

**REKAYASA PERANGKAT LUNAK *COMPUTER AIDED*
INSPECTION PLANNING (CAIP) UNTUK PENGUKURAN
DIMENSI DAN POSISI FITUR LUBANG PADA BIDANG
MIRING**

Tugas Akhir

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

Oleh :

Fahmi Mubarok

220411009



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

2024

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang Berjudul

**Rekayasa Perangkat Lunak *Computer Aided Inspection Planning*
(CAIP) untuk Pengukuran Dimensi dan Posisi Fitur Lubang pada
Bidang Miring**

Oleh

Fahmi Mubarok

220411009

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

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 26 Agustus 2024

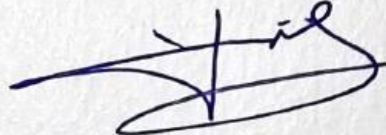
Disetujui,

Pembimbing I,



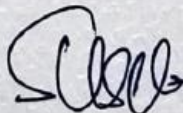
Andri Pratama, S.ST., M.Sc.
NIP. 198509252018031001

Pembimbing II,



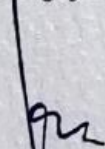
Yogi Muldani H., S.ST., M.T., Ph.D., IPM.
NIP. 198611222009121004

Disahkan,
Penguji II,



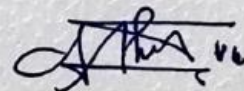
Suseno, S.T., M.T.
NIP. 196812311993031014

Penguji I,



Haris Setiawan, S.ST., M.T.
NIP. 197512042001121001

Penguji III,



Akil Priyamanggala D., S.T., M.T.
NIP. 196407271989031003

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Fahmi Mubarak
NIM : 220411009
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rekayasa Perangkat Lunak *Computer Aided Inspection Planning* (CAIP) untuk Pengukuran Dimensi dan Posisi Fitur Lubang pada Bidang Miring.

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 akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung

Pada tanggal : 11 - 07 - 2024

Yang Menyatakan,



(Fahmi Mubarak)

NIM 220411009

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

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

Nama : Fahmi Mubarak
NIM : 220411009
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rekayasa Perangkat Lunak *Computer Aided Inspection Planning* (CAIP) untuk Pengukuran Dimensi dan Posisi Fitur Lubang pada Bidang Miring

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 Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan 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 : 11 - 07 - 2024

Yang Menyatakan,



(Fahmi Mubarak)

NIM 220411009

MOTO PRIBADI

Tuhan menghancurkan rencanamu agar rencanamu tidak menghancurkanmu.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembahyan yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “*Rekayasa Perangkat Lunak Computer Aided Inspection Planning (CAIP) untuk Pengukuran Dimensi dan Posisi Fitur Lubang pada Bidang Miring*”

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.

Terselesaikannya 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. Allah SWT, yang telah memberikan jalan dan kesempatan kepada diri penulis.
2. Teristimewa kepada keluarga tercinta, Ibu Dedeh Nenah, Bapak Endang Tori, dan adik saya Fidya Rahmi Mubarak yang selalu memberikan doa serta dukungan.
3. Pembimbing tugas akhir Bapak Andri Pratama, S.ST., M.Sc., dan Bapak Yogi Muldani Hendrawan, S.ST., M.T., Ph.D., IPM. yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir.
4. Seluruh dosen dan instruktur Jurusan Teknik Manufaktur terutama Bapak Samsudin atas ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
5. Seluruh rekan kelas MED 20 yang telah memberikan masukan, dukungan, dan semangat selama empat tahun ini.

6. Rekan-rekan Patil Runners yang senantiasa mau mendengar keluh kesah penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Pihak lain yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu yang telah terlibat dan membantu sehingga tugas akhir ini dapat disusun dengan baik dan lancar.

