

**Pembuatan Algoritma *Feature Recognition* untuk *Intersection*
Feature Primitive Box pada Model 3 Dimensi**

Tugas Akhir

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

Oleh

Anggie Widya Pratama

221411009



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

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

Pembuatan Algoritma *Feature Recognition* untuk *Intersection Feature Primitive Box* pada Model 3 Dimensi

Oleh:

Anggie Widya Pratama

221411009

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

Bandung, 28 Juli 2025

Disetujui,

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



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

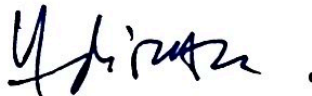
Disahkan,

Penguji I,



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

Penguji II,



M. Yazid Diratama, S.Tr.T., M.T.
NIP. 199401032022031014

Penguji III,



Nandang Rusmana, S.T., M.T.
NIP. 197206181998031003

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

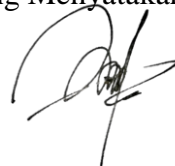
Nama : Anggie Widya Pratama
NIM : 221411009
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pembuatan Algoritma *Feature Recognition* untuk *Intersection Feature Primitive Box* pada Model 3 Dimensi

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 : 29 – Juli – 2025
Yang Menyatakan,



(Anggie Widya Pratama)
NIM 221411009

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

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


Nama : Anggie Widya Pratama
NIM : 221411009
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pembuatan Algoritma *Feature Recognition* untuk *Intersection Feature Primitive Box* pada Model 3 Dimensi

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 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 : 29 – 07 – 2025
Yang Menyatakan,



(Anggie Widya Pratama)
NIM 221411009

MOTO PRIBADI

Keberhasilan tidak datang kepada mereka yang menunggu, tetapi kepada mereka yang menciptakan jalan menuju tujuan besar. Hidup adalah sebuah permainan catur, di mana setiap langkah direncanakan dengan cermat dan setiap tantangan adalah peluang untuk mengambil kendali. Tidak ada batasan untuk apa yang bisa dicapai jika keyakinan dan strategi saling berpadu. Ketika dunia mengatakan tidak mungkin, mereka yang memiliki visi akan menunjukkan sebaliknya.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, khususnya kepada ayah saya yang telah meninggalkan dunia ini. Terima kasih kepada ibu, adik, teman-teman, dan semua pihak yang telah membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah 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 sembah 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: “Pembuatan Algoritma *Feature Recognition* untuk *Intersection Feature Primitive Box* pada Model 3 Dimensi”.

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. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah Undayat, S.ST., M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Manufaktur, Bapak Dr. Herman Budi Harja, S.T., M.T., IPM.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Bapak Dr. Heri Setiawan, S.T., M.T.
4. Pembimbing Tugas Akhir Bapak Yogi Muldani Hendrawan, S.ST., M.T., Ph.D., IPM., dan Bapak Andri Pratama, S.ST., M.Sc. yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir.

5. Seluruh Dosen dan Instruktur Jurusan Teknik Manufaktur.
6. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ibu Widarsih (Ibu) dan Almarhum Bapak Suyatno (Bapak) yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Untuk adik saya Irvansyah dan Sandy Yudha Ramadhan yang selalu memberikan doa serta dukungan.
8. Untuk Sahabat-sahabat saya Billy Heriawan, Ady Rustandi, Ahmad Ramdan Maulana dan Kaka Pratama yang senantiasa mau mendengar keluh kesah penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
9. 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. Aamiiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 7 Juli 2025

Anggie Widya Pratama

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan algoritma *feature recognition* untuk mendeteksi *intersection feature* pada model tiga dimensi 3D yang terbentuk dari kombinasi dua *primitive box*. Algoritma ini terdiri dari dua tahap utama, yaitu *face detection* untuk identifikasi permukaan dan *feature reconstruction* untuk membentuk data fitur berdasarkan konektivitas geometris. Data input berupa file STEP dianalisis menggunakan bahasa pemrograman *Python*, dan hasilnya divisualisasikan melalui *Graphical User Interface* (GUI). Algoritma berhasil mengenali berbagai jenis *intersection feature* seperti *Rectangular Corner Cut* (RCC), *Rectangular Center Side Cut* (RCSC), *Rectangular Top Cross Cut* (RTCC), dan *Rectangular Middle Center Cut* (RMCC/T-Slot). Validasi algoritma dilakukan melalui pengujian terhadap model uji 3D, dan hasilnya menunjukkan bahwa algoritma mampu menghasilkan *feature data* secara akurat. Temuan ini berpotensi digunakan dalam aplikasi perencanaan proses manufaktur dan inspeksi berbasis CAD seperti *Computer-Aided Process Planning* (CAPP) dan *Computer-Aided Inspection Planning* (CAIP).

