

**PENGEMBANGAN VIRTUAL *STANDARD OPERATING*
PROCEDURE PENGOPERASIAN MESIN CNC HYUNDAI
I-CUT 380TI BERBASIS TEKNOLOGI *AUGMENTED REALITY***

Tugas Akhir

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

Oleh

Alya Amelia

219411002



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Pengembangan Virtual *Standard Operating Procedure* Pengoperasian Mesin
CNC Hyundai I-Cut 380Ti Berbasis Teknologi *Augmented Reality***

Oleh:

Alya Amelia

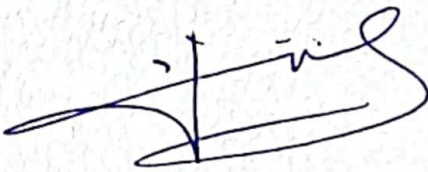
219411002

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

Bandung, 29 Agustus 2023

Disetujui,

Pembimbing I,



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

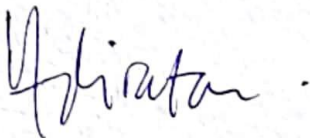
Pembimbing II,



Akil Privamanggala D, ST., MT.
NIP. 196407271989031003

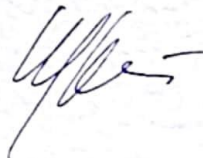
Disahkan,

Ketua Penguji,



M. Yazid D, S.Tr., MT.
NIP. 199401032022031014

Penguji I,



M. Ali S. Masch. Ing. HTL., MT.
NIP. 196011011989031001

Penguji II,



Dr. Herman Budi H, MT., IPM.
NIP. 197902022008101001

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Alya Amelia
NIM : 219411002
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pengembangan Virtual *Standard Operating Procedure* Pengoperasian Mesin CNC Hyundai I-Cut 380Ti Berbasis Teknologi *Augmented Reality*

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 : 10 – 08 – 2023
Yang Menyatakan,

(Alya Amelia)
NIM 219411002

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

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

Nama : Alya Amelia
NIM : 219411002
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pengembangan Virtual *Standard Operating Procedure* Pengoperasian Mesin CNC Hyundai I-Cut 380Ti Berbasis Teknologi *Augmented Reality*

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, mengalih media/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 : 10 – 08 – 2023
Yang Menyatakan,

(Alya Amelia)
NIM 219411002

MOTO PRIBADI

Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri.” – QS Ar Rad 11

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, kakak dan adik-adik saya, teman-teman saya dan semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakallahu Khairan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan karya tulis yang berjudul “Pembuatan Virtual *Standard Operating Procedure* Pengoperasian Mesin CNC Hyundai I-Cut 380Ti Berbasis Teknologi *Augmented Reality*”.

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, Mohammad Nurdin, S.T., M.A.B.
2. Ketua Jurusan Teknik Manufaktur, Bapak Jata Budiman, SST., MT.
3. Yth. Haris Setiawan, SST., M.T, selaku ketua program studi Teknologi Rekayasa Manufaktur.
4. Yth. Yogi Muldani Hendrawan, SST., MT., Ph.D, selaku dosen pembimbing 1 yang telah bekenan memberikan tambahan ilmu dan solusi pada setiap permasalahan atas kesulitan dalam proses penyusunan tugas akhir.
5. Yth. Akil Priyamanggala Danadibrata, S.T., M.T, selaku pembimbing 2 yang telah memberikan masukan dan meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dalam proses pembuatan projek tugas akhir.
6. Teristimewa kepada kedua orang tua, Bapak Asep Tri Suryana dan Ibu Eneng Erliningsih serta keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan dukungan materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman kelas 4MED yang senantiasa memberikan dukungan, semangat dan doa.

8. Rafi Firdaus Akhbar, Dinar Kartika, Widya Azzahra, dan rekan-rekan seperjuangan yang selalu saling mendukung dan memberi solusi setiap permasalahan.

