



**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**Perancangan Aplikasi Berbasis Teknologi Realitas  
Maya (*Virtual Reality*) untuk Simulasi Pengelasan**

**Hamzah Abalfatah Alfauzi  
NRP 0411154000080**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**



**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**Perancangan Aplikasi Berbasis Teknologi Realitas  
Maya (*Virtual Reality*) untuk Simulasi Pengelasan**

**Hamzah Abalfatah Alfauzi  
NRP 0411154000080**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**



**FINAL PROJECT - MN 184802**

## **Virtual Reality Based Application for Welding Simulation**

**Hamzah Abalfatah Alfauzi  
NRP 04111540000080**

**Supervisor  
Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2019**

# LEMBAR PENGESAHAN

**Perancangan Aplikasi Berbasis Teknologi Realitas Maya (*Virtual Reality*) untuk Simulasi Pengelasan**

## TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Hamzah Abalfatah Alfauzi**  
NRP 0411154000080

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



**Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.**  
NIP 19610914 198701 1 001

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



**Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**  
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 29 Juli 2019

## LEMBAR REVISI

### Perancangan Aplikasi Berbasis Teknologi Realitas Maya (*Virtual Reality*) Untuk Simulasi Pengelasan

#### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 3 Juli 2019

Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

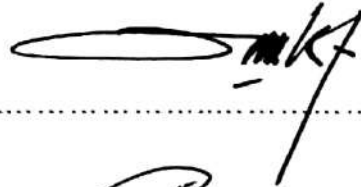
**Hamzah Abalfatah Alfauzi**  
NRP 0411154000080

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.



2. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.



3. Mohammad Sholikhhan Arif, S.T., M.T.



4. Sufian Imam Wahidi, S.T., M.Sc.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.



SURABAYA, 19 Juli 2019

Dipersembahkan kepada Mamah dan Bapak atas segala dukungan dan doanya

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Bapak Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc., Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc., Ibu Sri Rejeki Wahyu Pribadi S.T., M.T., Imam Baihaqi S.T., M.T., Mohammad Sholikhhan Arif, S.T., M.T., Sufian Imam Wahidi, S.T., M.Sc. selaku Dosen Industri Perkapalan yang telah memberikan bimbingan baik di bidang akademik maupun non akademik.
3. Bapak Totok Yulianto, S.T., M.T. selaku dosen wali pembimbing atas dukungan dan motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan yang telah mendukung dan memberi motivasi penulis dalam Tugas Akhir ini.
5. Mama Martia Rani Winawati dan Bapak Rachmadi Agus Triono serta Mas ican, Mba Mira, Mas Fikar, dan Adek Adis atas segala doa, dukungan dan kepercayaan kepada penulis dalam perjuangan menyelesaikan perkuliahan dan Tugas Akhir ini;
6. Teman-teman kontrakan SEMUT (Semolowaru Utara) Iqbal, Adhi, Khamdan, Fudail, Hisyam, Deni, dan Wikan yang telah memberikan pelajaran bagi penulis dalam berjuang menyelesaikan perkuliahan;
7. Sonya Hidayati Setiyono yang telah memberikan waktu, perhatian dan dukungan dalam keseharian penulis;
8. Bapak Janto, Bapak Pardi, Bapak Deni, dan Mas Joko yang telah membantu penelitian ini di Laboratorium Teknologi dan Manajemen Produksi Kapal;
9. Angkatan P55-SAMUDRARAKSA yang telah menjadi rumah pertama bagi penulis di kota perjuangan;
10. UKM Bola Basket Eskalasi yang sudah memberikan pelajaran dan dukungan bagi penulis
11. Ramdan yang membantu penulis dalam merancang aplikasi serta menjelaskan segala proses pembuatan aplikasi;
12. Iqbaal, Tony, dan Dhafir yang telah berpartisipasi sebagai peserta pelatihan pengelasan
13. Dan semua pihak yang telah memberikan dukungan dan dorongan positif kepada penulis baik langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, Juli 2019

Hamzah Abalfatah Alfauzi

## Perancangan Aplikasi Berbasis Teknologi Realitas Maya (*Virtual Reality*) untuk Simulasi Pengelasan

Nama Mahasiswa : Hamzah Abalfatah Alfauzi  
NRP : 0411154000080  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.

### ABSTRAK

Dalam pelaksanaan pelatihan pengelasan diperlukan *consumable material* (kawat elektrode dan pelat baja) dalam jumlah yang banyak sehingga menyebabkan biaya pelatihan pengelasan yang cukup tinggi. Tujuan Tugas Akhir ini adalah untuk merancang aplikasi simulasi pengelasan berbasis teknologi VR (*virtual reality*) untuk mengurangi penggunaan *consumable material*. Pertama, dilakukan *literature review* terkait penerapan teknologi VR, didapatkan bahwa penerapan teknologi VR memerlukan 2 perangkat utama yaitu HMD (*Head-Mounted Display*) dan *glove/controller*. Kedua, dilakukan observasi dari proses pelatihan pengelasan konvensional dan *literature review* simulasi pengelasan, dari hasil observasi didapatkan bahwa pelaksanaan proses pengelasan menggunakan separangkat peralatan las dan juga *consumable material* dan dari hasil *literature review* didapatkan bahwa *welding simulator* menggunakan teknologi AR (*Augmented Reality*). Ketiga, ditentukan variabel pengelasan yang akan dikembangkan di dalam aplikasi. Keempat, dilakukan perancangan aplikasi simulasi pengelasan berbasis teknologi VR dengan variabel pengelasan yang sudah ditentukan. *Software* yang digunakan untuk merancang aplikasi adalah *Microsoft Visual Studio*, *Blender*, dan *Unity*. Aplikasi yang dirancang dapat mensimulasikan proses pengelasan pembuatan alur las, 1F, dan 2F. Setelah itu dilakukan uji perbandingan 7 variabel antara pengelasan konvensional dengan aplikasi simulasi pengelasan *ChiefWeld*, didapatkan hasil bahwa *ChiefWeld* dapat mensimulasikan pergerakan tangan namun tidak pada pergerakan tubuh, pada variabel jarak busur terdapat indikator nilai jarak busur secara langsung pada *ChiefWeld*, pada variabel sudut elektrode terdapat indikator langsung yang menunjukkan sudut elektrode terhadap pelat dan *fusion line*, pada variabel nilai *travel speed ChiefWeld* dapat menghitung secara otomatis, pada variabel keselamatan *ChiefWeld* lebih selamat karena pengelasan di dunia virtual, pada variabel waktu *ChiefWeld* lebih efektif karena fokus pada proses pengelasan, dan pada variabel dampak terhadap lingkungan *ChiefWeld* terbebas dari sampah maupun polusi asap. Total biaya investasi yang dibutuhkan untuk pembuatan aplikasi sebesar Rp 6.113.333 dan biaya peralatan sebesar Rp 14.908.000. Biaya yang tereduksi antara pelatihan pengelasan menggunakan *ChiefWeld* senilai Rp 16.774.613 atau 15,33% dari pelatihan pengelasan konvensional

