

***ASSESSMENT VOLUMETRIC ERROR BERDASARKAN
PENYIMPANGAN GEOMETRI PADA MESIN PERKAKAS CNC
IKX-DELTA***

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
Menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh
Hendi Xaverius
219411008



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MANUFAKTUR
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul
Assessment Volumetric Error Berdasarkan Penyimpangan Geometri
pada Mesin Perkakas CNC IKX-DELTA

Oleh:
Hendi Xaverius
219411008

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 30 Agustus 2023

Disetujui,

Pembimbing I,



Dr. Herman Budi Harja, S.T., M.T.
NIP. 196111201988031003

Pembimbing II,

Risky Ayu Febriani, S.Tr., M.Sc.
NIP. 199402052022032010

Disahkan,

Penguji I,

Penguji II,

Penguji III,

Otto Purnawarman, ST.,MT.
NIP. 196207101989031004

Novi Saksono B. M.,ST., MT.
NIP. 196711251992031002

Moch. Sadiyo, SST.
NIP. 197301032003121001

PERNYATAAN ORSINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hendi Xaverius
NIM : 219411008
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma Empat (D - IV)
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : *Assessment Volumetric Error* Berdasarkan Penyimpangan Geometri pada Mesin Perkakas CNC IKX-DELTA

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 30 Agustus 2023
Yang Menyatakan,

Hendi Xaverius
NIM. 219411008

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hendi Xaverius
NIM : 219411008
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma Empat (D - IV)
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : *Assessment Volumetric Error* Berdasarkan Penyimpangan Geometri pada Mesin Perkakas CNC IKX-DELTA

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal :30 Agustus 2023
Yang Menyatakan,

Hendi Xaverius
NIM. 219411008

MOTO PRIBADI

Hari kemarin sudah hilang.

Hari esok belum datang.

Kita hanya memiliki hari ini.

Mari kita mulai.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk diri saya sendiri, kedua orangtua serta abang dan kakak tercinta, dosen pembimbing, rekan, teman-teman serta semua pihak yang membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa atas petunjuk dan pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “*Assessment Volumetric Error Berdasarkan Penyimpangan Geometri pada Mesin Perkakas CNC IKX-DELTA*”. Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Mardianto Sagala, Nurhaida Sijabat, abang-abang dan kakak-kakak yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Mohammad Nurdin, ST., M.A.B.
3. Ketua Jurusan Teknik Manufaktur, Bapak Jata Budiman, SST., MT.
4. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Bapak Haris Setiawan, SST., MT.
5. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Dr. Herman Budi Harja, ST., MT., dan Ibu Risky Ayu Febriani, S.Tr., M.Sc.
6. Para Penguji siding tugas akhir Bapak Otto Purnawarman, ST.,MT., Bapak Novi Saksono Brodjo Muhadi,ST., MT., dan Bapak Moch. Sadiyo, SST.

7. Rekan-rekan kelas 4 MED'19 selaku teman seperjuangan yang bersedia selalu memberikan motivasi setiap harinya.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua.

Bandung, Agustus 2022

Penulis

ABSTRAK

Kualitas sebuah produk dihasilkan oleh mesin produksi yang bekerja dengan optimal, khususnya mesin-mesin perkakas akurat dan presisi seperti mesin CNC (*Computer Numerical Control*) IKX-DELTA yang diproduksi oleh POLMAN-Bandung. Untuk menjamin kinerja mesin yang optimal perlu dilakukannya kegiatan pemeriksaan dengan mengukur penyimpangan geometri mesin perkakas CNC. Kinerja atau keakuratan mesin perkakas dapat ditentukan oleh pengujian volumetric error secara tiga dimensi dimana kesalahan-kesalahan tersebut disebabkan oleh penyimpangan geometri mesin. *Volumetric error test*/diagonal displacement test didapatkan melalui mengukur penyimpangan geometri mesin dengan alat ukur laser interferometer. Penyimpangan volumetrik pada mesin IKX-DELTA diukur berdasarkan *working volume* berbentuk prisma segiempat atau balok yang berada pada MCS X: -65,0 s.d. -340,0 ; MCS Y: 90,0 s.d. 240,0 ; MCS Z : -10 s.d. -260. Penyimpangan volumetrik dicari dengan standar ISO 230-6:2002. Adapun besar penyimpangan volumetrik untuk pemosisian dan keterulangan, kelurusan horizontal, kelurusan vertikal, *angular pitch*, dan *angular yaw* secara berturut-turut berdasarkan standar ISO 230-6:2002 sebesar 102,86 μm , 14,25 μm , 11,51 μm , 63,38 μm , dan 44,13 μm .

