y., & Nurhadi, I. (2010). *PENGUJIAN KETELITIAN GEOMETRIK MESIN PERKAKAS CNC MILLING VERTIKAL BUATAN DALAM NEGERI*. 6.
- Syam, W. (2017). Metrologi Manufaktur Pengukuran geometri dan analisis ketidakpastian
- Syam, W. (2019). Toleransi Dimensi dan Geometri Analisis rantai variasi dalam proses perakitan produk.

- The International Academy for Production Engineering, Laperrière, L., & Reinhart, G. (Eds.). (2014). *CIRP Encyclopedia of Production Engineering*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-20617-7>
- Tseng, L. W., Wu, C. Y., Tsai, H. Y., Chung, C. H., & Huang, W. L. (2020). The Effect of Bolt Locking Sequences and Anchor Bolt Design on Machine Tool. *Universal Journal of Mechanical Engineering*, 8(5), 276–286. <https://doi.org/10.13189/ujme.2020.080505>
- Zhu, S., Ding, G., Qin, S., Lei, J., Zhuang, L., & Yan, K. (2012). Integrated geometric error modeling, identification and compensation of CNC machine tools. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 52(1), 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2011.08.011>



LAMPIRAN

Responses cannot be edited

Form Penilaian Peraga Alat Bantu Perakitan

Perkenalkan saya Angga Donny Pratama, mahasiswa Teknik Mesin UII. Saya membutuhkan bantuan anda untuk memberikan tanggapan mengenai alur perakitan mesin perkakas CNC yang telah saya buat.

Terimakasih ☺

* Required

Form Penilaian Peraga Alat Bantu Perakitan

Nama *

Dhany Kuncoro R.

*

Sangat menarik dan membantu saat proses perakitan mesin cnc router

Apakah anda memahami alur perakitan mesin perkakas CNC dengan menggunakan alat bantu perakitan yang telah dibuat *

Sudah Memahami

Cukup Memahami

menurut anda apakah alur dan cara perakitan ini telah sesuai? bagaimana komentar anda *

Sudah sangat sesuai dan lebih mudah dalam perakitan

menurut anda apakah ALUR DAN CARA perakitan yang dibuat bisa memudahkan proses perakitan *

memudahkan

cukup memudahkan

Other: _____

menurut anda apakah alat bantu (jig) yang dibuat memudahkan proses perakitan *

sangat memudahkan

Hasil Kuisoner

Responses cannot be edited

Form Penilaian Peraga Alat Bantu Perakitan

Perkenalkan saya Angga Donny Pratama, mahasiswa Teknik Mesin UII. Saya membutuhkan bantuan anda untuk memberikan tanggapan mengenai alur perakitan mesin perkakas CNC yang telah saya buat.

Terimakasih ☺

* Required

Form Penilaian Peraga Alat Bantu Perakitan

Nama *

Joko

*

Solo

Apakah anda memahami alur perakitan mesin perkakas CNC dengan menggunakan alat bantu perakitan yang telah dibuat *

menurut anda apakah alur dan cara perakitan ini telah sesuai? bagaimana komentar anda *

Sudah, namun jig dapat digunakan dengan baik jika komponen cnc dilakukan juga dengan proses machining center dengan baik

menurut anda apakah ALUR DAN CARA perakitan yang dibuat bisa memudahkan proses perakitan *

memudahkan

cukup memudahkan

Other: Memudahkan mas, contohnya pada proses pengencangan baut dan pemasangan motor spindle

menurut anda apakah alat bantu (jig) yang dibuat memudahkan proses perakitan *

sangat memudahkan

cukup memudahkan

4.4 Mounting surface accuracy tolerances

4.4.1 Tolerance of the mounting surface of the rail

Once the precision requirements for the mounting surface have been fulfilled, the high precision and rigidity of the linear guideways can be achieved without problems. In order to ensure quick assembly and smooth movement, HIWIN offers linear guideways with light preload (Z0) which compensate deviations on the mounting surface over a wide area.

NOTE

Please note:

If the displacement forces of the blocks increase sharply after assembly, tension is very likely present. If this is the case, check the mounting surfaces for contaminants and burrs, as well as the permissible accuracy tolerances.