Kata kunci: pelatihan, simulasi, pengelasan, *virtual reality*



# VIRTUAL REALITY BASED APPLICATION FOR WELDING SIMULATION

Author : Hamzah Abalfatah Alfauzi  
Student Number : 0411154000080  
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology  
Supervisor : Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc

## ABSTRACT

Welding training demand a lot of wire electrode and steel specimen, therefore it increases the operational cost. This final project aims to design VR (virtual reality) based application for welding simulation to reduce the consumable material during welding training. First, a literature review related to the application of VR technology was carried out, from the literature review obtained on the application of VR technology, two main devices were needed HMD (Head-Mounted Display) and glove/controller. Second, observations from the conventional welding training and literature review of welding simulations were carried out, from the observations obtained by the welding process using a set of welding equipment and consumables and the results of the literature review obtained from the welding simulator using AR (Augmented Reality) technology. Third, the welding variables that will be developed in the application are determined. Fourth, the design of VR technology-based welding simulation is carried out with predetermined welding variables. The software used to develop the application is *Microsoft Visual Studio*, *Blender*, and *Unity*. Applications can simulate the welding process of running a straight bead, 1F, and 2F. After that, 7 variables between conventional welding and ChiefWeld's welding simulation application was compared. It was found that ChiefWeld could simulate hand movements but not body movements. In the arc distance variable there was an indicator of arc distance values on ChiefWeld. in the electrode angle variable there is a direct indicator showing the angle of the electrode against the plate and fusion line, in the travel speed ChiefWeld variable it can automatically calculate travel speed, ChiefWeld's safety variable is more safe due to welding in the virtual world, in ChiefWeld's time variable is more effective because of focus in the welding process, and the variable impact on the environment ChiefWeld is free from waste and smoke pollution. The total investment cost needed for the application is Rp 6.113.333 and equipment costs are Rp 14.908.000. Costs reduced between welding training using ChiefWeld are Rp 16.774.613 or 15,33% of conventional welding training.

Keywords: training, welding, simulator, virtual reality

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
Bab 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Hipotesis.....	3
Bab 2 STUDI LITERATUR.....	5
2.1. Teknologi Realitas Maya ( <i>virtual reality</i> ).....	5
2.1.1. Perangkat dan <i>Software</i> Pendukung Teknologi Realitas Maya.....	5
2.1.2. Simulasi Menggunakan Teknologi Realitas Maya .....	11
2.2. Pelatihan Pengelasan SMAW.....	13
2.2.1. Tujuan Pelatihan Pengelasan .....	14
2.2.2. Tahap Pembelajaran Pelatihan Pengelasan SMAW .....	14
2.2.3. Las Listrik SMAW .....	15
2.2.4. Posisi Pengelasan Pelat.....	19
2.2.5. Kualifikasi Ketrampilan Juru Las/ <i>Welder</i> .....	20
2.3. <i>Welding Simulator</i> yang sudah ada .....	21
2.3.1. Pelatihan Pengelasan Menggunakan <i>Welding Simulator</i> Berbasis Pemrograman Komputer Sebagai Pengganti Elektrode Konvensional.....	21
2.3.2. <i>VRTEX 360</i> .....	22
2.3.3. <i>AugmentedArc</i> .....	23
Bab 3 METODOLOGI .....	25
3.1. Bagan Alir .....	25
3.2. Tahap Identifikasi dan Perumusan masalah .....	27
3.3. Tahap Studi Literatur .....	27
3.4. Tahap Survei Lapangan.....	27
3.5. Tahap Pengumpulan Data .....	27
3.6. Tahap Pengolahan Data.....	28
3.7. Tahap Pembuatan Aplikasi <i>Welding Simulator</i> .....	28
3.8. Tahap Analisis Teknis.....	28
3.9. Tahap Analisis Ekonomis.....	29
3.10. Tahap Kesimpulan dan Saran.....	29

Bab 4 KONDISI PELATIHAN PENGELASAN DASAR SAAT INI .....	31
4.1.    Kondisi Pelatihan Pengelasan Dasar .....	31
4.1.1.  Proses Pengadaan Pelatihan Pengelasan Dasar .....	31
4.1.2.  Praktik Pelatihan Pengelasan SMAW .....	33
4.2.    Biaya Pelatihan Pengelasan.....	43
4.2.1.  Biaya Kebutuhan Pengelasan .....	43
4.2.2.  Biaya Tenaga Kerja .....	45
4.3.    Faktor yang Mempengaruhi Pengelasan .....	46
4.3.1.  Pergerakan tubuh .....	46
4.3.2.  Jarak Busur .....	47
4.3.3.  Sudut Pengelasan .....	49
4.3.4.  Arus .....	51
4.3.5.  Kecepatan Pengelasan .....	51
4.3.6.  Jarak <i>Weaving</i> .....	52
Bab 5 PERANCANGAN SIMULASI PENGELASAN .....	53
5.1.    Analisis Konten Pelatihan Pengelasan <i>ChiefWeld</i> .....	53
5.1.1.  Materi Pelatihan Pengelasan.....	53
5.1.2.  Variabel Penilaian Pengelasan.....	53
5.2.    Teknologi yang Digunakan .....	54
5.2.1.  Perangkat <i>Virtual Reality</i> .....	54
5.2.2. <i>PS Move</i> .....	54
5.2.3.  Aplikasi <i>ChiefWeld</i> .....	55
5.3.    Pembuatan dan Penggunaan Prototipe <i>ChiefWeld</i> .....	55
5.3.1.  Persiapan Alat.....	55
5.3.2.  Perancangan Aplikasi <i>ChiefWeld</i> Simulator.....	56
5.3.3.  Perangkaian Alat.....	58
5.3.4.  Penggunaan <i>ChiefWeld</i> .....	59
5.4.    Tampilan Aplikasi <i>ChiefWeld</i> .....	64
5.5.    Simulasi Pengelasan Menggunakan <i>ChiefWeld</i> .....	66
5.6.    Penggunaan Aplikasi <i>ChiefWeld</i> pada Perangkat VR yang Berbeda.....	72
5.6.1. <i>Platform</i> perangkat VR.....	72
5.6.2. <i>Peripheral</i> perangkat VR.....	72
Bab 6 ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS.....	75
6.1.    Analisis Teknis.....	75
6.1.1.  Perbandingan Teknis Pelatihan Pengelasan .....	75
6.1.2.  Analisis Perbandingan Hasil Sebelum dan Sesudah Pelatihan <i>ChiefWeld</i> .....	77
6.1.3.  Analisis Pengurangan Pemakaian <i>Consumable Material</i> .....	81
6.1.4.  Analisis Pengurangan Waktu Pelatihan Pengelasan.....	81
6.2.    Analisis Ekonomis.....	83
6.2.1.  Biaya Investasi Peralatan <i>ChiefWeld</i> .....	83
6.2.2.  Biaya Operasional Pelatihan Menggunakan <i>ChiefWeld</i> Simulator .....	85
6.2.3.  Perbandingan Biaya Pelatihan Konvensional dengan <i>ChiefWeld</i> .....	88
6.3.    Kelebihan dan Kekurangan <i>ChiefWeld</i> .....	89
Bab 7 KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
7.1.    Kesimpulan.....	91
7.2.    Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA.....	93
LAMPIRAN	
LAMPIRAN A SILABUS PELATIHAN PENGELASAN DASAR	