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. Aamiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 11 – 07 – 2024

Fahmi Mubarak

ABSTRAK

Dalam proses produksi, inspeksi memiliki peranan penting untuk menjamin kualitas dari produk. Terdapat beberapa metode inspeksi yang dapat diterapkan dalam proses produksi, salah satunya adalah metode *On-machine* atau yang lebih dikenal dengan *On Machine Measurement* (OMM). Metode ini dinilai mampu meningkatkan efisiensi dan mengurangi kesalahan pengukuran karena proses pengukuran dilakukan secara otomatis. Sehingga metode pengukuran OMM membutuhkan kode program untuk mengatur proses pengukuran. Kode program yang dibutuhkan dapat dihasilkan dengan bantuan perangkat lunak *Computer Aided Inspection Planning* (CAIP). Tujuan penelitian ini untuk menyempurnakan perangkat lunak yang sudah dibuat pada penelitian sebelumnya sehingga mampu mengolah data untuk proses pengukuran fitur lubang pada bidang miring. Dalam penelitian ini, dua perangkat lunak berhasil dikembangkan, *Path Generator* untuk perencanaan lintasan *probe* antara fitur lubang dan *Code Generator* untuk menentukan *cycle* atau kode yang akan digunakan dalam proses pengukuran fitur lubang. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah diagram alir untuk pengembangan kedua perangkat lunak. Proses pengujian kedua perangkat lunak dilakukan pada mesin CNC DMU50 dengan benda uji yang memiliki fitur lubang pada bidang miring. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat lunak mampu menghasilkan kode program pengukuran yang aman.

Kata Kunci : OMM, CAIP, *Path Generator*, *Code Generator*, CNC

ABSTRACT

In the production process, the inspection process has an important role to ensure the quality of the product. There are several inspection methods that can be applied in the production process, one of which is the On-machine method or better known as On Machine Measurement (OMM). This method is considered capable of increasing efficiency and reducing measurement errors because the measurement process is carried out automatically. So that the OMM measurement method requires program code to manage the measurement process. The required program code can be generated with the help of Computer Aided Inspection Planning (CAIP) software. The purpose of this research is to improve the software that has been made in previous research so that it is able to process data for the measurement process of hole features on an inclined plane. In this research, two software were successfully developed, Path Generator for probe trajectory planning between hole features and Code Generator to determine the cycle or code to be used in the process of measuring hole features. The method applied in this research is a flow chart for the development of both software. The testing process of both software is carried out on a DMU50 CNC machine with a test object that has a hole feature on an inclined plane. The test results show that the software is able to produce safe measurement program code.

Key Words : OMM, CAIP, Path Generator, Code Generator, CNC

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR DIAGRAM.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-3
I.3 Batasan Masalah	I-4
I.4 Tujuan dan Manfaat	I-4
I.5 Sistematika Penulisan	I-5
BAB II TINJUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori	II-1
II.1.1 <i>Computer Aided Inspection Planning (CAIP)</i>	II-1
II.1.2 <i>On Machine Measurement (OMM)</i>	II-1
II.1.3 Sistem Koordinat 3D.....	II-2
II.1.4 Matriks Rotasi	II-3
II.1.5 Matriks Translasi.....	II-4
II.2 Tinjauan Alat.....	II-5
II.2.1 Python	II-5
II.2.2 Mesin CNC DMU50	II-5
II.2.3 <i>Power Probe 60 Optical</i> DMG Moriseiki.....	II-6
II.2.4 Mesin CMM CimCore <i>Infinite 2.0</i>	II-7