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. Aamiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 10 Agustus 2023

Penulis

ABSTRAK

Perkembangan teknologi pada zaman modern sangatlah pesat. Teknologi yang baru mulai bermunculan satu persatu demi memenuhi kebutuhan manusia. Perkembangan teknologi yang semakin maju, tentunya berpengaruh kedalam berbagai sektor kehidupan manusia. Data web Statista menunjukkan bahwa pengguna *augmented reality* aktif dari tahun 2019-2024, teknologi *augmented reality* akan semakin banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan, terutama pada industri manufaktur. Oleh karena itu, pada penelitian ini berada ditahap pengembangan teknologi *augmented reality* pada virtual *Standard Operating Procedure* (SOP) untuk membantu sektor pendidikan maupun manufaktur dalam pemahaman pengoperasian mesin CNC berbasis teknologi *augmented reality* agar menjadi lebih efektif dan efisien. Penelitian ini memiliki perbedaan pada penelitian sebelumnya, yaitu penggunaan teknologi *augmented reality* secara keseluruhan pada pengoperasiannya tanpa melalui simulasi menggunakan *virtual reality*, sehingga pengguna akan merasakan pengoperasian secara langsung dan memproses benda pada mesin CNC. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu Multimedia Development Life Cycle (MDLC) yang mencakup *pembuatan concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution*. Pengujian dilakukan secara langsung dan pengisian kuesioner pada mahasiswa jurusan teknik manufaktur. Hasil yang diperoleh adalah tingkat keefektifan sebesar 87,71% yang termasuk dalam interval 76-100% dengan kategori sangat efektif.

Kata Kunci : *Augmented Reality*, industri 4.0, virtual *Standard Operating Procedure*, CNC Hyundai I-Cut 380Ti

ABSTRACT

The development of technology in modern times is very rapid. New technologies are starting to emerge one by one to fulfill human needs. The development of technology that is increasingly advanced, of course, affects various sectors of human life. Statista web data shows that active augmented reality users from 2019-2024, augmented reality technology will be increasingly used to fulfill needs, especially in the manufacturing industry. Therefore, this research is at the stage of developing augmented reality technology on virtual Standard Operating Procedure (SOP) to help the education and manufacturing sectors in understanding the operation of CNC machines based on augmented reality technology to be more effective and efficient. This research has differences in previous research, namely the use of augmented reality technology as a whole in its operation without going through a simulation using virtual reality, so that users will experience direct operation and processing of objects on a CNC machine. The methodology used in this research is the Multimedia Development Life Cycle (MDLC) which includes concept generation, design, material collecting, assembly, testing, and distribution. Testing is done directly and filling out questionnaires on students majoring in manufacturing engineering. The result is 87.71% effectiveness level which is included in the interval 76-100% with a very effective category.

Keywords : *Augmented Reality, industry 4.0, virtual Standard Operating Procedure, CNC Hyundai I-Cut 380Ti*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI).....	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR DIAGRAM	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I. BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-5
I.3 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah.....	I-5
I.4 Tujuan	I-6
I.5 Metode Penelitian.....	I-6
I.6 Sistematika Penulisan.....	I-6
II. BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori.....	II-1
II.1.1 Virtual <i>Standard Operating Procedure</i> (SOP)	II-3
II.1.2 Pengoperasian Mesin CNC	II-3
II.1.3 Mesin CNC Milling Hyundai I-Cut 380Ti.....	II-5
II.1.4 Industri 4.0	II-6
II.1.5 Teknologi <i>Augmented Reality</i>	II-7
II.1.6 Cara Kerja <i>Augmented Reality</i>	II-9
II.1.7 Metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC)	II-9
II.2 Tinjauan Alat	II-10

II.2.1 Unity 3D.....	II-10
II.2.2 Vuforia Engine.....	II-11
II.2.3 Canva.....	II-12
II.2.4 Blender.....	II-12
II.2.5 Microsoft Visual Basic.....	II-13
II.2.6 Kacamata <i>Augmented Reality</i>	II-14
II.3 Studi Penelitian Terdahulu.....	II-17
III. BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH.....	III-1
III.1 Diagram Alir Penelitian.....	III-1
III.2 Pembuatan Konsep	III-2
III.2.1 Identifikasi Masalah.....	III-2
III.2.2 Tahap Perancangan	III-3
III.2.3 Rancangan Scene Pengoperasian.....	III-6
III.2.4 Pengambilan <i>Image Target</i>	III-8
III.2.5 Pembuatan Model 3D Pada Solidworks dan Blender.....	III-9
III.3 Pengumpulan Materi, Bahan, dan Referensi (<i>Material Collecting</i>).....	III-11
III.3.1 Pembuatan Program License dan Image Target Pada Vuforia	III-12
III.3.2 Memasukan License dan Image Target Vuforia Pada Unity 3D...	III-13
III.4 Pembuatan Program Unity 3D (<i>Assembly</i>).....	III-15
III.4.1 Pembuatan <i>Scene</i> Pada Unity 3D.....	III-16
III.4.2 Pembuatan <i>Script</i>	III-18
III.5 Simulasi Menggunakan AR Glasses/Smartphone (<i>Testing</i>)	III-21
III.5.1 Simulasi Pada Unity 3D.....	III-21
III.5.2 Simulasi Setelah Aplikasi Telah Dibuat	III-22
III.5.3 Rencana Pengujian.....	III-25
III.6 Penyebaran (<i>Distribution</i>)	III-26
III.7 Cara Kerja Aplikasi	III-26
IV. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1