Kata kunci : *Feature Recognition, Intersection Feature, CAD, CAPP, CAIP*

ABSTRACT

This study develops a feature recognition algorithm to detect intersection features in three-dimensional models formed by combinations of two primitive boxes. The algorithm consists of two main stages, face detection for surface identification and feature reconstruction to generate feature data based on geometric connectivity. The input data in STEP file format is analyzed using the Python programming language, and the results are visualized through a Graphical User Interface (GUI). The algorithm successfully identifies various types of intersection features, such as Rectangular Corner Cut (RCC), Rectangular Center Side Cut (RCSC), Rectangular Top Cross Cut (RTCC), and Rectangular Middle Center Cut (RMCC/T-Slot). Validation was conducted through testing on 3D model samples, and the results demonstrate that the algorithm is capable of generating accurate feature data. These findings have the potential to be applied in CAD-based manufacturing process planning and inspection systems, such as Computer-Aided Process Planning (CAPP) and Computer-Aided Inspection Planning (CAIP).

Keywords : Feature Recognition, Intersection Feature, CAD, CAPP, CAIP

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.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR DIAGRAM.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-6
I.3 Batasan Masalah.....	I-6
I.4 Tujuan dan Manfaat	I-7
I.5 Sistematika Penulisan	I-7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori.....	II-1
II.1.1 3D <i>Solid Modeling</i>	II-1
II.1.2 STEP (<i>Standard for Exchange of Product data model</i>).....	II-8
II.1.3 Fitur.....	II-14
II.1.4 <i>Feature Recognition</i>	II-18
II.1.5 Vektor 3D.....	II-23
II.1.6 Algoritma <i>Depth First Search (DFS)</i>	II-24
II.1.7 Struktur File STEP untuk <i>Primitive Box</i>	II-26
II.2 Tinjauan Alat.....	II-31
II.2.1 SolidWorks.....	II-31
II.2.2 FreeCAD	II-32
II.2.3 Python	II-33
II.3 Studi Penelitian Terdahulu.....	II-34

BAB III	METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1	Metodologi Penelitian	III-1
III.2	Pembuatan Algoritma <i>Feature Recognition</i>	III-4
III.2.1	<i>Face Detection</i>	III-6
III.2.2	<i>Feature Reconstruction</i>	III-26
III.3	Pembuatan <i>Graphical User Interface (GUI)</i>	III-67
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	IV-1
IV.1	<i>Graphical User Interface (GUI)</i>	IV-1
IV.1.1	Tampilan Logo <i>Graphical User Interface (GUI)</i>	IV-1
IV.1.2	Tampilan <i>Graphical User Interface (GUI)</i>	IV-1
IV.2	Pengujian.....	IV-7
IV.2.1	Pembuatan Model Uji	IV-7
IV.2.2	Tahapan Pengujian	IV-12
IV.3	Analisis Hasil Pengujian	IV-17
IV.3.1	Kriteria Keberhasilan	IV-17
IV.3.2	Analisis Perbandingan Hasil	IV-17
BAB V	PENUTUP.....	V-1
V.1	Kesimpulan	V-1
V.2	Saran.....	V-2
DAFTAR PUSTAKA	xx

DAFTAR TABEL

Table II. 1 Studi Penelitian Terdahulu	II-34
Tabel III. 1 Penjelasan Diagram Alir Penelitian	III-2
Tabel IV. 1 Tahapan Pengujian Algoritma	IV-12
Tabel IV. 2 Tabel Perbandingan Hasil Uji Dengan Data Desain Model Uji 1	IV-18
Tabel IV. 3 Tabel Perbandingan Hasil Uji Dengan Data Desain Model Uji 2	IV-20
Tabel IV. 4 Tabel Perbandingan Hasil Uji Dengan Data Desain Model Uji 3	IV-22
Tabel IV. 5 Tabel Perbandingan Hasil Uji Dengan Data Desain Model Uji 4	IV-24
Tabel IV. 6 Tabel Perbandingan Hasil Uji Dengan Data Desain Model Uji 5	IV-26
Tabel IV. 7 Tabel Perbandingan Hasil Uji Dengan Data Desain Model Uji 6	IV-28
Tabel IV. 8 Tabel Perbandingan Hasil Uji Dengan Data Desain Model Uji 7	IV-31
Tabel IV. 9 Tabel Perbandingan Hasil Uji Dengan Data Desain Model Uji 8	IV-33