II.2.5 Jangka Sorong Mitutoyo	II-8
II.2.6 Mikrometer Lubang Mitutoyo.....	II-8
II.3 Studi Penelitian Terdahulu.....	II-8
BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1 Metodologi Penelitian	III-1
III.2 Studi literatur	III-3
III.2.1 Heidenhain iTNC530.....	III-3
III.2.2 <i>Cycle Program</i>	III-8
III.3 Pembuatan Perangkat Lunak <i>Path Generator</i>	III-13
III.3.1 <i>Data Input</i>	III-14
III.3.2 Pembuatan <i>Graphical User Interface</i> (GUI)	III-16
III.3.3 Pengecekan <i>Data Input</i>	III-17
III.3.4 Penentuan Sudut	III-19
III.3.5 Penentuan Koordinat.....	III-23
III.4 Pembuatan Perangkat Lunak <i>Code Generator</i>	III-29
III.4.1 <i>Data Input</i>	III-29
III.4.2 Pembuatan <i>Graphical User Interface</i> (GUI)	III-31
III.4.3 Pengecekan <i>Data Input</i>	III-32
III.4.4 Kode Program	III-35
III.5 Pengujian Perangkat Lunak dan Validasi Hasil Pengukuran.....	III-42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	IV-1
IV.1 Perangkat Lunak <i>Path Generator</i>	IV-1
IV.1.1 Tampilan Logo Perangkat Lunak <i>Path Generator</i>	IV-1
IV.1.2 Tampilan GUI Perangkat Lunak <i>Path Generator</i>	IV-2
IV.2 Perangkat Lunak <i>Code Generator</i>	IV-2
IV.2.1 Tampilan Logo Perangkat Lunak <i>Code Generator</i>	IV-3
IV.2.2 Tampilan GUI Perangkat Lunak <i>Code Generator</i>	IV-3
IV.3 Pengujian	IV-3
IV.3.1 Pembuatan Model Uji	IV-4
IV.3.2 Tahapan Pengujian	IV-5
IV.3.3 <i>File .txt</i> Hasil <i>Path Generator</i>	IV-6
IV.3.4 <i>File .H</i> Hasil <i>Code Generator</i>	IV-6
IV.4 Analisis Hasil Pengujian	IV-6
IV.4.1 Kriteria Keberhasilan	IV-6

IV.4.2 Hasil Pengujian	IV-7
IV.4.3 Hasil Validasi	IV-9
BAB V PENUTUP.....	V-1
V.1 Kesimpulan	V-1
V.2 Saran.....	V-1
DAFTAR PUSTAKA	xviii

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Konversi Koordinat [9].....	II-3
Tabel II. 2 Spesifikasi Teknis Mesin CNC DMU50.....	II-6
Tabel II. 3 Studi Penelitian Terdahulu.....	II-9
Tabel III. 1 Metodologi Penelitian	III-2
Tabel IV. 1 Hasil Pengukuran OMM.....	IV-7
Tabel IV. 2 Hasil Pengukuran OMM <i>Transformed</i>	IV-8
Tabel IV. 3 Hasil Pengukuran CMM.....	IV-9
Tabel IV. 4 Hasil Pengukuran Jangka Sorong	IV-10
Tabel IV. 5 Hasil Pengukuran Mikrometer Lubang	IV-10
Tabel IV. 6 Rata-rata Hasil Pengukuran	IV-10

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Fitur Lubang.....	I-3
Gambar II. 1 Kaidah Tangan Kanan dan Kiri [9].....	II-2
Gambar II. 2 Tiga Jenis Koordinat [9]	II-3
Gambar II. 3 Sumbu Rotasi 3D.....	II-4
Gambar II. 4 Python.....	II-5
Gambar II. 5 Mesin CNC DMU50.....	II-5
Gambar II. 6 Area Kerja Mesin CNC DMU50	II-6
Gambar II. 7 <i>Power Probe 60 Optical</i> DMG Moriseiki	II-7
Gambar II. 8 CMM CimCore <i>Infinite 2.0</i>	II-7
Gambar II. 9 Jangka Sorong Mitutoyo.....	II-8
Gambar II. 10 Mikrometer Lubang Mitutoyo	II-8
Gambar III. 1 <i>Header Program</i>	III-7
Gambar III. 2 <i>Main Program</i>	III-8
Gambar III. 3 <i>Footer Program</i>	III-8
Gambar III. 4 <i>Parameter Cycle 421</i> [19].....	III-9
Gambar III. 5 <i>Cycle 421</i> [19]	III-9
Gambar III. 6 <i>Parameter Cycle 427</i> [19].....	III-11
Gambar III. 7 <i>Cycle 427</i> [19]	III-12
Gambar III. 8 <i>Output Holes Detector 1.1</i>	III-15
Gambar III. 9 Contoh Benda Kerja.....	III-22
Gambar III. 10 Set Up Benda Kerja.....	III-25
Gambar III. 11 <i>Output Path Generator</i>	III-30
Gambar III. 12 Fitur Lubang <i>Blind Hole</i>	III-37
Gambar III. 13 Fitur Lubang <i>Through Hole</i>	III-38
Gambar III. 14 Fitur Lubang <i>Tapered Hole</i>	III-39
Gambar III. 15 Fitur Lubang <i>Counter Bore</i>	III-40
Gambar III. 16 Fitur Lubang <i>Counter Sink</i>	III-41
Gambar IV. 1 Logo <i>Path Generator</i>	IV-1