Kata Kunci : mesin CNC IKX-DELTA, penyimpangan geometri, volumetric error, laser interferometer.

ABSTRACT

The quality of a product is produced by production machines that work optimally, especially accurate and precise machine tools such as IKX-DELTA CNC (Computer Numerical Control) machines produced by POLMAN-Bandung. To ensure optimal machine performance, it is necessary to conduct inspection activities by measuring the geometric deviation of CNC machine tools. The performance or accuracy of the machine tool can be determined by volumetric error testing in three dimensions where the errors are caused by geometric deviations of the machine. The volumetric error test/diagonal displacement test was obtained by measuring the deviation of the machine geometry with a laser interferometer. The volumetric error on the IKX-DELTA machine is measured based on the working volume of a rectangular prism located at MCS X: -65.0 to -340.0; MCS Y: 90.0 to 240.0; MCS Z: -10 to -260. Volumetric accuracy is determined using the ISO 230-6:2002 standard. The amount of volumetric deviation for positioning and repeatability, horizontal straightness, vertical straightness, angular pitch, and angular yaw respectively based on ISO 230-6:2002 standard is 102.86 μm , 14.25 μm , 11.51 μm , 63.38 μm , and 44.13 μm .

Keywords: IKX-DELTA CNC machine, geometry accuracy, volumetric accuracy, laser interferometer.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORSINALITAS	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI).....	iii
MOTO PRIBADI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
I. BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang.....	I-1
I.2 I.2 Rumusan Masalah	I-2
I.3 Batasan Masalah.....	I-2
I.4 Tujuan.....	I-3
I.5 Sistemika Penulisan.....	I-3
II. BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
II.1 Mesin CNC (Computer Numerical Control) Milling Vertikal 3 Axis	II-1
II.2 Penyimpangan Pada Mesin Perkakas	II-1
II.3 Penyimpangan Geometri Pada Mesin Perkakas	II-3
II.3.1 Penyimpangan Pemosisian dan Keterulangan Sumbu Linear.....	II-4

II.3.2	Penyimpangan Kelurusan Pada Sumbu Mesin	II-5
II.3.3	Penyimpangan Angular Pada Sumbu Mesin.....	II-6
II.3.4	Penyimpangan Ketegaklurusan Antar Sumbu	II-7
II.3.5	Rotational Error.....	II-8
II.4	Penyimpangan Volumetri Pada Mesin Perkakas.....	II-9
II.5	Ruang Lingkup Standarisasi.....	II-11
II.5.1	ISO 230-1:2012.....	II-11
II.5.2	ISO 230-2:2006.....	II-12
II.5.3	ISO 10791-2:2001	II-18
II.5.4	ISO 10791-4:1998.....	II-20
II.5.5	ISO 230-6:2002.....	II-22
II.5.6	ISO 10791-7-2020.....	II-25
II.6	Laser Interferometer	II-26
III.	BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	III-1
III.1	Diagram Alir Penelitian.....	III-1
III.2	Alat Penelitian	III-3
III.2.1	Objek Mesin Uji.....	III-3
III.2.2	Laser Interferometer.....	III-4
III.3	Parameter Pengukuran pada Software.....	III-4
III.3.1	Parameter Pengukuran Penyimpangan Pemosisian dan Keterulangan Sumbu Linear.....	III-8
III.3.2	Parameter Pengukuran Penyimpangan Kelurusan Sumbu Mesin	III-9
III.3.3	Parameter Pengukuran Penyimpangan Angular Sumbu Mesin	III-10
III.4	Perbandingan Dengan Spesimen Uji <i>Cutting</i>	III-10