IV.1 Hasil	IV-1
IV.1.1 Hasil Virtual SOP Yang Telah Dibuat	IV-1
IV.1.2 Hasil Pengujian Virtual Standard Operating Procedure	IV-10
IV.2 Pembahasan.....	IV-12
IV.2.1 Pengujian Terhadap Sasaran Atau Tujuan.....	IV-12
V. BAB V PENUTUP	V-1
V.1 Kesimpulan.....	V-1
V.2 Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Spesifikasi awal pada penelitian jurnal	II-1
Tabel II. 2 Spesifikasi penelitian tugas akhir Yunavia A. dan Bayu R.F	II-2
Tabel II. 3 Spesifikasi Rokid Air Glasses	II-16
Tabel II. 4 Studi penelitian terdahulu.....	II-17
Tabel III. 1 Kelebihan dan kekurangan <i>software</i> untuk objek 3D.....	III-4
Tabel III. 2 Kelebihan dan kekurangan <i>software</i> pembuatan AR.....	III-5
Tabel III. 3 <i>Scene</i> pengoperasian cnc menggunakan AR.....	III-7
Tabel III. 4 Proses penggunaan Blender untuk objek 3D	III-10
Tabel III. 5 Fitur pada Unity 3D	III-16
Tabel III. 6 Tahapan menjadikan bentuk aplikasi dari hasil program Unity 3D.....	III-23
Tabel III. 7 Skala Likert penilaian keefektifan menurut Suharsimi Arikunto	III-26
Tabel IV. 2 Fitur pada menu	IV-4
Tabel IV. 4 Persentase jawaban pembaruan teknologi.....	IV-13
Tabel IV. 5 Persentase jawaban alat bantu pemahaman.....	IV-13
Tabel IV. 6 Persentase jawaban kelayakan.....	IV-13
Tabel IV. 7 Persentase jawaban pemahaman.....	IV-14
Tabel IV. 8 Persentase jawaban efektivitas.....	IV-14

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Penerapan AR pada industri.....	I-2
Gambar I. 2 Hasil survei mengenai sektor untuk <i>immersive technology</i>	I-3
Gambar I. 3 <i>Roadmap of virtual lab technology</i> POLMAN Bandung [9].....	I-4
Gambar II. 1 Mesin CNC Hyundai I-Cut 380Ti.....	II-5
Gambar II. 2 Revolusi industri.....	II-6
Gambar II. 3 Unity 3D	II-10
Gambar II. 4 Vuforia Engine	II-11
Gambar II. 5 Canva.....	II-12
Gambar II. 6 Blender.....	II-13
Gambar II. 7 Microsoft Visual Studio.....	II-14
Gambar II. 8 Penggunaan kacamata AR.....	II-15
Gambar II. 9 Rokid air glasses.....	II-15
Gambar III. 1 Perkembangan pengguna teknologi <i>augmented reality</i> 2019-2024	III-3
Gambar III. 2 Perancangan Canvas Pada Scene Aplikasi.....	III-6
Gambar III. 3 Pengambilan <i>image target</i> pada mesin CNC Hyundai I-cut 380Ti	III-9
Gambar III. 4 Objek 3D dibuat dengan SolidWorks.....	III-9
Gambar III. 5 Image Target Mesin CNC	III-11
Gambar III. 6 Image Target Tombol Mesin CNC.....	III-11
Gambar III. 7 <i>License Key</i>	III-12
Gambar III. 8 Tampilan <i>License Manager</i>	III-12
Gambar III. 9 Target Yang Telah Dibuat Melalui Vuforia.....	III-13
Gambar III. 10 Tampilan Target Manager.....	III-13
Gambar III. 11 Konfigurasi License Key pada Unity 3D	III-14
Gambar III. 12 Bentuk Unity Package dari Vuforia	III-14
Gambar III. 13 Tampilan <i>Scene Main Menu</i>	III-17
Gambar III. 14 Tampilan <i>Scene Set Up</i>	III-17
Gambar III. 15 Script Yang Digunakan Pada Main Menu.....	III-18
Gambar III. 16 Pembuatan Script Management.....	III-19