LAMPIRAN B WPS SMAW POSISI 2F

LAMPIRAN C PELATIHAN PENGELASAN DASAR MENGGUNAKAN *CHIEFWELD*

LAMPIRAN D CV *WELDER* PROFESIONAL DAN PESERTA PELATIHAN

BIODATA PENULIS

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Logo <i>Software Blender</i> .....	6
Gambar 2.2 Contoh Penggunaan <i>Blender</i> .....	7
Gambar 2.3 Logo <i>Software Android Studio</i> .....	9
Gambar 2.4 Logo <i>Software FreePIE</i> .....	10
Gambar 2.5 (a) <i>PS Move</i> (b) <i>PS Eye</i> .....	11
Gambar 2.6 Taman Dinosaurus Virtual.....	11
Gambar 2.7 Desain Treadmill .....	12
Gambar 2.8 Visualisasi <i>FlyInside</i> .....	13
Gambar 2.9 Visualisasi Ruang Operasi.....	13
Gambar 2.10 Perangkat Utama Pengelasan.....	15
Gambar 2.11 Jenis Posisi Sambungan Tumpul .....	19
Gambar 2.12 Jenis Posisi Sambungan <i>Fillet</i> .....	20
Gambar 2.13 Seperangkat <i>Wii_WELD</i> .....	22
Gambar 2.14 <i>VRTEX 360</i> .....	22
Gambar 2.15 <i>Perlengkapan AugmentedArc</i> .....	23
Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	26
Gambar 4.1 Alur Proses Pengadaan Pelatihan Pengelasan Dasar .....	31
Gambar 4.2 Alur Pelatihan Pengelasan SMAW .....	33
Gambar 4.3 Peralatan Mesin Las.....	34
Gambar 4.4 Perkakas Pendukung Pengelasan.....	35
Gambar 4.5 Bilik Las.....	35
Gambar 4.6 Peralatan Keselamatan.....	36
Gambar 4.7 Penyalaan Busur Listrik.....	37
Gambar 4.8 Pembuatan Alur Las .....	37
Gambar 4.9 Macam-Macam ayunan pengelasan.....	38
Gambar 4.10 (a) Posisi Pelat (b) Pengelasan Posisi 1F .....	39
Gambar 4.11 (a) Proses Pengelasan Posisi 2F (b) Arah Pengelasan 2F .....	40
Gambar 4.12 Pengelasan Posisi 3F.....	41
Gambar 4.13 Pengelasan <i>Butt Joint</i> .....	42
Gambar 4.14 (a) Awal Proses Pengelasan (b) Akhir Proses Pengelasan .....	47
Gambar 4.15 Hasil Pengelasan dari Jarak Busur yang Lebih Panjang.....	48
Gambar 4.16 Hasil Pengelasan dari Jarak Busur yang Lebih pendek.....	48
Gambar 4.17 Hasil Pengelasan dengan Jarak Busur Sesuai .....	49
Gambar 4.18 Sudut Elektrode Terhadap Pelat pada Arah Melintang .....	49
Gambar 4.19 Posisi Elektrode Terhadap Pelat pada Arah Pengelasan.....	50
Gambar 4.20 Posisi Elektrode Terhadap Masing-masing Pelat .....	50
Gambar 4.21 <i>Incomplete Fusion</i> .....	51
Gambar 5.1 <i>Oculus Go</i> .....	54
Gambar 5.2 Alur Pembuatan dan Penggunaan Prototipe .....	55
Gambar 5.3 Alur Perancangan Aplikasi <i>ChiefWeld</i> .....	56
Gambar 5.4 Pembuatan Objek 3 dimensi .....	56
Gambar 5.5 Penulisan <i>Script</i> Program .....	57
Gambar 5.6 Pengembangan Program dengan <i>Unity</i> .....	57

Gambar 5.7 Perangkaian Alat.....	58
Gambar 5.8 Alur Penggunaan <i>ChiefWeld</i> .....	59
Gambar 5.9 <i>Folder PSMoveService</i> .....	59
Gambar 5.10 Aplikasi <i>test_camera</i> .....	60
Gambar 5.11 Visualisasi <i>PS Eye</i> pada Komputer.....	60
Gambar 5.12 Tampilan Depan <i>PSMove Config Tool</i> .....	61
Gambar 5.13 Menu <i>Tracker Setting</i> .....	61
Gambar 5.14 Penggunaan Papan Kalibrasi .....	62
Gambar 5.15 <i>Script</i> untuk <i>FreePie</i> .....	62
Gambar 5.16 <i>Running Script</i> pada <i>FreePie</i> .....	63
Gambar 5.17 <i>Software PSMoveFreePieBridge</i> .....	63
Gambar 5.18 <i>Software UnityTrialServer</i> .....	64
Gambar 5.19 Pengisian Nama dan ID .....	64
Gambar 5.20 Pemilihan Proses Pengelasan.....	65
Gambar 5.21 Pemilihan Posisi Pengelasan.....	65
Gambar 5.22 Tombol <i>Restart</i> dan <i>Analyze</i> .....	66
Gambar 5.23 Proses Pengelasan pada <i>ChiefWeld</i> .....	70
Gambar 5.24 Hasil Pengelasan pada <i>ChiefWeld</i> .....	71
Gambar 5.25 Perbandingan Kondisi Dunia Nyata dan Dunia Virtual .....	71
Gambar 6.1 (a) <i>Pretest Welding</i> alur (b) <i>Posttest Welding</i> alur .....	78
Gambar 6.2 (a) <i>Pretest Welding 1F</i> (b) <i>Posttest Welding 1F</i> .....	79
Gambar 6.3 (a) <i>Pretest Welding 2F</i> (b) <i>Posttest Welding 2F</i> .....	80

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Jadwal Pelatihan Pengelasan Dasar .....	32
Tabel 4.2 Kebutuhan Elektrode .....	43
Tabel 4.3 Kebutuhan Spesimen .....	44
Tabel 4.4 Total Biaya Kebutuhan Pengelasan .....	45
Tabel 4.5 Kebutuhan Tenaga Kerja .....	45
Tabel 4.6 Total Biaya Pelatihan Pengelasan Dasar .....	46
Tabel 5.1 Spesifikasi <i>Oculus Go</i> .....	54
Tabel 5.2 Fitur Pengelasan yang Disimulasikan .....	66
Tabel 5.3 Proses Pelatihan Pengelasan yang Disimulasikan .....	68
Tabel 5.4 <i>Platform</i> Perangkat VR .....	72
Tabel 5.5 <i>Peripheral</i> Perangkat VR .....	72
Tabel 6.1 Perbandingan Kedua Proses Pengelasan .....	75
Tabel 6.2 Penggunaan <i>Consumable Material</i> .....	81
Tabel 6.3 Penggunaan Waktu Pelatihan Pengelasan Dasar Konvensional .....	81
Tabel 6.4 Penggunaan Waktu Pelatihan Pengelasan Dasar dengan <i>ChiefWeld</i> .....	82
Tabel 6.5 Perbandingan Waktu Pelatihan.....	82
Tabel 6.6 Rincian Biaya Pembuatan Aplikasi .....	83
Tabel 6.7 Tabel Rincian Biaya Investasi Peralatan Simulator .....	84
Tabel 6.8 Penggunaan Elektrode .....	85
Tabel 6.9 Biaya Spesimen Pelat Baja.....	85
Tabel 6.10 Biaya Keseluruhan Kebutuhan Pengelasan .....	87
Tabel 6.11 Biaya Tenaga Kerja .....	87
Tabel 6.12 Biaya Keseluruhan Pelatihan Pengelasan <i>ChiefWeld</i> .....	87
Tabel 6.13 Perhitungan Biaya Kebutuhan Pengelasan Konvensional .....	88
Tabel 6.14 Perhitungan Biaya Kebutuhan Pengelasan <i>ChiefWeld</i> .....	88
Tabel 6.15 Perbandingan Biaya Kebutuhan Pengelasan .....	89
Tabel 6.16 Perbandingan Biaya Pelatihan Pengelasan .....	89