III.5	Perhitungan <i>Volumetric Error</i>	III-14
IV.	BAB IV PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA.....	IV-1
IV.1	Hasil Pengukuran Dengan Beban Spesimen Uji <i>Cutting</i> Benda Standar ISO 10791-7:2014 <i>Circle Diamond Square Test</i>	IV-1
IV.2	Hasil Pengukuran Tanpa Beban Menggunakan Laser Interferometer	IV-1
IV.2.1	Hasil Pengukuran Penyimpangan Pada Sumbu-X	IV-1
IV.2.2	Hasil Pengukuran Penyimpangan Pada Sumbu-Y	IV-1
IV.2.3	Hasil Pengukuran Penyimpangan Pada Sumbu-Z.....	IV-2
IV.3	Hasil Evaluasi Pengukuran Berdasarkan Standar ISO 230-2:2006.....	IV-2
IV.4	Status Penyimpangan Geometri Keseluruhan	IV-3
IV.5	Nilai Penyimpangan Individual.....	IV-4
IV.6	<i>Volumetric Error</i>	IV-6
V.	BAB V KESIMPULAN.....	V-1
V.1	Kesimpulan.....	V-1
V.2	Saran.....	V-1
	DAFTAR PUSTAKA	xvi

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 CNC WELE AQ850/1050 Vertical Milling Machine [8]	II-1
Gambar II. 2 Ilustrasi Penyimpangan Pemosisian	II-4
Gambar II. 3 Ilustrasi Penyimpangan Kelurusan	II-5
Gambar II. 4 Ilustrasi Penyimpangan Angular	II-6
Gambar II. 5 Ilustrasi Rotational Error	II-8
Gambar II. 6 Prinsip Laser Interferometer	II-10
Gambar II. 7 Diagonal Ruang dari Prisma Segiempat	II-22
Gambar II. 8 Diagonal Bidang Dari Prisma Segiempat	II-23
Gambar II. 9 Evaluasi dari E_i dan B_i	II-24
Gambar II. 10 Test Piece-Feature Nomenclature ISO 10791-7:2014	II-25
Gambar II. 11 Ilustrasi Penggunaan Laser Interferometer	II-27
Gambar III. 1 Diagram Alir Proses Penelitian	III-1
Gambar III. 2 Mesin CNC IKX-DELTA	III-3
Gambar III. 3 Tampilan Awal Software Carto Capture	III-5
Gambar III. 4 Set Up Parameter Pengukuran pada Tab Menu Machine	III-7
Gambar III. 5 Set Up Parameter Pengukuran pada Tab Menu Targets	III-7
Gambar III. 6 Set Up Parameter Pengukuran pada Tab Menu Generate	III-8
Gambar III. 7 Dimensi Benda Uji Cutting	III-11
Gambar III. 8 Penempatan WCS dan MCS Benda Uji Cutting	III-13
Gambar IV. 1 Nilai toleransi Circle Diamond Square Test Tipe M1_80	IV-1
Gambar IV. 2 Grafik Penyimpangan Pemosisian dan Kelurusan Sumbu-X	IV-4
Gambar IV. 3 Grafik Penyimpangan Pemosisian dan Kelurusan Sumbu-Y	IV-5
Gambar IV. 4 Grafik Penyimpangan Pemosisian dan Kelurusan Sumbu-Z	IV-5
Gambar IV. 5 Visualisasi MCS Pengukuran	IV-7
Gambar IV. 6 Diagonal Ruang dan Muka Penyimpangan Pemosisian dan Keterulangan	IV-8
Gambar IV. 7 Working Volume Akibat Penyimpangan Volumetrik	IV-8