Gambar IV. 2 Tampilan <i>Path Generator</i>	IV-2
Gambar IV. 3 Tampilan ' <i>SHOW ROUTE</i> '	IV-2
Gambar IV. 4 Logo <i>Code Generator</i>	IV-3
Gambar IV. 5 Tampilan <i>Code Generator</i>	IV-3
Gambar IV. 6 3D Benda Uji.....	IV-4
Gambar IV. 7 Benda Uji Hasil Pemesinan	IV-5

DAFTAR DIAGRAM

Diagram III. 1 Diagram Alir Penelitian.....	III-1
Diagram III. 2 <i>Path Generator</i>	III-14
Diagram III. 3 <i>GUI Path Generator</i>	III-16
Diagram III. 4 Pengecekan <i>Data Input Path Generator</i>	III-18
Diagram III. 5 Penentuan Sudut <i>Path Generator</i>	III-20
Diagram III. 6 Penentuan Koordinat <i>Path Generator</i>	III-25
Diagram III. 7 <i>Code Generator</i>	III-29
Diagram III. 8 <i>GUI Code Generator</i>	III-31
Diagram III. 9 Pengecekan <i>Data Input Code Generator</i>	III-34
Diagram III. 10 Kode Program <i>Code Generator</i>	III-35
Diagram III. 11 Pengujian dan Validasi	III-42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Program Perangkat Lunak

Lampiran B Gambar Kerja

Lampiran C *Output* Perangkat Lunak

Lampiran D Hasil Pengukuran OMM

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

CAIP = *Computer Aided Inspection Planning*

OMM = *On Machine Measurement*

CNC = *Computer Numerical Control*

CMM = *Coordinate Measurement Machine*

CAM = *Computer Aided Manufacturing*

WCS = *Work Coordinate System*

MRZP = *Machine Rotary Zero Position*

3D = Tiga Dimensi

ρ = Rho, jarak dari titik ke pusat

θ = Theta, sudut yang terbentuk antara garis vektor pada bidang X-Y terhadap sumbu X+

ϕ = Phi, sudut yang terbentuk antara garis vektor dengan sumbu Z+

R_x = Matriks rotasi pada sumbu X

R_y = Matriks rotasi pada sumbu Y

R_z = Matriks rotasi pada sumbu Z

TNC = *The Numerical Control*

GUI = *Graphical User Interface*

P_0 = Koordinat fitur lubang sebelum ditransformasi

T_0 = Matriks translasi *offset data*

O_0 = *Offset data* sebelum ditransformasi

O_1 = *Offset data* sesudah ditransformasi

P'''_0 = Koordinat fitur lubang setelah ditransformasi terhadap WCS

P''''_0 = Koordinat fitur lubang setelah ditransformasi terhadap MRZP

$\emptyset$ = Diameter fitur lubang

Z = Titik sentuh *probe* sumbu Z pada bidang atas fitur lubang

Z' = titik sentuh *probe* sumbu Z pada bidang bawah fitur lubang

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri manufaktur yang kompetitif, kualitas produk merupakan salah satu faktor kunci yang menentukan kesuksesan perusahaan [1][2]. Proses inspeksi adalah bagian penting dari sistem manajemen kualitas yang bertujuan untuk memastikan bahwa setiap produk yang diproduksi memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan [1].