4.4.1.1 HG and QH series

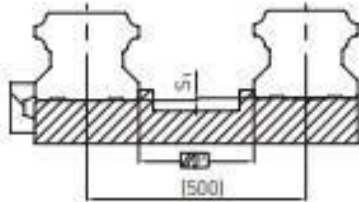


Fig. 4.14 Parallelism of the reference surface P – HG/QH series

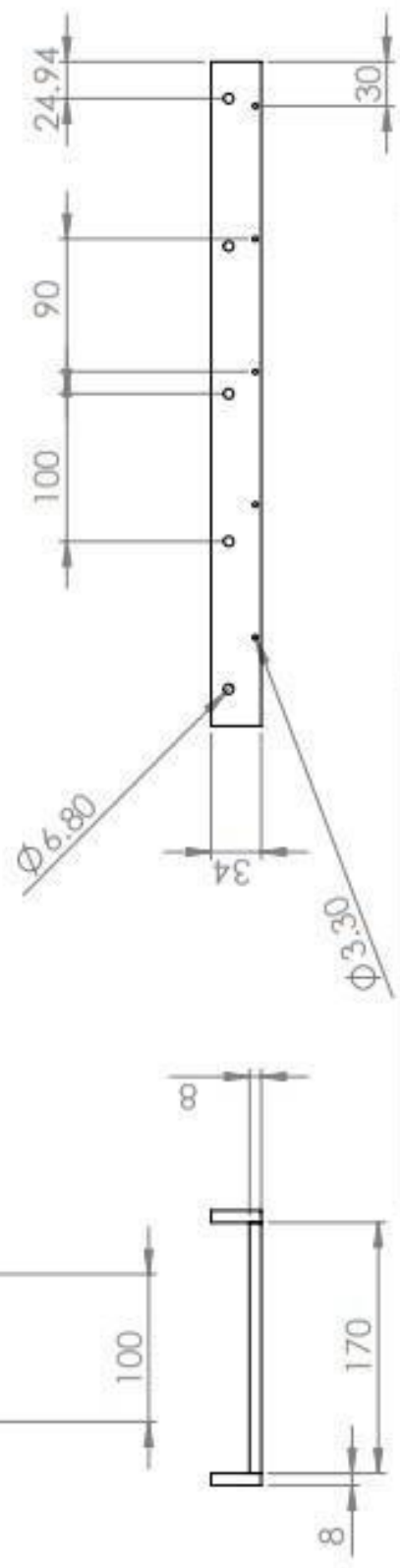
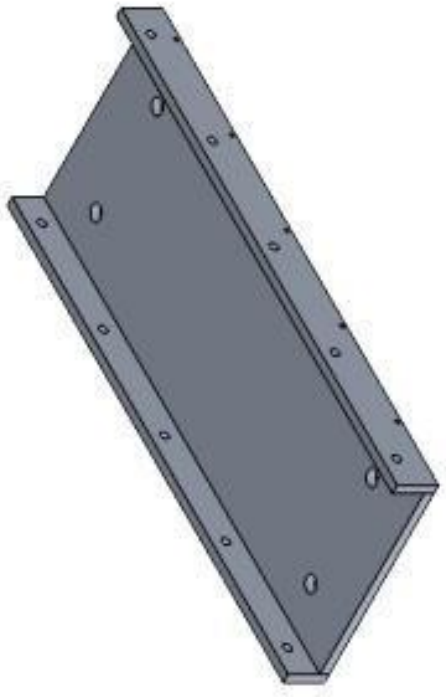
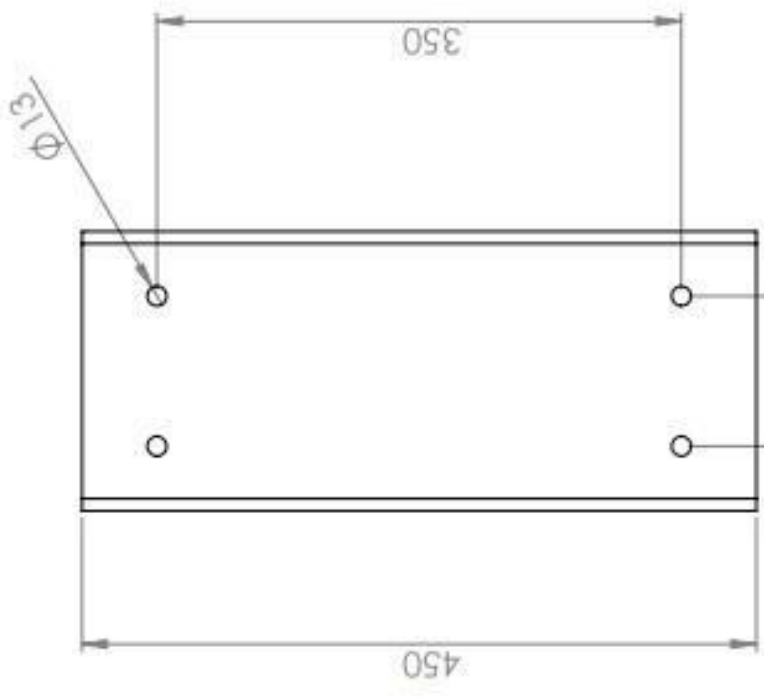
Table 4.3 Maximum tolerances for the parallel alignment (P) – HG/QH series