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Jenis Kesalahan Geometri Mesin Perkakas.....	II-3
Tabel II. 2 Persyaratan Ketelitian Geometri Berdasarkan ISO 10791-2:2001	II-19
Tabel II. 3 Persyaratan Ketelitian Geometri Berdasarkan ISO 10791-4:1998	II-20
Tabel II. 4 Persyaratan Ketelitian Geometri Sumbu Rotasi Berdasarkan ISO 10791-4:1998.....	II-21
Tabel II. 5 Toleransi circle diamond square test untuk tipe M1_80 test piece	II-26
Tabel III. 1 Penjelasan Diagram Alir.....	III-2
Tabel III. 2 Spesifikasi Mesin CNC IKX-DELTA	III-3
Tabel III. 3 Parameter Pengukuran Penyimpangan Pemosisian dan Keterulangan Sumbu Linear	III-8
Tabel III. 4 Parameter Pengukuran Penyimpangan Kelurusan Mesin.....	III-9
Tabel III. 5 Parameter Pengukuran Penyimpangan Angular	III-10
Tabel III. 6 Peralatan dan Bahan Uji Cutting	III-12
Tabel III. 7 Penempatan WCS dan MCS Benda uji <i>cutting</i>	III-13
Tabel IV. 1 Hasil Pengukuran 6 Spesimen Benda Uji Cutting Pada Mesin CMM	IV-1
Tabel IV. 2 Status Penyimpangan Geometri Pada Benda Uji Cutting.....	IV-3
Tabel IV. 3 Raw Data Penyimpangan-penyimpangan pada Sumbu-X.....	IV-1
Tabel IV. 4 Raw Data Penyimpangan-penyimpangan pada Sumbu-Y	IV-2
Tabel IV. 5 Raw Data Penyimpangan-penyimpangan pada Sumbu-Z	IV-2
Tabel IV. 6 Hasil Evaluasi Pengukuran	IV-3
Tabel IV. 7 Status Penyimpangan Geometri Untuk Setiap Jenis Pengukurannya .	IV-3
Tabel IV. 8 Hasil Penyimpangan Individual Sumbu-X	IV-6
Tabel IV. 9 Hasil Penyimpangan Individual Sumbu-Y	IV-6
Tabel IV. 10 Hasil Penyimpangan Individual Sumbu-Z.....	IV-6

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Komponen Laser Interferometer
LAMPIRAN B	Diagonal Ruang dan Bidang Penyimpangan Kelurusan dan Angular

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pada awal tahun 2019 POLMAN-Bandung memulai untuk produksi CNC. Proses produksi ditujukan untuk menghasilkan mesin CNC kecil/*mini* yang nantinya akan didistribusikan ke SMK-SMK di Indonesia untuk dijadikan media pembelajaran dan ditujukan juga kepada pelaku pasar industri skala kecil dengan harga yang lebih rendah daripada merk ternama namun diharapkan memiliki kualitas yang serupa.

Progres tahapan produksi mesin *CNC Milling 3 Axis* buatan POLMAN-Bandung telah mencapai Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) level 6 yaitu validasi modul dan/atau sub sistem dalam lingkungan “*end-to-end*” (*end-to-end environment*) yang relevan. Selanjutnya, diperlukannya penelitian lanjutan untuk meningkatkan level TKT menjadi level 7 yaitu demonstrasi prototipe sistem dalam lingkungan operasional atau lingkungan akurasi tinggi dan level 8 yaitu sistem secara aktual telah lengkap dan memenuhi syarat melalui pengujian dan demonstrasi dalam lingkungan operasional/aplikasi sebenarnya [1].