Gambar III. 17 Tampilan Script Management	III-19
Gambar III. 18 <i>Database image target</i> yang dimunculkan dari Vuforia.....	III-20
Gambar III. 19 Tampilan Assets Untuk Main Menu	III-20
Gambar III. 20 Assets untuk Objek 3D.....	III-20
Gambar III. 21 <i>Image target</i> setelah diberikan objek 3D dan gambar.....	III-21
Gambar III. 22 <i>Menu</i> untuk mencoba hasil program Unity 3D	III-21
Gambar III. 23 Tampilan Build Setting	III-22
Gambar III. 24 Bentuk aplikasi dalam format .apk.....	III-23
Gambar III. 25 Cara kerja virtual SOP berbasis AR.....	III-26
Gambar IV. 1 Logo OsCAR.....	IV-1
Gambar IV. 2 Tampilan halaman aplikasi	IV-2
Gambar IV. 3 Menampilkan ketika tombol <i>start</i> ditekan	IV-2
Gambar IV. 4 Tampilan Menu	IV-3
Gambar IV. 5 Tampilan tombol info ketika diklik	IV-3
Gambar IV. 6 Tampilan setelah keluar aplikasi.....	IV-4
Gambar IV. 7 Tampilan <i>scene</i> menyalakan mesin.....	IV-8
Gambar IV. 8 Tampilan <i>scene</i> fitur mesin	IV-8
Gambar IV. 9 Tampilan <i>scene setup</i> mesin	IV-9
Gambar IV. 10 Tampilan <i>scene setting tools</i> dan benda kerja.....	IV-9
Gambar IV. 11 Tampilan <i>scene running program</i>	IV-10
Gambar IV. 12 Tampilan <i>scene finish</i>	IV-10
Gambar IV. 13 Pengujian virtual SOP dengan AR glasses.....	IV-11
Gambar IV. 14 Pengujian virtual SOP.....	IV-12
Gambar IV. 15 Pengujian dengan <i>smartphone</i>	IV-12

DAFTAR DIAGRAM

Diagram III. 1 Pembuatan program virtual SOP	III-1
Diagram III. 2 Pembuatan program Unity 3D	III-15

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pertanyaan Kuesioner Pengujian

Lampiran 2. Jawaban Kuesioner Pada Pengujian

Lampiran 3. Hasil Kuesioner Pengujian Virtual *Standard Operating Procedure* (SOP)

Lampiran 4. Hasil Kuesioner Pengujian Dengan Skala Likert

Lampiran 5. Perhitungan Nilai Korelasi Dengan Minitab

Lampiran 6. Perhitungan Uji Validitas Dengan Tabel Signifikansi

Lampiran 7. C # Script Menu

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada zaman modern sangatlah pesat. Teknologi yang baru mulai bermunculan satu persatu demi memenuhi kebutuhan manusia. Perkembangan teknologi yang semakin maju, tentunya berpengaruh kedalam berbagai sektor kehidupan manusia. Perkembangan teknologi tersebut dapat memudahkan kegiatan sehari-hari menjadi lebih cepat dan efisien. Kemajuan teknologi semakin pesat dan cepat sekali perubahannya. Dalam industri 4.0, sistem manufaktur yang lebih cerdas, fleksibel, dan dapat dikonfigurasi ulang dapat memenuhi tuntutan pasar.

Industri 4.0 adalah revolusi industri yang menggunakan teknologi otomatisasi dengan teknologi *Internet of Things* (IoT). Revolusi industri 4.0 sering juga disebut dengan *cyber physical system*. Revolusi ini menitikberatkan pada otomatisasi dan mengkolaborasikannya dengan teknologi *cyber*. Ciri utama dari revolusi industri ini adalah penggabungan informasi dan teknologi komunikasi dalam bidang industri. Munculnya revolusi industri menyebabkan adanya perubahan dalam berbagai sektor. Jika semula membutuhkan pekerja yang cukup banyak, namun kini segala sesuatu bisa digantikan dengan penggunaan mesin teknologi. Menurut Herman (2015) mengatakan bahwa revolusi industri 4.0 adalah sebuah era industri digital dimana seluruh bagian yang ada didalamnya saling berkolaborasi dan berkomunikasi secara *real time*, dimana saja, dan kapan saja dengan pemanfaatan IT (teknologi informasi) berupa internet dan CPS, IoT, dan IoS guna menghasilkan inovasi baru atau optimasi lainnya yang lebih efektif dan efisien. [1].