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Contoh <i>Feature Recognition</i> Pada Model 3 Dimensi	I-1
Gambar I. 2 Klasifikasi <i>Single Feature Primitive Box</i> [6].....	I-3
Gambar I. 3 Klasifikasi <i>Single Cylindrical Hole Feature</i> [8].....	I-3
Gambar I. 4 Klasifikasi <i>Intersection Cylindrical Hole Feature</i> [9].....	I-3
Gambar I. 5 <i>Roadmap</i> Pengembangan <i>Feature Recognition</i>	I-4
Gambar II. 1 Prosedur Khas Pendekatan B-Rep [12]	II-3
Gambar II. 2 <i>Boundary Representative</i> dari sebuah prisma	II-3
Gambar II. 3 <i>Boundary Representative</i> dari sebuah prisma [11].....	II-3
Gambar II. 4 Hubungan Antara <i>Vertice</i> , <i>Edge</i> dan <i>Face</i> [11]	II-5
Gambar II. 5 Bentuk Solid Primitif (a) Bentuk Solid Kompleks (b) [15].....	II-6
Gambar II. 6 Contoh Pohon Biner CSG	II-7
Gambar II. 7 Tiga cara membangun komponen yang sama.....	II-8
Gambar II. 8 Arsitektur Dokumen STEP [11]	II-9
Gambar II. 9 Contoh Fitur Desain dan Manufaktur	II-14
Gambar II. 10 Taksonomi <i>Machining Feature</i> [24].....	II-15
Gambar II. 11 Contoh Fitur Bentuk [24]	II-16
Gambar II. 12 Contoh <i>Single Feature</i> , (a) <i>Hole</i> , (b) <i>Slot</i> ,.....	II-17
Gambar II. 13 Contoh <i>Intersection Feature</i> , (a) <i>T-Slot</i> ,	II-18
Gambar II. 14 Proses <i>Feature Recognition</i> [11]	II-19
Gambar II. 15 <i>Logic Based Approach pocket feature</i> [26]	II-20
Gambar II. 16 <i>Objek Prisma</i> [26]	II-21
Gambar II. 17 <i>Representasi vertices</i> , <i>edges</i> dan <i>faces</i> [26]	II-21
Gambar II. 18 <i>Matrix Adjacency</i> dari <i>face</i> objek prisma [26]	II-21
Gambar II. 19 Tepi <i>Convex</i> (a), Tepi <i>Concave</i> (b) [26].....	II-22
Gambar II. 20 Contoh Tepi <i>Concave</i> [26]	II-22
Gambar II. 21 Vektor 3D [27]	II-23
Gambar II. 22 <i>Cross Product</i> $a \times b$ [27].....	II-24
Gambar II. 23 Contoh penerapan DFS pada <i>tree diagram</i> [30].....	II-25
Gambar II. 24 Struktur file STEP permukaan <i>Primitive Box</i>	II-26
Gambar II. 25 <i>Advance Face</i> Permukaan <i>Primitive Box</i>	II-27
Gambar II. 26 Struktur <i>Face Outer Bond</i>	II-28

Gambar II. 27 Struktur <i>Oriented Edge</i>	II-29
Gambar II. 28 Struktur <i>Vertex Point dan Line</i>	II-30
Gambar II. 29 Logo SolidWorks.....	II-31
Gambar II. 30 Logo FreeCAD	II-32
Gambar II. 31 Logo Python	II-33
Gambar III. 1 (a) <i>RCC</i> , (b) <i>RCSC</i> , (c) <i>RMCC/T-Slot</i> , (d) <i>RTCC</i>	III-7
Gambar III. 2 Contoh <i>Bounding box</i> pada fitur <i>RCSC</i>	III-7
Gambar III. 3 (a) <i>Centroid pada Advanced Face</i> ,	III-8
Gambar III. 4 (a)Visualisasi <i>Inner Face</i> ,	III-11
Gambar III. 5 (a)Visualisasi <i>Inner Face</i> ,	III-14
Gambar III. 6 (a) <i>RCC</i> , (b) <i>RCSC</i> , (c) <i>RMCC/T-Slot</i> , (d) <i>RTCC</i>	III-19
Gambar III. 7 (a)OE <i>RMCC/T-Slot</i> , (b)OE <i>RCC</i> , (c)OE <i>RCSC</i> , (d)OE <i>RTCC</i>	III-20
.....	
Gambar III. 8 Contoh <i>Oriented Edge</i> Tidak Valid	III-22
Gambar III. 9 <i>Intersection feature</i> yang tidak sesuai pada (a) <i>RCSC</i> dan (b) <i>RTCC</i>	III-22
.....	
Gambar III. 10 Contoh Kondisi 3 Pada Fitur <i>RTCC</i>	III-23
Gambar III. 11 Jumlah Delapan <i>Oriented Edge</i> Valid dan Tidak Valid.....	III-24
Gambar III. 12 Jumlah Dua Belas <i>Oriented Edge</i> Valid dan Tidak Valid	III-25
Gambar III. 13 Contoh <i>Parent-Child</i> pada fitur <i>RCC</i>	III-27
Gambar III. 14 Jumlah <i>Child Face</i> (a) <i>RCC</i> , (b) <i>RCSC</i> , (c) <i>RMCC/T-Slot</i> , (d) <i>RTCC</i>	III-27
.....	
Gambar III. 15 Contoh Koneksi <i>Child-Child Face</i> pada fitur <i>RCC</i>	III-37
Gambar III. 16 Jumlah Koneksi (a) <i>RCC</i> , (b) <i>RCSC</i> , (c) <i>RMCC/T-Slot</i> , (d) <i>RTCC</i>	III-37
.....	
Gambar III. 17 Contoh Ek Valid Tanpa Perubahan Arah.....	III-39
Gambar III. 18 Contoh Ek Valid Dengan Perubahan Arah	III-39
Gambar III. 19 Koneksi <i>Convex</i> pada fitur <i>RCC</i>	III-40
Gambar III. 20 Jumlah <i>Convex</i> pada fitur (a) <i>RCC</i> , (b) <i>RCSC</i> , (c) <i>RTCC</i>	III-41
Gambar III. 21 <i>Child Face Stage 1</i> Fitur <i>RMCC/T-Slot</i>	III-42
Gambar III. 22 <i>Child Face Stage 2</i> Fitur <i>RMCC/T-Slot</i>	III-43
Gambar III. 23 <i>Child Face Stage 3</i> Fitur <i>RMCC/T-Slot</i>	III-43