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Pelatihan pengelasan diperlukan bagi seorang *welder* untuk meningkatkan kemampuan dalam hal teknik pengelasan. Pada awal pelatihan, peserta akan dibekali dengan teori-teori dalam pengelasan baik itu dalam hal *safety* seperti alat pelindung yang harus dikenakan ketika mengelas ataupun dalam hal teknik pengelasan seperti berbagai macam posisi pengelasan, lebar ideal las-lasan, jarak penetrasi elektrode ke spesimen dan lain-lain, serta persiapan non teknis ketika ingin melakukan pengelasan. Tujuan akhir dari mengikuti pelatihan pengelasan adalah agar *welder* lulus tes dan kualifikasi.

*Welder test & qualification* diadakan untuk menjamin keberhasilan suatu *welding*. Dalam proses pembangunan kapal, Apabila seorang *welder* lulus tes dan kualifikasi, maka di lapangan atau produksi *welding* dia tidak boleh mengerjakan pekerjaan *welding* yang tidak sesuai dengan kualifikasi yang dia punyai pada saat *running welder test*. Untuk menghadapi tes dan kualifikasi tersebut, maka diperlukan pelatihan bagi seorang *welder* untuk meningkatkan kemampuan dalam hal teknik pengelasan. Yang menjadi kendala utama adalah biaya pelatihan pengelasan di Indonesia yang sangat mahal.

Secara garis besar, faktor penyebab mahalnya biaya pelatihan adalah jumlah kawat elektrode dan spesimen pelat baja yang digunakan pada saat latihan pengelasan. Sebagian besar dari biaya pelatihan dikeluarkan hanya untuk melakukan percobaan pengelasan, yang pada akhirnya terbuang percuma. Padahal pelatihan ini sangat penting dilakukan untuk meningkatkan kompetensi insan pengelasan Indonesia dalam bidang industri manufaktur dan fabrikasi.

Permasalahan inilah yang menjadi landasan ide untuk merencanakan dan merancang suatu desain alat simulasi pengelasan dengan harga yang lebih murah dengan menggunakan teknologi baru. Alat simulasi pengelasan ini diharapkan dapat mengurangi biaya yang diperlukan untuk membeli elektrode dan spesimen. Sehingga biaya pelatihan pengelasan



menjadi lebih murah dan semakin banyak juru las yang memiliki sertifikat untuk mendukung industri perkapalan Indonesia.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Rumusan masalah berdasarkan latar belakang dari tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana penerapan Teknologi Realitas Maya (*virtual reality*) pada saat ini?
2. Bagaimana proses pelatihan pengelasan konvensional dan simulasi pengelasan (*welding simulator*) saat ini?
3. Bagaimana merancang aplikasi simulasi pengelasan (*welding simulator*) berbasis Teknologi Realitas Maya (*virtual reality*)?
4. Bagaimana perbedaan antara pelatihan pengelasan konvensional dengan menggunakan aplikasi Simulasi Pengelasan (*welding simulator*)?
5. Berapakah biaya merancang sebuah aplikasi Simulasi Pengelasan (*welding simulator*) berbasis Teknologi Realitas Maya (*virtual reality*)?

## **1.3. Tujuan**

Tugas akhir ini dimaksudkan untuk merancang aplikasi simulasi pengelasan berbasis Teknologi *Virtual Reality*. Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Melakukan *literature review* terkait penerapan Teknologi Realitas Maya (*virtual reality*) pada saat ini
2. Melakukan observasi dari proses pelatihan pengelasan konvensional dan *literature review* simulasi pengelasan (*welding simulator*) saat ini
3. Memperoleh rancangan aplikasi simulasi pengelasan (*welding simulator*) berbasis Teknologi Realitas Maya (*virtual reality*)
4. Melakukan analisis teknis perbandingan antara pelatihan pengelasan konvensional dengan menggunakan aplikasi simulasi pengelasan (*welding simulator*) berbasis Teknologi Realitas Maya (*virtual reality*)
5. Melakukan analisis ekonomis dalam merancang simulasi pengelasan (*welding simulator*) berbasis Teknologi Realitas Maya (*virtual reality*)

## **1.4. Batasan Masalah**

Penyusunan tugas akhir ini memerlukan batasan masalah yang berfungsi untuk mengefektifkan perhitungan dan proses penulisan yang lebih terarah. Batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pelatihan pengelasan yang diteliti adalah pelatihan pengelasan dasar (pengelasan SMAW 1F, 2F, 3F)
2. Sistem yang digunakan untuk simulator pengelasan ini adalah berbasis pemrograman komputer
3. Perancangan aplikasi tidak menggunakan faktor arus listrik
4. *Controller* yang digunakan pada alat untuk aplikasi menggunakan *PS Move* (145 gram) yang memiliki berat yang berbeda dengan *holder* las SMAW (425 gram)

### **1.5. Manfaat**

Penulisan tugas akhir ini mempunyai manfaat sebagai berikut:

#### **A. Bagi Praktisi**

1. Sebagai alternatif pelatihan pengelasan yang berbeda dari pelatihan pengelasan konvensional
2. Sebagai cara untuk menekan tingginya biaya pelatihan pengelasan konvensional

#### **B. Bagi Akademisi**

1. Mendapatkan pengetahuan mengenai pelatihan pengelasan secara konvensional dan menggunakan simulasi, serta membandingkan keduanya.
2. Mengembangkan teknologi di bidang Industri Perkapalan.

### **1.6. Hipotesis**

Apakah pelatihan pengelasan menggunakan aplikasi simulasi pengelasan (*welding simulator*) berbasis Teknologi Realitas Maya (*virtual reality*) dapat menjadi media pembelajaran tahap awal pada praktik pengelasan dasar dan dapat menekan biaya pelatihan pengelasan?