Menurut Alasdair Gilchrist (2016), industri 4.0 yang bergantung pada *Internet of Things* (IoT) telah menjadi ide yang paling banyak dibicarakan tentang industri dalam beberapa tahun terakhir, terutama di industri manufaktur. Banyak industri memperkirakan bahwa industri *Internet of Things* akan memberikan tingkat pertumbuhan dan produktivitas yang luar biasa di masa mendatang. Akibatnya, banyak peluang bisnis berusaha untuk memanfaatkan potensi besar ini [2].

Penerapan industri 4.0 yang sudah dikembangkan yaitu mesin *Computer Numerical Control* (CNC) dengan terhubung *Internet of Things* (IoT).

Computer Numerical Control (CNC) merupakan salah satu komponen inti dalam suatu proses manufaktur dalam suatu proses produksi. Proses permesinan CNC diawali dengan mendesain objek menggunakan *software* berbasis *Computer Aided Design* (CAD) kemudian diteruskan ke dalam proses *software* berbasis *Computer Aided Manufacturing* (CAM) yaitu sebuah teknologi aplikasi yang menggunakan perangkat lunak komputer dan mesin untuk melihat simulasi yang dilakukan selama proses pemakanan dan mengotomatisasi proses manufaktur. Menurut [3], permesinan CNC adalah bagian penting dari proses manufaktur. Proses ini dimulai dengan desain objek, yang kemudian dilanjutkan dengan pembuatan berdasarkan desain tersebut. Salah satu teknologi industri 4.0 yang dapat menjadikan proses belajar CNC menjadi lebih cepat yaitu dengan menggunakan *Augmented Reality* (AR). AR merupakan teknologi digital canggih dan telah digunakan dalam banyak aplikasi Industri 4.0, seperti pelatihan dan pembelajaran, pemantauan dan manajemen, dan petunjuk proses *maintenance* dalam waktu yang nyata.



Gambar I. 1 Penerapan AR pada industri

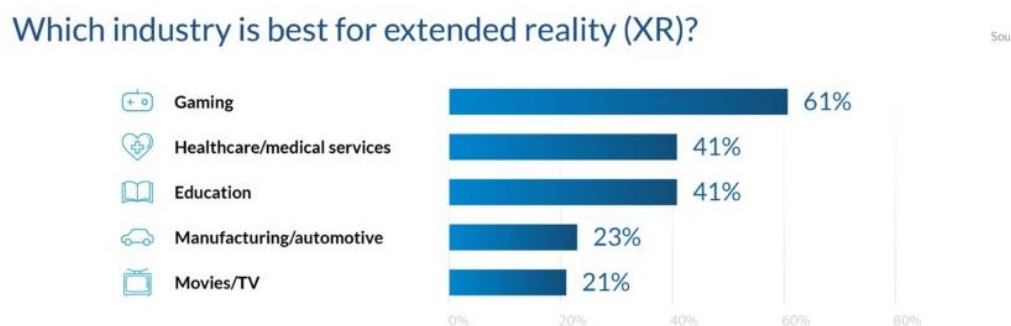
Teknologi *Augmented Reality* (AR) merupakan pengembangan dari teknologi *Virtual Reality*. Teknologi *augmented reality* adalah teknologi yang melengkapi persepsi pengguna tentang dunia nyata dengan bantuan komputer, memungkinkan orang untuk menerima informasi yang lebih banyak, sehingga mereka dapat membuat keputusan atau operasi yang lebih akurat dan keputusan atau operasi yang

lebih akurat dan cepat [4]. Data web Statista menunjukkan bahwa pengguna aktif *augmented reality* dari tahun 2019-2024, akan semakin banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan, terutama pada industri manufaktur [5]. Teknologi AR tersebut menjadi penerapan industri 4.0 pada setiap tahap penerapan teknologi yang lebih canggih, seperti *digital twin*.