Series/size	Preload class		
	Z0	ZA	ZB
HG/QH_15	25	18	—
HG/QH_20	25	20	18
HG/QH_25	30	22	20
HG/QH_30	40	30	27
HG/QH_35	50	35	30
HG/QH_45	60	40	35
HG_55	70	50	45
HG_65	80	60	55

Unit: μm

الجزء البلاستيكي

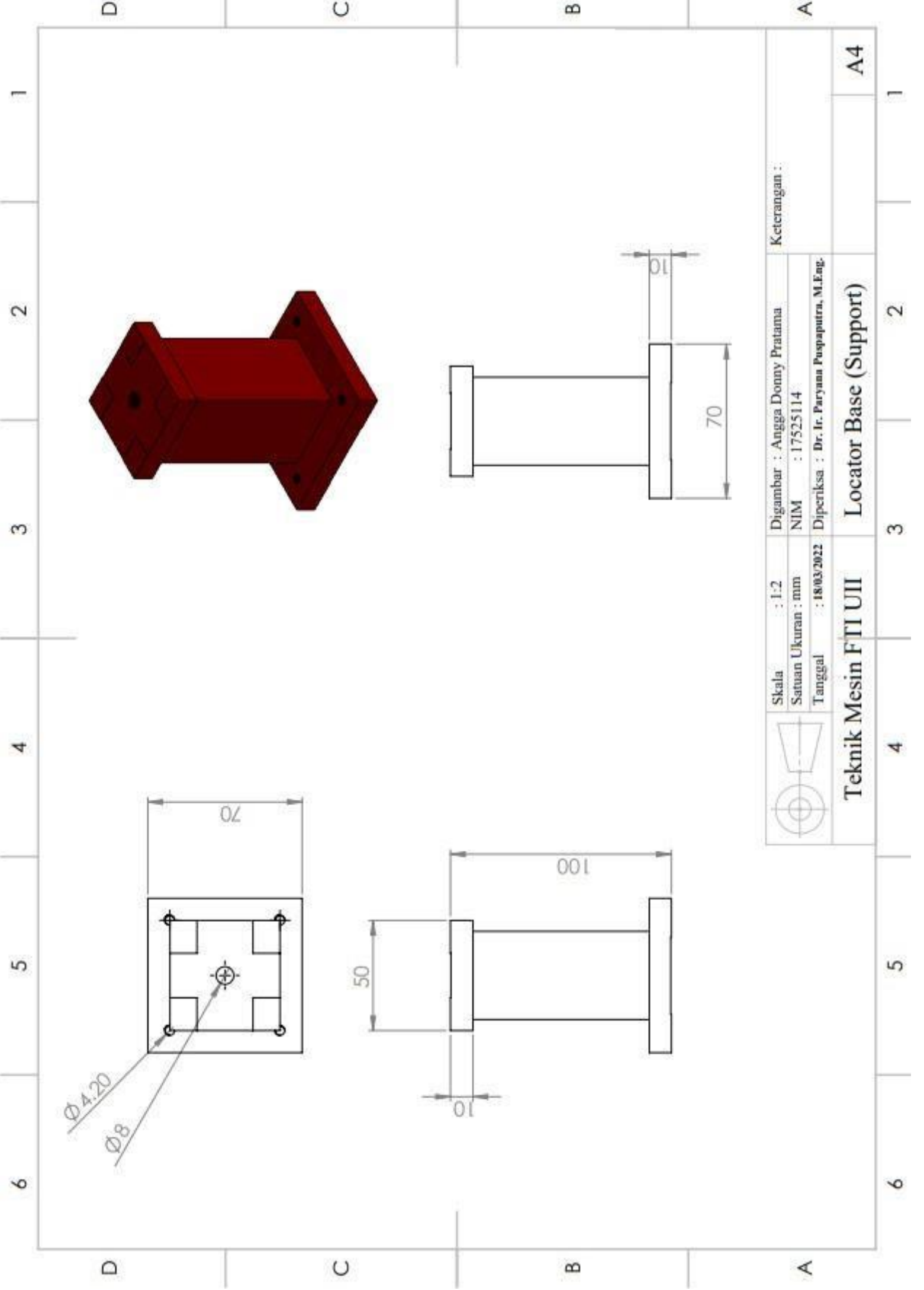
Rekomendasi Nilai Toleransi Kesejajaran



	Skala : 1:5	Digambar : Angga Donny Pratama	Keterangan :
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17525114	
	Tanggal : 21/03/2022	Diperiksa : Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.	