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB 2

### STUDI LITERATUR

#### 2.1. Teknologi Realitas Maya (*virtual reality*)

Teknologi Realitas Maya (*Virtual Reality*) adalah teknologi yang mampu mensimulasikan lingkungan atau suasana sekeliling sesuai dengan dunia nyata. Tidak hanya untuk melihat namun *user* juga mendapatkan pengalaman untuk berinteraksi dengan objek di dalam dunia 3 dimensi yang dibuat menggunakan komputer, dengan mensimulasikan kemampuan indera manusia sebanyak yang mampu dilakukan seperti melihat, mendengar, meraba, bahkan mencium bau. Komputer berperan sebagai gerbang menuju dunia artifisial yang dibuat. Komponen utama yang akan digunakan *user* adalah perangkat untuk kepala yang sudah didesain khusus, dan *controller/glove* yang dapat digunakan *user* untuk berinteraksi dengan dunia aritifisial. (Bardi, 2019)

##### 2.1.1. Perangkat dan *Software* Pendukung Teknologi Realitas Maya

###### a. Perangkat pendukung teknologi realitas maya

Dalam penerapan teknologi realitas maya terdapat dua perangkat yang harus digunakan agar *user* dapat memiliki pengalaman realitas maya yaitu *Head-Mounted Display* (HMD) dan *glove/controller*. Perangkat dengan teknologi realitas maya saat ini sebagai berikut:

- *Oculus Rift, Oculus Quest, dan Oculus Go*
- *HTC Vive*
- *Lenovo Daydream*
- *Microsoft Hololens*
- *Google Cardboard*, dan lain-lain

Perangkat tersebut ada yang sudah memiliki fitur *6 Degree of Freedom* (DoF) yang memungkinkan untuk membaca gerakan *user* terhadap sumbu x,y, dan z sehingga dapat dibaca secara 3 dimensi, sedangkan untuk perangkat yang hanya memiliki fitur 3 DoF maka gerakan terbatas pada *pitch, yaw, dan roll*.

b. Software pendukung teknologi realitas maya

1. Bahasa Pemrograman untuk *Unity*

*Unity* mendukung untuk pembuatan *game* berbasis 2 dimensi, maupun 3 dimensi. Selain itu, aset gambar obyek pendukung yang disediakan pun cukup beragam mulai dari 2 dimensi yang paling sederhana, hingga 3 dimensi yang rumit. Selain itu, *Unity* pun mampu mengambil aset gambar dari perangkat lunak seperti *Autodesk 3DS Max*, *Autodesk Maya*, *Softimage*, *Blender*, *Modo*, *ZBrush*, *Cinema 4D*, *Cheetah 3D*, *Adobe Photoshop*, *Adobe Fireworks*, dan *AlleGorithmic Substance*.

*Game engine* ini pun mendukung beberapa bahasa pengembangan aplikasi seperti *C#*, *UnityScript* (berbentuk *JavaScript*), dan *BooScript* yang dapat terintegrasi dengan bahasa *Python*. Namun dari ketiga bahasa tersebut biasanya pengembang aplikasi banyak yang menggunakan *C#*, dan *UnityScript* karena keduanya lebih familiar digunakan. Hasil *game* yang telah dibuat dengan menggunakan *Unity* ini nantinya dapat mendukung beberapa *platform* yang terdiri dari *iOS*, *Android*, *Windows 8*, *Windows Phone 8*, *BlackBerry 10*, *Mac*, *Windows*, *Linux*, *Web Player*, *PlayStation 3*, *Xbox 360*, dan *Wii U*. Dengan begitu, pengembang *game* pun jadi lebih cepat, dan efisien dalam menghasilkan *game* untuk berbagai *platform*. (Putra, 2016)

2. *Blender* 3D



Gambar 2.1 Logo *Software Blender*  
Sumber: (Setiawan, 2015)

3D *Blender* adalah aplikasi grafik komputer yang memungkinkan Anda untuk memproduksi suatu gambar atau animasi berkualitas tinggi dengan menggunakan geometri tiga dimensi. Tidak hanya untuk membuat suatu model atau animasi 3 dimensi, aplikasi 3D *Blender* pun sudah cukup mumpuni untuk *digital sculpting*, mengedit video, *2D & 3D tracking*, *postproduction* bahkan untuk membuat *game*. Dan aplikasi ini juga bisa di jalankan di berbagai macam *platform* sistem operasi, seperti *Microsoft Windows*, *Mac OS*, *Linux*, dan lain-lain.

Yang membuat 3D *Blender* berbeda dari perangkat lunak 3D lainnya adalah aplikasi 3D *Blender* merupakan proyek *open source* dan diberikan secara gratis.

Proyek *open source* seperti 3D *Blender* mengandalkan bantuan dari penggunanya untuk ikut mengembangkan atau membiayai pengembangan *software* ini. Karakteristik lain dari proyek *open source* adalah sifatnya yang terbuka. Di mana *source code* asli dari 3D *Blender* bisa diperoleh oleh siapa saja. Diharapkan mereka yang memperoleh *source code*-nya dapat membantu pengembangan dengan menambahkan fitur atau perbaikan tertentu pada 3D *Blender*. (Purwanto, 2014)



Gambar 2.2 Contoh Penggunaan *Blender*  
Sumber: (Setiawan, 2015)

- Kelebihan *Blender* 3D (Setiawan, 2015)
  1. *Interface User Friendly*
  2. *Tools* lengkap, untuk *modelling*, *UV mapping*, *rigging*, *texturing*, *skinning*, *scripting*, *rendering*, *compositing*, *game creation*, dll.
  3. *Cross Platform*, bisa digunakan di berbagai sistem operasi: *Windows*, *Linux*, *Mac OS X*, *FreeBSD*, dll.
  4. Kualitas arsitektur 3D yang berkualitas tinggi
  5. Dukungan yang aktif di berbagai forum dan komunitas
  6. *File* berukuran kecil
  7. *Gratis dan Open Source*
- 3. *Microsoft Visual Studio*

*Microsoft Visual Studio* merupakan sebuah perangkat lunak lengkap (*suite*) yang dapat digunakan untuk melakukan pengembangan aplikasi, baik itu aplikasi bisnis, aplikasi personal, ataupun komponen aplikasinya, dalam bentuk aplikasi *console*, aplikasi *Windows*, ataupun aplikasi *Web*.

*Visual Studio* mencakup kompiler, SDK, *Integrated Development Environment* (IDE), dan dokumentasi (umumnya berupa *MSDN Library*). Kompiler yang dimasukkan ke dalam paket *Visual Studio* antara lain *Visual C++*, *Visual C#*, *Visual*

*Basic, Visual Basic.NET, Visual InterDev, Visual J++, Visual J#, Visual FoxPro, dan Visual SourceSafe.*

*Microsoft Visual Studio* dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi dalam *native code* (dalam bentuk bahasa mesin yang berjalan di atas *Windows*) ataupun *managed code* (dalam bentuk *Microsoft Intermediate Language* di atas *.NET Framework*). Selain itu, *Visual Studio* juga dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi *Silverlight*, aplikasi *Windows Mobile* (yang berjalan di atas *.NET Compact Framework*).

- Kegunaan *Microsoft Visual Studio*

*Visual Studio* (yang sering juga disebut VB) selain disebut sebuah bahasa pemrograman, juga sering disebut sebagai sarana (*tool*) untuk menghasilkan program-program aplikasi berbasis *Windows*. Beberapa kemampuan atau manfaat dari *Visual Basic* di antaranya seperti: (Lettisha, 2018)

- a. Untuk membuat program aplikasi berbasis *Windows*.
- b. Untuk membuat objek-objek pembantu program seperti, misalnya : kontrol *ActiveX, file Help*, aplikasi Internet dan sebagainya.
- c. Menguji program (*debugging*) dan menghasilkan program berakhiran EXE yang bersifat *executable* atau dapat langsung dijalankan.