Gambar III. 24 Contoh Kondisi 3 pada fitur RCC	III-53
Gambar III. 25 Dua pasang <i>Oriented Edge</i> pada fitur (a)RCC, (b)RCSC, (c)RTCC	III-54
Gambar III. 26 Satu pasang <i>Oriented Edge</i> pada fitur RMCC/T-Slot.....	III-54
Gambar III. 27 W1, W2, L1, L2 pada fitur RCC	III-55
Gambar III. 28 <i>Depth</i> (d) pada fitur RCC	III-56
Gambar III. 29 Parameter Fitur RCC	III-56
Gambar III. 30 W1, W2, L1, L2 pada fitur RCSC.....	III-57
Gambar III. 31 <i>Depth</i> (d) pada fitur RCSC.....	III-58
Gambar III. 32 Parameter Fitur RCSC.....	III-58
Gambar III. 33 W1, W2, L1, L2 pada fitur RTCC.....	III-59
Gambar III. 34 <i>Depth</i> (d) pada fitur RTCC.....	III-60
Gambar III. 35 Parameter Fitur RTCC	III-61
Gambar III. 36 W1, W2, L Pada Fitur RMCC/T-Slot	III-62
Gambar III. 37 d1 dan d2 pada fitur RMCC/T-Slot.....	III-63
Gambar III. 38 Parameter Fitur RMCC/T-Slot.....	III-63
Gambar III. 39 Contoh <i>Origin Global</i> Pada Fitur RMCC/T-Slot.....	III-64
Gambar III. 40 <i>Vertex Point</i> Pada <i>Zmax Bounding Box</i>	III-65
Gambar III. 41 Posisi Fitur RTCC Terhadap <i>Origin Global</i>	III-66
Gambar IV. 1 Logo <i>GUI</i>	IV-1
Gambar IV. 2 Tampilan Utama GUI.....	IV-1
Gambar IV. 3 Tampilan <i>Interface</i> Pada <i>User Guide</i>	IV-2
Gambar IV. 4 Tampilan <i>Interface</i> (Par.) untuk fitur RCC.....	IV-3
Gambar IV. 5 Tampilan <i>Interface</i> (Par.) untuk fitur RCSC.....	IV-3
Gambar IV. 6 Tampilan <i>Interface</i> (Par.) untuk fitur RTCC	IV-4
Gambar IV. 7 Tampilan <i>Interface</i> (Par.) untuk fitur RMCC/T-Slot.....	IV-4
Gambar IV. 8 Tampilan <i>Interface</i> Pada <i>Detail Analysis</i>	IV-5
Gambar IV. 9 Tampilan <i>Interface</i> Pada <i>3D View CAD</i>	IV-5
Gambar IV. 10 Tampilan <i>Interface</i> Pada <i>3D View Cluster</i>	IV-6
Gambar IV. 11 Tampilan <i>Interface</i> Pada <i>Feature Recognition Result</i>	IV-6
Gambar IV. 12 Desain Model Uji 1	IV-7
Gambar IV. 13 Desain Model Uji 2	IV-8