Teknik Mesin FTI UII		Jig Sumbu X	A4

6 5 4 3 2 1

6 5 4 3 2 1



Keterangan :

Digambar : Angga Donny Pratama

NIM : 17525114

Diperiksa : Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

Skala : 1:2

Satuan Ukuran : mm

Tanggal : 18/03/2022

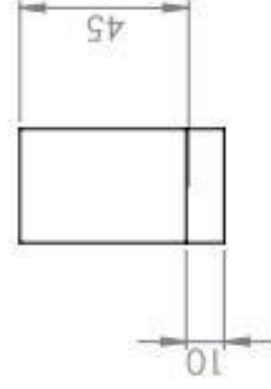
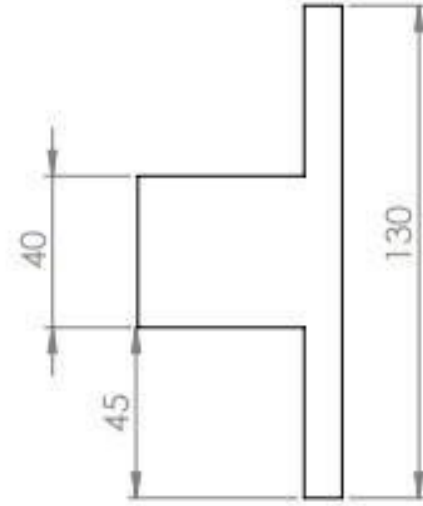
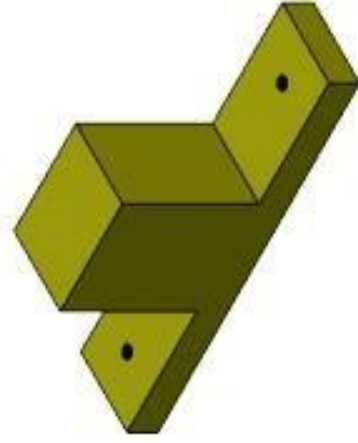
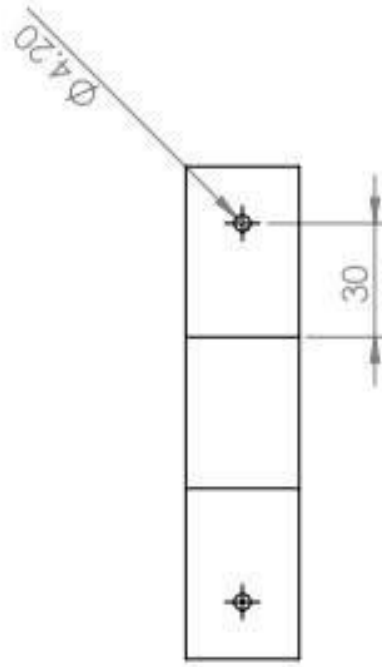