4. *Android Studio*

*Android Studio* adalah Lingkungan Pengembangan Terpadu-*Integrated Development Environment (IDE)* untuk pengembangan aplikasi *Android*, berdasarkan *IntelliJ IDEA*. Selain merupakan editor kode *IntelliJ* dan alat pengembang yang berdaya guna, *Android Studio* menawarkan fitur lebih banyak untuk meningkatkan produktivitas saat membuat aplikasi *Android*, misalnya: (AndroidDev, 2018)

- Sistem versi berbasis *Gradle* yang fleksibel
- Emulator yang cepat dan kaya fitur
- Lingkungan yang menyatu untuk pengembangan bagi semua perangkat *Android*
- *Instant Run* untuk mendorong perubahan ke aplikasi yang berjalan tanpa membuat APK baru
- *Template* kode dan integrasi *GitHub* untuk membuat fitur aplikasi yang sama dan mengimpor kode contoh
- Alat pengujian dan kerangka kerja yang ekstensif

- Alat *Lint* untuk meningkatkan kinerja, kegunaan, kompatibilitas versi, dan masalah-masalah lain
- Dukungan C++ dan NDK
- Dukungan bawaan untuk *Google Cloud Platform*, mempermudah pengintegrasian *Google Cloud Messaging* dan *App Engine*

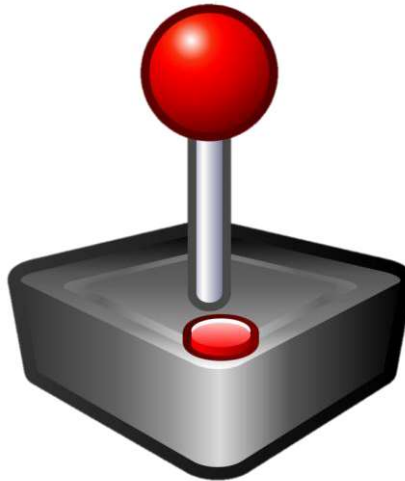


Gambar 2.3 Logo *Software Android Studio*  
 Sumber: (AndroidDev, 2018)

## 5. FreePIE

FreePIE (*Programmable Input Emulator*) adalah aplikasi untuk menjembatani dan menjadi emulator untuk *input devices*. Aplikasi ini digunakan terutama untuk bermain video gim tapi bisa juga untuk interaksi VR (*virtual reality*), *remote control*, dan aplikasi lainnya. Aplikasi ini juga bisa digunakan untuk mengontrol *mouse* di gim PC menggunakan Wiimote. Skema untuk mengontrol perangkat disesuaikan untuk aplikasi yang spesifik dengan mengeksekusi *script* dari *the FreePIE GUI*. Bahasa yang digunakan pada *script* berdasarkan *Python syntax* dan menawarkan *non-programmer* cara yang mudah untuk menghubungkan perangkat.





Gambar 2.4 Logo *Software FreePIE*  
Sumber: (Malmgren, 2018)

FreePIE sangat mirip dengan GlovePIE, tapi sangat mendorong *development* yang terbuka dan integrasi dengan perangkat apapun. Desain *software* ini memungkinkan pengembang *third party* untuk menambahkan I/O *plugins* milik mereka sendiri dengan melalui *direct integration* ke *the core library* atau dengan melalui mekanisme *compiled plugin* yang terpisah. Daftar perangkat yang didukung yaitu: (Malmgren, 2018)

- *Mouse*
- *Keyboard*
- *TrackIR*
- *Freetrack*
- *Wiimote with M+*
- *Wii Classic Controllers*
- *Wii Guitar Hero Controllers*
- *Razor AHRS*
- *FreeIMU*
- *Android*
- *iPhone*
- *ppJoy*
- *Xbox360*
- *Hillcrest Labs Freespace*
- *Vuzix*
- *DX Joysticks*
- *Razer Hydra*
- *FreePIE IO*
- *Carl Zeiss Cinemizer OLED*
- *Yei 3 Space Trackers*
- *Oculus Rift*
- *vJoy*
- *MS Speech*
- *MIDI*
- *Tobii Eyex*

#### 6. PSMove Service

PSMove Service adalah sebuah *software* dibuat untuk produk *PlayStation* yaitu PS Move pada Gambar 2.5 (a) dan PS Eye pada Gambar 2.5 (b) agar bisa dibaca

oleh komputer. Biasanya penggunaan *software* ini untuk interaksi VR yang membutuhkan *controller* tambahan yang memiliki fitur *positional tracking* dalam dunia 3 Dimensi. *Software* ini memiliki beberapa jenis kalibrasi yaitu untuk kalibrasi *controller* pada saat mengalami gerakan *pitch*, *yaw*, *roll*, *positional tracking*, dan penggunaan setiap tombol yang ada. Namun *PS Move Service* ini belum memfasilitasi getaran pada *controller*. *PS Move Service* dapat mengelola lebih dari satu *PS Move controller* jika diperlukan dan juga dapat mengelola lebih dari satu *PS Eye* jika memerlukan akurasi tinggi pada fitur *positional tracking* di dunia 3 Dimensi.



Gambar 2.5 (a) PS Move (b) PS Eye  
Sumber: (Sony Interactive Entertainment LLC, 2019)

### 2.1.2. Simulasi Menggunakan Teknologi Realitas Maya

- *Game* Realitas Virtual Taman Makhluk Purba pada Perangkat Bergerak Berbasis *Android*



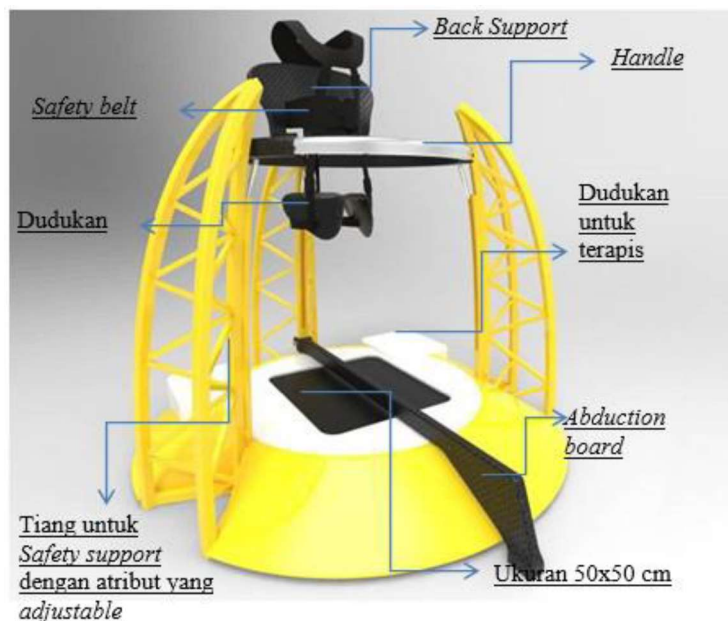
Gambar 2.6 Taman Dinosaurus Virtual  
Sumber: (Ramadhan, Kuswardayan, & Hariadi, 2018)