Gambar IV. 14 Desain Model Uji 3	IV-8
Gambar IV. 15 Desain Model Uji 4	IV-9
Gambar IV. 16 Desain Model Uji 5	IV-9
Gambar IV. 17 Desain Model Uji 6	IV-10
Gambar IV. 18 Desain Model Uji 7	IV-10
Gambar IV. 19 Desain Model Uji 8	IV-11
Gambar IV. 20 Visualisasi 3D <i>Cluster</i> Model Uji 1	IV-19
Gambar IV. 21 Visualisasi 3D <i>Cluster</i> Model Uji 2	IV-22
Gambar IV. 22 Visualisasi 3D <i>Cluster</i> Model Uji 3	IV-23
Gambar IV. 23 Visualisasi 3D <i>Cluster</i> Model Uji 4	IV-25
Gambar IV. 24 Visualisasi 3D <i>Cluster</i> Model Uji 5	IV-28
Gambar IV. 25 Visualisasi 3D <i>Cluster</i> Model Uji 6	IV-30
Gambar IV. 26 Interaksi Fitur pada Model Uji 6	IV-30
Gambar IV. 27 Visualisasi 3D <i>Cluster</i> Model Uji 7	IV-32
Gambar IV. 28 Visualisasi 3D <i>Cluster</i> Model Uji 8	IV-34

DAFTAR DIAGRAM

Diagram III. 1 Diagram Alir Penelitian	III-1
Diagram III. 2 Diagram Alir Pembuatan Algoritma <i>Feature Recognition</i>	III-5
Diagram III. 3 Algoritma Kategorisasi <i>Inner Face</i> dan <i>Outer face</i>	III-6
Diagram III. 4 Algoritma Proses <i>Clustering</i>	III-10
Diagram III. 5 Algoritma Menemukan <i>Face</i> Dasar pada <i>Cluster</i>	III-18
Diagram III. 6 Algoritma Analisis koneksi <i>Parent-Child</i>	III-26
Diagram III. 7 Algoritma Analisis Koneksi <i>Child-Child</i>	III-36
Diagram III. 8 Algoritma Menemukan Data Dimensi dan Posisi Fitur	III-51
Diagram III. 9 Cara Kerja <i>Graphical User Interface</i> (GUI).....	III-68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Rincian Kombinasi Dari Dua *Primitive Box*

Lampiran B Struktur File STEP

Lampiran C Gambar Kerja Model Uji

Lampiran D Program *Feature Recognition* dan *Graphical User Interface (GUI)*

DAFTAR SINGKATAN

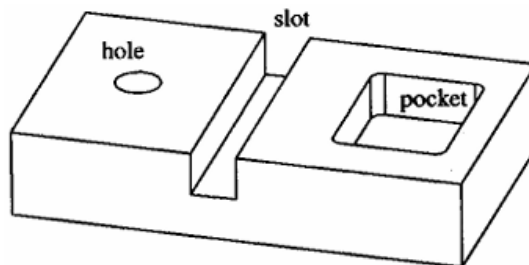
#af	= <i>Advanced Face</i>
#if	= <i>Inner Face</i>
#fob	= <i>Face Outer Bound</i>
#el	= <i>Edge Loop</i>
#oe	= <i>Oriented Edge</i>
#ec	= <i>Edge Curve</i>
#vp	= <i>Vertex Point</i>
#cp	= <i>Cartesian Point</i>
#l	= <i>Line</i>
#v	= <i>Vector</i>
#dir	= <i>Direction</i>
#CF	= <i>Child Face</i>
E_k	= <i>Arah Vektor Sisi</i>
W	= <i>Width</i>
L	= <i>Length</i>
d	= <i>Depth</i>
RCC	= <i>Rectangular Corner Cut</i>
RCSC	= <i>Rectangular Center Side Cut</i>
RTCC	= <i>Rectangular Top Cross Cut</i>
RMCC	= <i>Rectangular Middle Center Cut</i>

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi manufaktur, tantangan yang dihadapi oleh industri semakin kompleks dan beragam. Perubahan ini turut mempengaruhi berbagai aspek, mulai dari cara merancang dan memproduksi produk, hingga proses perakitan dan distribusi. Teknologi juga memainkan peran penting dalam perencanaan sistem manufaktur dan cara berkomunikasi antar perusahaan [1]. Tantangan utama yang dihadapi oleh perusahaan, khususnya dalam sektor manufaktur, adalah mempercepat siklus produk. Hal ini berkaitan dengan kebutuhan untuk melakukan berbagai persiapan yang memerlukan waktu, yang pada akhirnya mempengaruhi proses pembuatan produk tersebut [2]. Salah satu teknologi yang berperan penting dalam menjawab tantangan tersebut adalah pengenalan fitur (*feature recognition*) seperti contoh pada Gambar I.1. Teknologi ini memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi dan menganalisis elemen geometris yang terdapat dalam model 3 dimensi yang relevan dengan berbagai proses manufaktur [3].