Seiring dengan perkembangan teknologi dan meningkatnya tuntutan konsumen terhadap produk berkualitas tinggi, optimalisasi proses inspeksi menjadi semakin krusial [2]. Proses inspeksi yang tidak optimal dapat mengakibatkan produk cacat yang tidak terdeteksi, yang pada akhirnya dapat merusak reputasi perusahaan dan menimbulkan kerugian finansial [2]. Oleh karena itu, perusahaan perlu mengimplementasikan strategi dan teknologi terbaru untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses inspeksi. Inspeksi merupakan sebuah proses memeriksa produk, seperti dimensi dan posisi untuk menentukan apakah sesuai dengan spesifikasi desain [1]. Terdapat beberapa metode inspeksi yang dapat diterapkan dalam proses produksi sebagai berikut [3]:

1. *In-line*

Inspeksi dilakukan selama proses produksi tanpa menghentikan alur kerja.

2. *In-process*

Inspeksi dilakukan selama proses produksi namun memerlukan pemberhentian alur kerja pada waktu tertentu.

3. *In-situ*

Inspeksi dilakukan di lokasi atau posisi asal tanpa memindahkan produk

4. *Off-line*

Inspeksi dilakukan secara terpisah dari proses produksi, biasanya dilakukan pada lingkungan yang khusus.

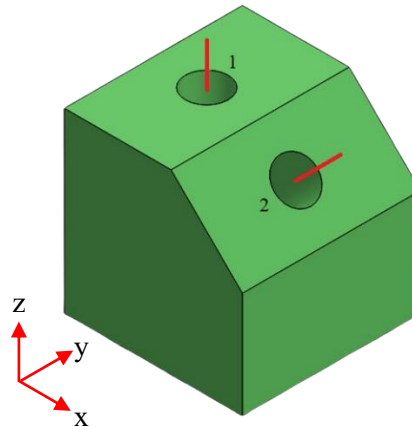
5. *On-machine*

Inspeksi dilakukan pada mesin produksi dengan menggunakan peralatan tambahan tanpa mengubah posisi produk.

Pada metode inspeksi yang sudah dijelaskan, metode *On-machine* dipilih untuk menjadi metode pengukuran produk pada penelitian tugas akhir ini. Metode ini juga dikenal dengan *On Machine Measurement* (OMM) yang dinilai memiliki efisiensi yang tinggi dan dapat mengurangi kesalahan operator yang dapat terjadi karena proses pengukuran secara otomatis tanpa melepas cekaman produk [4]. Metode tersebut dilakukan secara otomatis untuk mempersingkat waktu pada proses perpindahan produk, persiapan pengukuran produk, dan proses pengukuran produk [4]. Metode OMM menggunakan alat bantu berupa *probe* yang digerakan oleh kode program. Kode program dapat dihasilkan secara otomatis dengan *Computer Aided Inspection Planning* (CAIP).

Computer Aided Inspection Planning adalah sistem pengolahan data dengan algoritma untuk menghasilkan perencanaan pengukuran produk berbasis komputer. Terdapat 4 tahap metode pembuatan CAIP, yang melibatkan *Face Detection*, *Feature Reconstruction*, *Inspection Planning* dan *Inspection Code Generated* [4].

Pengembangan CAIP di Polman Bandung telah dilakukan dari tahun 2020 [5], dengan fokus penelitian tentang *Face Detection* dan *Feature Reconstruction*. Pada perangkat lunak ini hanya dapat mendeteksi jenis *single feature* yang meliputi *through hole*, *blind hole*, dan *tapered hole*. Kemudian pada tahun 2021 [6], penelitian dikembangkan dengan menambahkan *intersection feature* seperti *countersink* dan *counterbore* yang dapat dideteksi oleh perangkat lunak. Selanjutnya pada tahun 2022 [7][8], penelitian dilanjutkan kembali dengan beberapa fokus penelitian. Fokus penelitian pertama ialah pada *inspection planning* atau perencanaan lintasan *probe* [7]. Perangkat lunak ini mampu mengoptimasi jalur *probe* pada saat proses *on machine measurement* (OMM). Pada penelitian kedua berfokus tentang *inspection code generated* atau pembangkit kode inspeksi [8]. Perangkat lunak ini mampu untuk memberikan informasi *G Code* yang diperlukan pada saat proses *on machine measurement* (OMM).