*Game* ini bertemakan *Horror Survival* dengan tujuan memberikan hiburan pada *user* yang mana *user* akan berlari dari kejaran Allosaurus di dalam taman virtual

mahluk purba, terdapat 3 Allosaurus yang harus dilewati *user* sebelum bias mencapai garis *finish*. Implementasi factor ketegangan berupa *Visual* tempat hutan dan Allosaurus, suara geraman, dan suara detak jantung yang berhubungan dengan ketakutan. (Ramadhan, Kuswardayan, & Hariadi, 2018)

- *Design Treadmill* sebagai Alat Latihan Berjalan pada *Cerebral Palsy* dengan memanfaatkan Realitas Virtual

Penderita *Cerebral Palsy* (CP) dengan *Gross Motor Function Classification System* diklasifikasikan menjadi 5 tingkat, pada jurnal ini hanya dilakukan pembahasan untuk kebutuhan dan kondisi fisik pada tingkat 1-3. Dari hasil analisis didapatkan fitur-fitur untuk memperbaiki postur tubuh serta kebutuhan gestur jalan penderita berupa *handle*, penghalang antara kedua kaki (*abduction board*), penjaga postur spinal dalam bentuk sandaran, serta penyokong berat badan pada titik tumpu badan. Teknologi Realitas Virtual pada perangkat kepala dikombinasikan dengan treadmill pada Gambar 2.7 diharapkan dapat menarik minat penderita CP dalam berjalan menjelajahi lingkungan tersebut. (Andreani & Kuswanto, 2019)



Gambar 2.7 Desain Treadmill  
Sumber: (Andreani & Kuswanto, 2019)

- *FlyInside Flight Simulator*

*FlyInside Flight Simulator* menawarkan pesawat dengan berbagai jenis seperti militer, *transport*, *general aviation*, dan *helicopter*. Model penerbangan yang realistis dan sistem penerbangan yang mendetil. Seperti pada Gambar 2.8 dapat

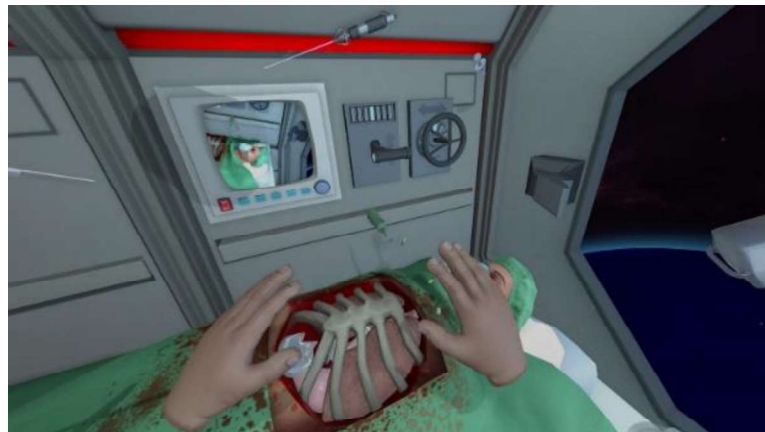
dilihat Visualisasi *cockpit* dan juga pemandangan selama penerbangan berlangsung (FlyInside Inc, 2018)



Gambar 2.8 Visualisasi FlyInside  
Sumber: (FlyInside Inc, 2018)

- *Surgeon Simulator*

*Surgeon Simulator* memberikan Visualisasi mendetil pada tubuh manusia yang akan dioperasi, sehingga memberikan pemahaman pada *user* terkait bentuk dan letak organ tubuh manusia satu dan lainnya. Kemudian dampak yang ditimbulkan pada tiap penggunaan alat dibuat serealistis mungkin sehingga *user* memiliki pengalaman yang sama seperti melakukan operasi pada manusia. (Bossa Studio Ltd., 2016)



Gambar 2.9 Visualisasi Ruang Operasi  
Sumber: (Bossa Studio Ltd., 2016)

## 2.2. Pelatihan Pengelasan SMAW

Pelatihan pengelasan adalah pelatihan yang ditujukan bagi peserta agar dapat melakukan pengelasan dengan aman dan memperoleh hasil yang baik. Secara garis besar, pelaksanaannya terdiri dari dua kegiatan yaitu pembelajaran terkait teori-teori pengelasan dan juga praktik

pengelasan sesuai dengan yang dibutuhkan. Juru las dianggap terampil apabila telah memenuhi syarat kualifikasi dan kompetensi sertifikat juru las.

### **2.2.1. Tujuan Pelatihan Pengelasan**

Peserta yang telah mengikuti pelatihan pengelasan diharapkan mampu menguasai pengetahuan, dan keahlian dalam mengelas sehingga dapat diterapkan dalam aktivitas pekerjaan:

1. Menjelaskan tentang peraturan dan perundangan yang berlaku
2. Meningkatkan kompetensi juru las
3. Menjelaskan dan melaksanakan keselamatan kerja dalam hal juru las
4. Menjelaskan tentang fungsi perlengkapan alat juru las
5. Meminimalkan risiko kecelakaan kerja
6. Mendapatkan pengakuan berupa sertifikat juru las

### **2.2.2. Tahap Pembelajaran Pelatihan Pengelasan SMAW**

Pelatihan pengelasan SMAW memberikan pelatihan untuk pengelasan semua posisi. Pelatihan ini memiliki urutan materi yang sudah terorganisir, lebih detil sebagai berikut: (PT Karya Master Mandiri Indonesia, 2014)

1. Kelompok Dasar
  - Kebijakan dan dasar K3
    - a. Undang-Undang RI No. 01 Tahun 1970
    - b. Permenaker RI No. PER.02/MEN/1982
  - Peraturan dan perundang-undangan
2. Kelompok Inti
  - Pengetahuan dasar tentang *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW)
  - Teknik pengelasan
  - Cacat-cacat las, pencegahan dan perbaikan
  - Sebab-sebab kecelakaan kerja dan pencegahannya
3. Kelompok penunjang
  - Pengetahuan *Job Safety Analysis*
4. Ujian/Evaluasi
  - Teori
  - Praktek