Digital twin adalah representasi virtual dari sistem atau proses fisik yang memungkinkan pemantauan, analisis, dan pengoptimalan secara *real-time*. Dalam manufaktur cerdas, *digital twin* dapat digunakan untuk mensimulasikan dan mengoptimalkan proses produksi, memprediksi dan mencegah kegagalan peralatan, dan meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi suku cadang [6].

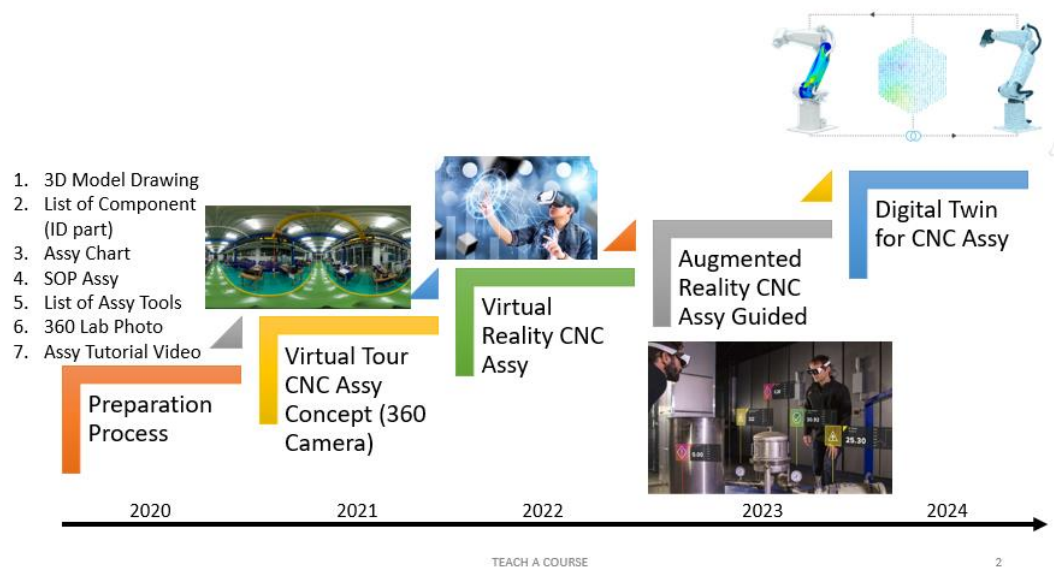
Yu-Ting Lin dan I-Jui Lee (2020) mengungkapkan dalam penelitiannya terhadap 10 mahasiswa untuk melakukan eksperimen pengoperasian CNC menggunakan AR dan VR. Hasilnya adalah mahasiswa menjadi lebih mengenal dan memahami bagaimana pengoperasian mesin CNC, prinsip kerja, dan proses benda kerja secara virtual. Penelitian ini menunjukkan dengan teknologi AR untuk pengenalan mesin, *tools*, dan informasi tambahan lainnya. Sementara itu, untuk simulasi pengoperasian benda masih menggunakan VR karena mesin yang sangat terbatas [7].

Menurut survei yang dilakukan oleh Perkins Coie pada tahun 2020 dan 2021 [8] mengenai sektor apa saja yang paling baik untuk penerapan *augmented reality* dan *virtual reality*. Data tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar I. 2 Hasil survei mengenai sektor untuk *immersive technology*

Pada gambar diatas menunjukkan sektor-sektor yang diinginkan oleh responden untuk penerapan teknologi imersif, seperti *augmented reality* agar kebutuhan dalam sektor tersebut dapat dilakukan secara cepat dan efisien. Survei tersebut dilakukan sebanyak dua kali, yaitu sebelum adanya pandemi dan sesudah adanya pandemi. Sebelum adanya pandemi tahun 2020, survei dilakukan untuk menanyakan sektor apa saja yang harus dikembangkan melalui *augmented reality* dan *virtual reality*. Sedangkan survei kedua dilakukan setelah adanya pandemi tahun 2021 untuk menanyakan sektor apa saja yang harus dibantu pada masa pandemi dengan menggunakan teknologi *augmented reality* dan *virtual reality*. Hasilnya adalah sektor yang paling sangat diminati yaitu *gaming*, kemudian diikuti oleh kesehatan, pendidikan, manufaktur/otomotif, dan film/TV.