Gambar I. 1 Fitur Lubang

Berdasarkan dari penelitian sebelumnya, proses pengukuran fitur lubang terbatas pada bidang yang tegak lurus dengan sumbu Z seperti yang terlihat pada Gambar I.1 tepatnya fitur lubang 1 [7][8]. Namun, dalam dunia industri saat ini, banyak ditemui produk dengan fitur lubang pada bidang miring atau yang tidak tegak lurus dengan sumbu Z seperti yang terlihat pada Gambar I.1 tepatnya fitur lubang 2. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pembuatan perencanaan lintasan *probe* dan pembangkit kode inspeksi untuk mengatasi kendala tersebut. Dengan demikian, upaya ini diharapkan dapat meningkatkan fleksibilitas proses pengukuran produk terhadap produk-produk yang memiliki karakteristik fitur lubang pada bidang miring.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang masalah yang telah disampaikan di atas, perumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat sebuah algoritma pengolah data untuk proses mengukur dimensi dan posisi fitur lubang pada bidang miring?
2. Bagaimana membuat sebuah perangkat lunak yang menunjang algoritma untuk perencanaan lintasan *probe* dan pembangkit kode inspeksi?
3. Bagaimana membuktikan bahwa kode program yang dihasilkan bisa digunakan untuk mengukur fitur lubang pada bidang miring?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Bahasa pemrograman menggunakan yang digunakan adalah Python.
2. Perangkat lunak yang dikembangkan adalah *Path Generator* dan *Code Generator*.
3. Proses pengukuran produk dilakukan pada mesin CNC 5 axis DMU50 dengan kontrol Heidenhain iTNC530.
4. *Data input* untuk *Path Generator* adalah *file .txt* hasil *Holes Detector 1.1*.
5. *Data input* untuk *Code Generator* adalah *file .txt* hasil *Holes Detector 1.1* dan *Path Generator*.
6. Urutan pengukuran fitur lubang mengikuti urutan fitur lubang dari *file .txt* hasil *Holes Detector 1.1*.
7. *Touch Probe* yang digunakan adalah *Power Probe 60 Optical* DMG Moriseiki.
8. Diameter minimal fitur lubang yang bisa dilakukan pengukuran, $\varnothing > 6$ mm.
9. Kedalaman maksimal fitur lubang yang bisa dilakukan pengukuran, $3 < depth < 50$ mm.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari rekayasa perangkat lunak CAIP untuk pengukuran dimensi dan posisi pada bidang miring sebagai berikut :

1. Membuat algoritma untuk proses pengukuran dimensi dan posisi fitur lubang pada bidang miring.
2. Membuat perangkat lunak yang menunjang algoritma untuk proses perencanaan lintasan *probe* dan pembangkit kode inspeksi.
3. Melakukan pengujian terhadap kode program yang dihasilkan oleh perangkat lunak dengan metode OMM terhadap fitur lubang pada bidang miring.

Dengan tulisan ini, diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut :

1. Manfaat teoretis yaitu memahami bahwa proses pemesinan, terutama proses *tilting* pada mesin CNC 5 axis menggunakan perhitungan transformasi matriks.

2. Manfaat praktis yaitu mengintegrasikan proses *cutting* dan *inspection* dalam satu mesin tanpa melepas cekaman benda kerja sehingga mampu mempersingkat waktu produksi.

I.5 Sistematika Penulisan

1. BAB 1 PENDAHULUAN berisikan tulisan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan manfaat serta sistematika penulisan dalam tugas akhir ini.
2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA berisikan tinjauan teori yang membahas konsep-konsep teoritis sebagai landasan untuk menyelesaikan masalah dan tinjauan alat yang membahas mesin atau alat yang digunakan dalam tugas akhir ini.
3. BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH berisikan metode dan langkah-langkah dalam menyelesaikan rumusan masalah pada tugas akhir ini.
4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN berisikan hasil pembuatan perangkat lunak dan hasil pengujian perangkat lunak pada tugas akhir ini.
5. BAB V PENUTUP berisikan kesimpulan yang didasarkan pada hasil serta memberikan saran untuk penelitian selanjutnya terkait CAIP.