Gambar I. 1 Contoh *Feature Recognition* Pada Model 3 Dimensi

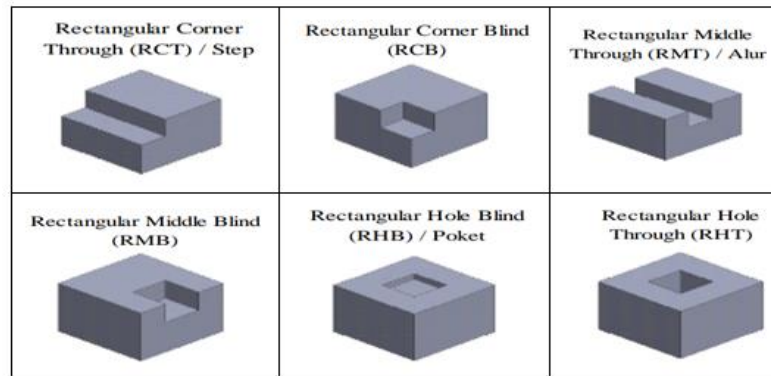
Salah satu contoh penerapan dari *feature recognition* ini adalah pada *Computer Aided Process Planning (CAPP)*, di mana *feature recognition* digunakan untuk mengidentifikasi fitur-fitur dalam model CAD yang relevan dengan proses manufaktur. Dengan mengenali fitur secara otomatis, sistem CAPP dapat mempercepat proses perencanaan dan mengurangi kesalahan manusia [4]. Lebih jauh lagi, pengenalan fitur tidak hanya terbatas pada sektor manufaktur umum, tetapi juga telah meluas ke sektor-sektor lain seperti otomotif, dirgantara, dan

manufaktur perangkat elektronik, yang memanfaatkan teknologi ini untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi [5].

Contoh penerapan *feature recognition* lainnya adalah pada *Computer Aided Inspection Planning* (CAIP) yang dimana peran *feature recognition* untuk mengidentifikasi fitur-fitur pada model 3 dimensi. Dengan mengidentifikasi fitur secara otomatis, sistem CAIP dapat meningkatkan produktivitas dengan mempercepat proses inspeksi, memungkinkan pemeriksaan lebih banyak produk dalam waktu yang sama [6].

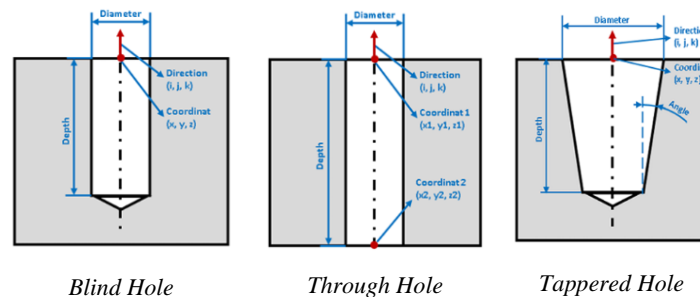
CAIP terdiri dari empat fase utama, yaitu *face detection*, *feature reconstruction*, *inspection planning*, dan *inspection code generated* [6]. Dua fase awal dalam CAIP yaitu *face detection* dan *feature reconstruction*, yang merupakan bagian dari proses *feature recognition*. Proses *feature recognition* ini umumnya dikembangkan dengan menggunakan model data dalam format file STEP [7]. *Face detection* berfungsi mengolah data gambar 3 dimensi dalam format STEP menjadi informasi geometri permukaan, titik, dan arah, sedangkan *feature reconstruction* berfungsi mengolah informasi geometri permukaan menjadi informasi *feature data* dari model 3 dimensi.

Pembuatan algoritma pada penelitian tahun 2014 berfokus pada *single feature primitive box* diantaranya, fitur *step* yang disebut RCT (*Rectangular Corner Through*), fitur *pocket* sudut yang disebut RCB (*Rectangular Corner Blind*), fitur *slot* yang disebut RMT (*Rectangular Middle Through*), fitur *pocket* tepi yang disebut RMB (*Rectangular Middle Blind*), fitur *pocket* tengah yang disebut RHB (*Rectangular Hole Blind*), fitur *hole* yang disebut RHT (*Rectanglar hole through*) [6]. Gambar I.2 menunjukkan klasifikasi *single feature primitive box* yang dilakukan *feature recognition* pada penelitian sebelumnya.