Dengan melakukan uji kesalahan/*error* pada mesin, akan didapatkan hasil benda kerja yang selalu presisi dan optimal. Dikarenakan memiliki banyak kelebihan dalam pengukuran dengan kepresisian tinggi, *laser interferometer test* banyak digunakan untuk mengukur *volumetric error* [2]. Uji kesalahan mesin dilakukan ketika mesin tersebut diproduksi atau dilakukan secara berkala ketika mesin sudah dipakai untuk produksi. Dalam konteks diatas uji kesalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah menganalisa *volumetric error* mesin *CNC Milling 3 Axis* buatan POLMAN-Bandung.

Keakuratan dalam memproduksi benda produksi/kerja merupakan hal utama yang harus diperhatikan dalam proses pemesinan dan tergantung pada sejumlah

kesalahan seperti suhu (*temperature*), getaran (*vibration*), akurasi rotasi spindel, kelurusan (*straightness*) *slider*, hubungan *spindle* dan *slider*, kekakuan (*rigidity*) mesin dan benda kerja, dan sebagainya. Diantara kesalahan tersebut, penyimpangan geometri memiliki kontribusi yang besar pada ketidakakuratan mesin perkakas. *Laser interferometer* dengan beberapa beberapa kombinasi lensa optik merupakan salah satu instrumen presisi yang dapat digunakan untuk menguji penyimpangan geometri dimana nantinya data-data yang diperoleh akan digunakan untuk menganalisa kesalahan volumetrik.

I.2 I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka yang menjadi rumusan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara untuk mengidentifikasi kondisi penyimpangan volumetrik pada mesin perkakas CNC *vertical milling* IKX Delta buatan POLMAN-Bandung?
2. Bagaimana hasil identifikasi dan analisis data pengukuran penyimpangan geometri dengan metode *volumetric error* pada mesin perkakas CNC *Vertical Milling Machine*?
3. Apa saja rekomendasi langkah-langkah perbaikan dan perawatan yang harus ditempuh berdasarkan nilai penyimpangan geometri mesin yang diuji?

I.3 Batasan Masalah

Untuk tercapainya tujuan dari tugas akhir ini, maka dibuat ruang lingkup untuk membatasi pembahasan masalah meliputi:

1. Objek mesin perkakas yang diukur yaitu Mesin CNC *Vertical Milling* 3 Axis Produksi POLMAN di workshop Jurusan Teknik Manufaktur POLMAN Bandung
2. Alat yang digunakan yaitu laser interferometer yang telah dikalibrasi.

3. Kondisi penyimpangan geometri mesin perkakas CNC yang diukur dan dianalisis berupa pemosisian sumbu linear, kelurusan horizontal dan vertikal, angular pitch dan angular yaw, dan ketegaklurusan antar sumbu.
4. Pengukuran bidang XY, YZ, dan XZ dilakukan dengan posisi melayang dari meja mesin.
5. Analisis data hasil pengukuran dilakukan untuk melihat penyimpangan volumetri yang terjadi pada mesin perkakas CNC dan mengkompensasi mesin agar kembali optimal.

I.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi kondisi penyimpangan volumetrik yang terjadi pada mesin perkakas CNC *3 Axis Vertical Milling Machine*.

I.5 Sistemika Penulisan

Sistematika penulisan proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan karya tulis.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi gambaran umum tentang landasan teori yang berkaitan dalam proses pengukuran, analisa, dan perbaikan penyimpangan volumetri mesin CNC Milling 3 Axis serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

Bab III Metodologi Penyelesaian Masalah

Bab ini berisi langkah-langkah mengenai rancangan dari seluruh kegiatan pengukuran, analisis, dan perbaikan penyimpangan geometri mesin CNC Milling 3 Axis.

Bab IV Pengolahan dan Analisa Data

Bab ini mengenai gambaran hasil data pengukuran yang telah dilakukan, proses pengolahan, analisis, dan pembahasan data hasil pengukuran

Bab V Penutup

Berisi kesimpulan yang didapat dari penelitian secara keseluruhan berdasarkan data yang diperoleh selama kegiatan berlangsung serta saran untuk mengatasi masalah yang dapat menunjang penelitian agar menjadi lebih baik.