Teknik Mesin FTI UII

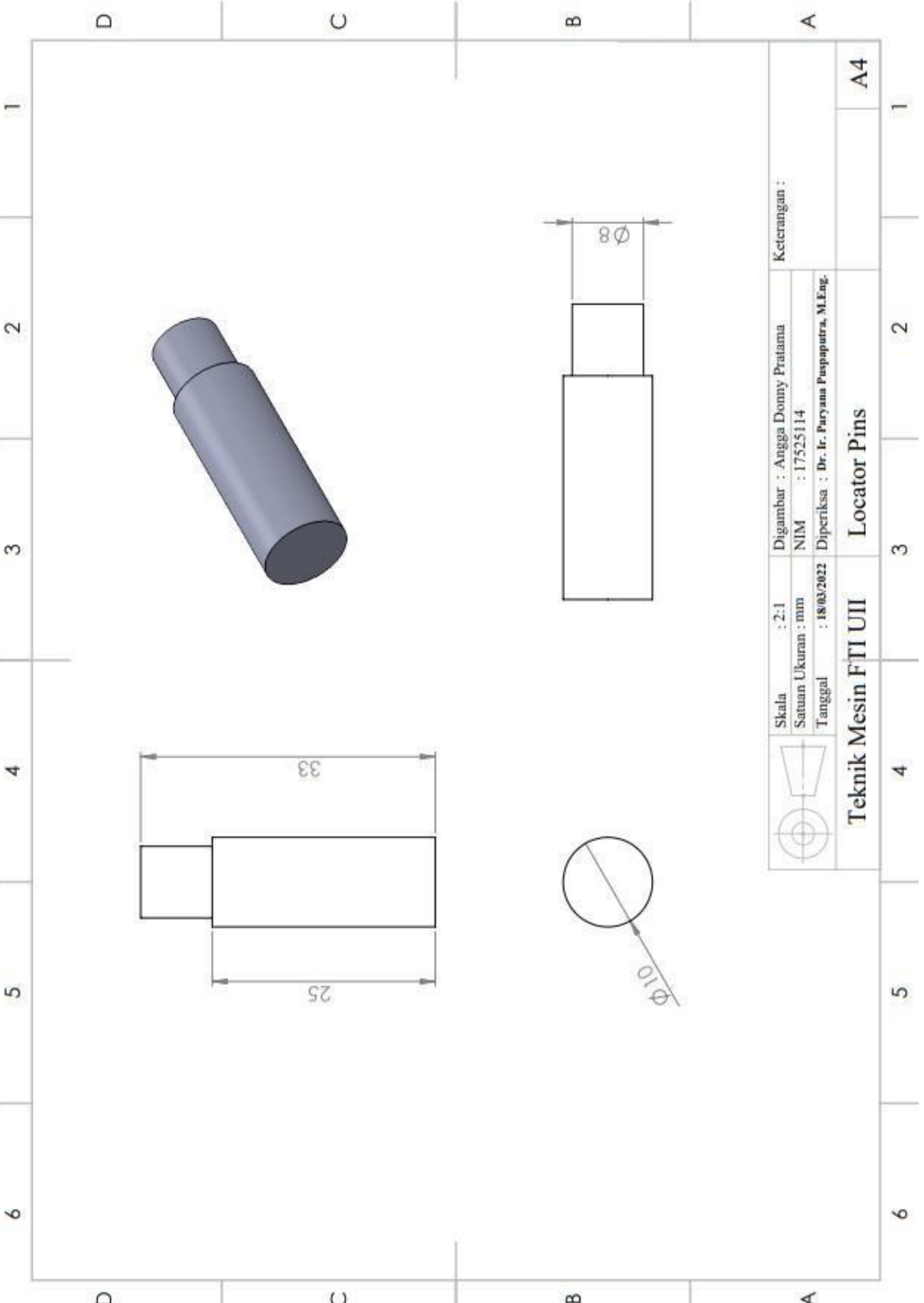
Locator Base (Support)