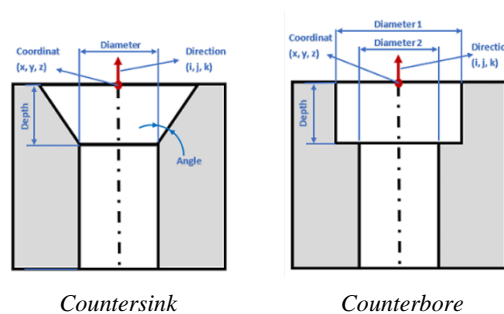
Gambar I. 2 Klasifikasi *Single Feature Primitive Box* [6]

Algoritma *feature recognition* tidak terbatas hanya pada *single feature primitive box* saja, pengembangan yang dilakukan pada tahun 2020 adalah pembuatan algoritma *feature recognition* untuk mengenali *single cylindrical hole feature* berupa *through hole*, *blind hole*, dan *tapered hole* [8], seperti yang ditunjukkan pada Gambar I.3.



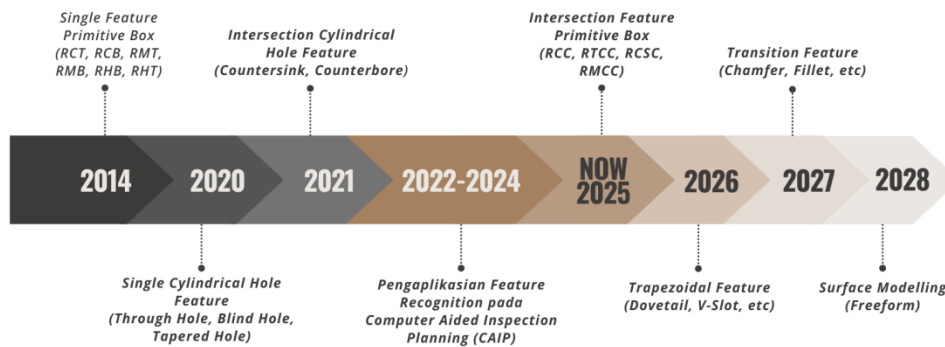
Gambar I. 3 Klasifikasi *Single Cylindrical Hole Feature* [8]

Kemudian pengembangan selanjutnya pada tahun 2021 adalah pembuatan algoritma *feature recognition* dikembangkan untuk mengenali *intersection cylindrical hole feature* berupa *countersink* dan *counterbore* [9], seperti yang ditunjukkan pada Gambar I.4.



Gambar I. 4 Klasifikasi *Intersection Cylindrical Hole Feature* [9]

Pengembangan *feature recognition* pada penelitian ini adalah untuk *intersection feature primitive box* yang terbentuk dari beberapa kemungkinan kombinasi dua *primitive box*. Untuk rincian kombinasi tersebut dapat dilihat pada Lampiran A. *Intersection feature* mengacu pada fitur hasil perpotongan antara dua atau lebih elemen desain, yang menyebabkan perubahan pada bentuk atau struktur dari masing-masing fitur yang berinteraksi [10]. Fitur ini sering muncul dalam proses pemodelan geometris ketika dua bagian dari sebuah desain saling bertemu atau tumpang tindih [10]. Pada Gambar I.5 ditunjukkan *roadmap* pengembangan *feature recognition* dari tahun 2014 hingga rencana pengembangan di masa yang akan datang.



Gambar I. 5 Roadmap Pengembangan *Feature Recognition*

Penelitian yang dilakukan oleh Yogi Muldani Hendrawan pada tahun 2014 berfokus pada pengenalan *single feature primitive box* menggunakan algoritma dasar dalam proses *face detection* dan *feature reconstruction*. Pada penelitian tersebut, *face detection* dilakukan dengan mengekstraksi elemen-elemen geometris dari file STEP secara berurutan, dimulai dari *advanced face* hingga diperoleh *cartesian point* dan arah vektor bidang dari setiap permukaan. Sementara itu, pada penelitian ini, metode *face detection* dikembangkan menjadi lebih efisien dan terstruktur melalui dua tahapan utama, yaitu kategorisasi antara *inner face* dan *outer face* berdasarkan posisi centroid terhadap *bounding box*, serta proses *clustering* menggunakan *matrix adjacency* dan algoritma *Depth First Search* (DFS). Pendekatan ini memungkinkan pengelompokan area-area yang berpotensi membentuk fitur secara lebih cepat, tanpa perlu mengekstrak seluruh entitas STEP satu per satu.