Gambar I. 3 Roadmap of virtual lab technology POLMAN Bandung [9]

Sementara itu, berdasarkan gambar I.3 mengenai perkembangan pada laboratorium teknologi virtual dari 2020-2024 dari pengembangan laboratorium I-Maschine. Perkembangan teknologi diawali dengan persiapan proses, pembuatan virtual *tour* CNC, pengembangan adanya *Virtual Reality*, pengembangan adanya *Augmented Reality*, dan teknologi *digital twin*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penerapan teknologi berada pada tahap teknologi *Virtual Reality* (VR) dan perlu mendapatkan perkembangan mengikuti perkembangan teknologi yang semakin berkembang.

Berdasarkan permasalahan diatas, pada penelitian ini berada ditahap pengembangan teknologi *augmented reality* pada virtual *Standard Operating Procedure* (SOP) untuk membantu sektor pendidikan maupun manufaktur dalam pemahaman pengoperasian mesin CNC berbasis teknologi *augmented reality* agar menjadi lebih efektif dan efisien. Penelitian ini memiliki perbedaan pada penelitian sebelumnya, yaitu penggunaan teknologi *augmented reality* secara keseluruhan pada pengoperasiannya tanpa melalui simulasi menggunakan *virtual reality*, sehingga pengguna akan merasakan pengoperasian secara langsung dan memproses benda pada mesin CNC. Diharapkan nantinya virtual SOP ini akan menjadi permulaan perkembangan teknologi pada pengoperasian CNC terutama di Politeknik Manufaktur Bandung untuk mempersiapkan teknologi *augmented reality* yang semakin berkembang pesat.

I.2 Rumusan Masalah

Setelah mengkaji latar belakang penelitian, maka terdapat beberapa rumusan permasalahan yang perlu diidentifikasi, yaitu:

1. Bagaimana langkah pembuatan virtual *Standard Operating Procedure* (SOP) pengoperasian mesin CNC dengan teknologi *augmented reality*?
2. Bagaimana cara agar pengguna baru lebih cepat memahami mesin CNC dalam mengoperasikannya tanpa perlu adanya arahan dan waktu *training*?
3. Bagaimana tingkat efektivitas penggunaan teknologi *augmented reality* sebagai media pemahaman pengoperasian CNC?

I.3 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah yang menjadi fokus penulis dalam melakukan penelitian. Berikut beberapa batasan masalah yang disajikan:

1. Membahas langkah-langkah pembuatan virtual *Standard Operating Procedure* (SOP) yang digunakan untuk mengoptimalkan pemahaman pengoperasian mesin CNC.
2. Membahas pengoperasian mesin CNC dengan teknologi *augmented reality* mulai dari menyalakan mesin, memproses suatu program pada mesin, dan mematikan mesin.

3. Virtual *Standard Operating Procedure* berbasis teknologi *augmented reality* yang dibuat menggunakan mesin CNC *Hyundai I-Cut 380Ti* sebagai objek penelitian.

I.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Adanya virtual *Standard Operating Procedure* (SOP) pada pemahaman pengoperasian mesin CNC berbasis teknologi *augmented reality*.
2. Membuat para pengguna/operator baru CNC lebih cepat memahami pengoperasian mesin CNC tanpa melalui pelatihan yang lama.
3. Melakukan pembaharuan dalam bidang teknologi dimulai dengan melakukan interaksi pengoperasian mesin menggunakan teknologi *augmented reality* sehingga pengguna bisa melakukan pengoperasian mesin secara langsung.

I.5 Metode Penelitian

Berikut manfaat yang didapatkan dari penelitian ini:

1. Para pengguna dapat memproyeksikan diri dalam melakukan pengoperasian mesin sehingga diharapkan dapat cepat memahami mengenai peraturan mesin dan langkah-langkah menggunakan mesin CNC secara langsung.
2. Mempermudah dalam pemahaman materi beserta simulasi pembelajaran pengoperasian mesin secara interaktif.
3. Penerapan industri 4.0 pada dunia industri maupun pendidikan untuk pemahaman pengoperasian CNC.

I.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan karya tulis ini, terdapat 5 (lima) bab yang akan disusun yaitu sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup kajian dan batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisi teori – teori pendukung penelitian atau pembuatan yang berasal dari jurnal, buku, dan sumber lainnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi metode penelitian yang akan dilakukan pada pembuatan media pembelajaran, seperti langkah-langkah pembuatan.

BAB IV UJI COBA DAN PEMBAHASAN

Berisi langkah – langkah pengujian dan analisa serta pembahasan mengenai hasil penelitian atau uji coba.

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dari kajian yang dilakukan dan saran untuk pengembangan hasil kajian di masa mendatang.