A4

1 2 3 4 5 6 1 2 3 4 5 6



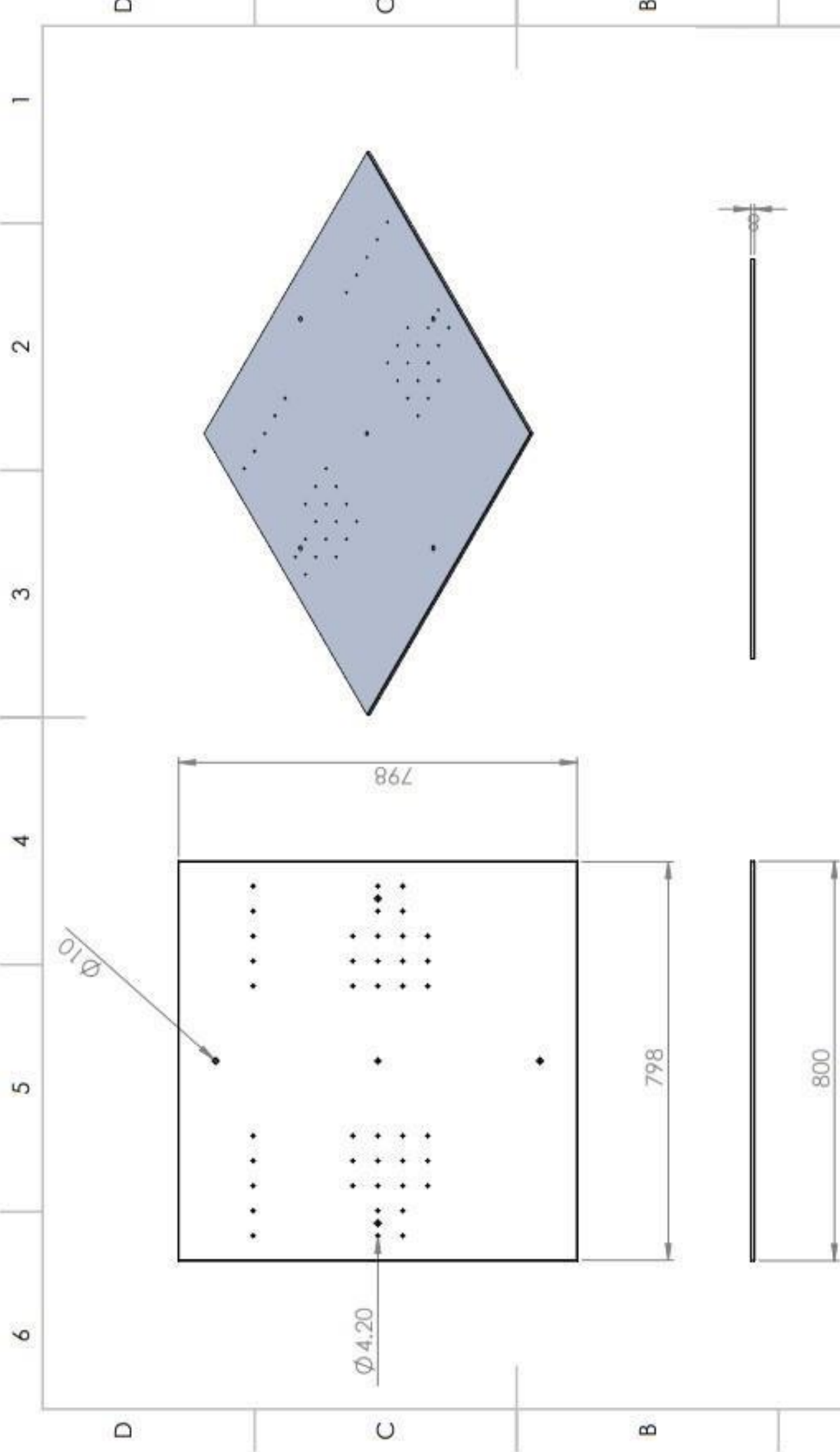
	Skala : 1:2	Digambar : Angga Donny Pratama	Keterangan :	
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17525114		
	Tanggal : 18/05/2022	Diperiksa : Dr. Ir. Paryana Puspapatra, M.Eng.		
Teknik Mesin FTI UIR		Locator Gantry		A4



	Skala : 2:1	Digambar : Angga Donny Pratama	Keterangan :
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17525114	
	Tanggal : 18/03/2022	Diperiksa : Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.	

Teknik Mesin FTI UII			Locator Pins	A4
----------------------	--	--	--------------	----

6	5	4	3	2	1
---	---	---	---	---	---



	Skala : 1:10	Digambar : Angga Donny Pratama	Keterangan :		
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17525114			
	Tanggal : 18/03/2022	Diperiksa : Dr. Ir. Paryana Puspapatra, M.Eng.			
Teknik Mesin FTI UI		Alas Meja Assembly		A4	
6	5	4	3	2	1