Dari sisi algoritma *feature reconstruction*, pendekatan tahun 2014 menggunakan konektivitas antar *face* berdasarkan kesamaan garis tepi dan karakteristik permukaan yang bersifat *concave*. Sebaliknya, dalam penelitian ini, algoritma *feature reconstruction* dikembangkan dengan menambahkan kriteria spesifik yang mempertimbangkan jumlah *face* yang bersifat *convex* untuk masing-masing jenis *intersection feature* seperti RCC, RCSC, RTCC, dan RMCC/T-Slot.

Pada penelitian ini algoritma yang akan dibuat melalui dua tahap, yaitu pembuatan algoritma *face detection* dan pembuatan algoritma *feature reconstruction*. Dua algoritma ini akan mengolah data model 3 dimensi dengan data input STEP file menjadi *feature data* yang ditampilkan pada *Graphical User Interface* (GUI). *Feature data* yang berisi informasi geometri dari model 3 dimensi dapat dikembangkan menjadi berbagai aplikasi yang mendukung proses desain, perencanaan manufaktur dan analisis produk, contohnya adalah untuk optimasi proses manufaktur seperti *Computer-Aided Process Planning* (CAPP) untuk perencanaan proses manufaktur dan *Computer-Aided Inspection Planning* (CAIP) untuk pengendalian kualitas produk. Penelitian ini akan berfokus pada proses pembuatan algoritma *feature recognition* untuk sebagian jenis *intersection feature primitive box* yang terbentuk dari kombinasi dua *primitive box* diantaranya *Rectangular Corner Cut* (RCC), *Rectangular Center Side Cut* (RCSC), *Rectangular Top Cross Cut* (RTCC), dan *Rectangular Middle Center Cut* (RMCC)/T-Slot.

I.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana mengembangkan alternatif *intersection feature primitive box* untuk berbagai kombinasi dari dua *primitive box*?
2. Bagaimana membuat algoritma untuk mengolah data model 3 dimensi menjadi *feature data* dari *intersection feature primitive box*?
3. Bagaimana membuat *Graphical User Interface* (GUI) untuk menampilkan *feature data* dari *intersection feature primitive box*?
4. Bagaimana membuktikan bahwa algoritma yang dibuat telah layak digunakan?

I.3 Batasan Masalah

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

1. Algoritma *feature recognition* yg dikembangkan hanya sebagian jenis dari *intersection feature* yang terbentuk dari kombinasi dua *primitive box* diantaranya *Rectangular Corner Cut (RCC)*, *Rectangular Center Side Cut (RCSC)*, *Rectangular Top Cross Cut (RTCC)*, dan *Rectangular Middle Center Cut (RMCC)/T-Slot*.
2. *Intersection feature* yang terbentuk dari kombinasi dua *primitive box* hanya memiliki sudut 90° .
3. Hasil kombinasi *intersection feature primitive box* yang dikembangkan dibentuk berdasarkan arah (sejajar dengan sumbu x,y,z), posisi (*Top Corner*, *Top Center*, *Top Side Center*, dan *Middle box*) dan perbedaan dimensi dua *primitive box*.
4. *Intersection feature* yang terbentuk berjenis *through* (tembus) dan fitur *depression*.
5. Model uji 3 dimensi yang digunakan bukan *assembly* model.
6. File gambar 3 dimensi yang diolah adalah file *.STEP.
7. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa Python.
8. Output data berupa informasi *feature data* dari *intersection feature primitive box* berformat txt file.

I.4 Tujuan dan Manfaat

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

1. Mengetahui dan menemukan berbagai jenis *intersection feature primitive box* yang terbentuk dari kombinasi dua *primitive box*.
2. Membuat algoritma untuk mengolah data model 3 dimensi menjadi *feature data* dari *intersection feature primitive box*.
3. Membuat *Graphical User Interface* (GUI) untuk menampilkan *feature data* dari *intersection feature primitive box*.
4. Melakukan pengujian algoritma dengan desain model 3 dimensi dan melakukan analisis perbandingan untuk membuktikan kebenaran hasil.

Dengan tulisan ini, diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut :

1. Dapat mengolah data model 3 dimensi menjadi *feature data* dari *intersection feature primitive box*.
2. Sebagai dasar awal untuk pengembangan berbagai aplikasi yang mendukung proses desain, perencanaan proses manufaktur, analisis produk dan pengendalian kualitas produk.

I.5 Sistematika Penulisan

1. BAB 1 PENDAHULUAN berisikan tulisan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan manfaat serta sistematika penulisan dalam pembuatan 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 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 algoritma dan hasil pengujian algoritma pada tugas akhir ini.
5. BAB V PENUTUP berisikan kesimpulan yang didasarkan pada hasil serta memberikan saran untuk penelitian selanjutnya terkait *Feature Recognition*.