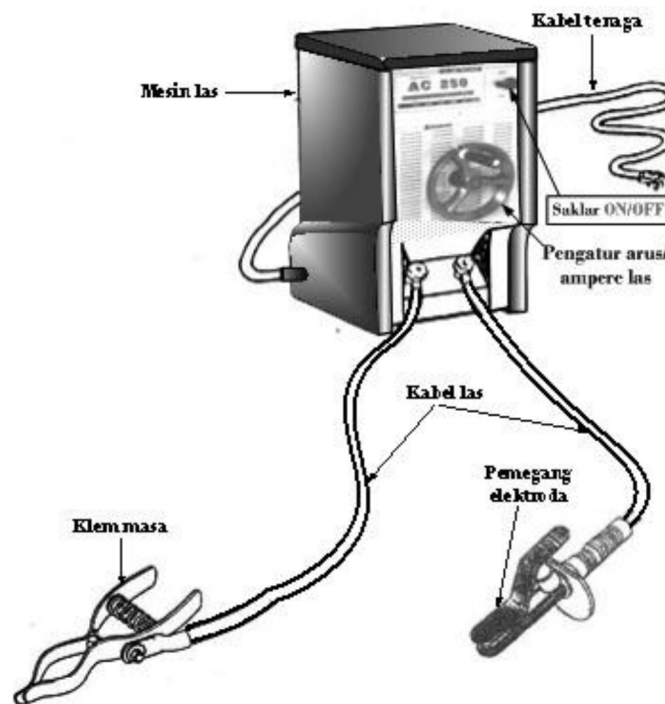
### 2.2.3. Las Listrik SMAW

- Pengertian pengelasan SMAW

Proses penyambungan logam yang menggunakan energi panas untuk mencairkan benda kerja dan elektrode (bahan pengisi). Energi panas pada proses pengelasan SMAW dihasilkan karena adanya lompatan ion (katoda dan anoda) listrik yang terjadi pada ujung elektrode dan permukaan material. Pada proses pengelasan SMAW jenis pelindung yang digunakan adalah selaput *flux* yang terdapat pada elektrode. *Flux* pada elektrode SMAW berfungsi untuk melindungi logam las yang mencair saat proses pengelasan berlangsung. Flux ini akan menjadi slag ketika sudah padat. (Achmadi, 2018)

- Perlengkapan pengelasan SMAW

Peralatan Utama Las



Gambar 2.10 Perangkat Utama Pengelasan  
Sumber: (Junaidi, 2018)

#### 1. Trafo las atau mesin las

Sumber tenaga listrik untuk pesawat las dapat diperoleh secara mekanik melalui generator yang digerakkan oleh motor atau sudah merupakan jaringan dari PLN. Sesuai dengan arus las yang dikeluarkan oleh pesawat las, maka pesawat las dapat dibedakan menjadi:

- Pesawat las arus searah (DC – *Welder*)
- Pesawat las arus bolak-balik (AC – *Welder*)

- Pesawat las arus ganda (AC/DC – *Welder*)

## 2. Kabel tenaga

Kabel yang menghubungkan jaringan tenaga (*power supply*) dengan mesin las. Jumlah kawat dalam kabel tenaga disesuaikan dengan jumlah fasa mesin las ditambah satu kawat sebagai hubungan massa tanah (*ground*) dari mesin las.

## 3. Kabel las

Kabel yang dipergunakan untuk keperluan mengelas terdiri dari dua buah kabel yang masing-masing ujungnya dihubungkan dengan penjepit elektrode dan penjepit masa. Inti kabel las terdiri dari kawat-kawat halus (kabel inti banyak) dihubungkan dengan bahan isolasi yang tahan arus dan tidak mudah sobek atau rusak. Kabel las harus kuat, lemas tidak kaku dan mudah digulung.

Penggunaan kabel las pada mesin las harus disesuaikan dengan kapasitas arus maximum mesin las makin panjang dan makin kecil diameter kabel makin besar tahanan/hambatan arus yang terjadi pada kabel, sedangkan bila makin pendek dan besar diameter kabel makin kecil hambatan yang terjadi.

## 4. Pemegang elektrode

Pemegang elektrode (*electrode holder*) dibuat dari bahan penghantar arus yang baik ialah tembaga atau paduan – paduan tembaga Bagian pegangan penjepit elektrode dibungkus dengan bahan isolasi yang tahan arus listrik dan tahan panas seperti ebornit atau karet campuran. Mulut penjepit hendaknya dapat menjepit elektrode dengan kokoh dan keadaannya selalu harus bersih agar tidak lekas panas dan hambatan arus yang terjadi sekecil mungkin.

## 5. Klem masa

Untuk menghubungkan kabel las ke massa atau benda/meja kerja dipergunakan klem massa. Bahan untuk klem massa terbuat dari bahan penghantar listrik yang baik. Klem massa harus diikat kuat pada benda kerja atau meja kerja yang bersih, ikatan yang tidak kuat akan menimbulkan percikan api dan penjepit massa akan menjadi panas dan menempel pada benda/meja kerja.

Peralatan keselamatan dan kesehatan kerja

- Hem/kap Las
- Baju Las (jaket/Apron)
- Sarung tangan las
- Sepatu las

- Kaca mata bening (*safety Googles*)

Alat bantu las

- Palu terak (*chipping hammer*)
  - Sikat baja
  - Tang las
  - Alat ukur: mistar baja, pengukur sudut, dan lainnya (Kasem, 2018)
- Parameter pengelasan SMAW

#### 1) Tegangan busur las

Tingginya tegangan busur tergantung pada panjang busur yang dikehendaki dan jenis dari elektrode yang digunakan. Pada elektrode yang sejenis tingginya tegangan busur yang diperlukan berbanding lurus dengan panjang busur. Pada dasarnya busur listrik yang terlalu panjang tidak dikehendaki karena stabilitasnya mudah terganggu sehingga hasil pengelasannya tidak rata. Di samping itu tingginya tegangan tidak banyak mempengaruhi kecepatan pencairan, sehingga tegangan yang terlalu tinggi hanya akan membuang-buang energi saja.

Panjang busur yang dianggap baik kira-kira sama dengan garis tengah elektrode. Tegangan yang diperlukan untuk mengelas dengan elektrode bergaris tengah 3 sampai 6 mm, kira-kira antara 20 sampai 30 volt untuk posisi datar. Sedangkan untuk posisi tegak atau atas kepala biasanya dikurangi lagi dengan 2 sampai 5 volt. Kestabilan busur dapat juga didengar dari kestabilan suaranya selama pengelasan. Untuk mereka yang telah berpengalaman ketepatan panjang busurpun dapat diduga atau diperkirakan dari suara pengelasan. Sehubungan dengan panjang busur, hal yang paling sukar dalam las busur listrik dengan tangan adalah mempertahankan panjang busur yang tetap.

#### 2) Besar arus las

Besarnya arus las yang diperlukan tergantung dari bahan dan ukuran dari lasan, geometri sambungan, posisi pengelasan macam elektrode dan diameter inti elektrode. Dalam hal daerah las mempunyai kapasitas panas yang tinggi maka dengan sendirinya diperlukan arus las yang besar dan mungkin juga diperlukan pemanasan tambahan.

Dalam pengelasan logam paduan, untuk menghindari terbakarnya unsur-unsur paduan sebaiknya menggunakan arus las yang kecil. Bila ada kemungkinan terjadi retak panas seperti pada pengelasan baja tahan karat austenit maka dengan sendirinya harus diusahakan menggunakan arus yang kecil saja. Dalam hal mengelas baja paduan, di mana daerah HAZ



dapat mengeras dengan mudah, maka harus diusahakan pendinginan yang pelan dan untuk ini diperlukan arus yang besar dan mungkin masih memerlukan pemanasan kemudian.

### 3) Kecepatan pengelasan

Kecepatan pengelasan tergantung pada jenis elektrode, diameter inti elektrode, bahan yang dilas, geometri sambungan, ketelitian sambungan dan lain-lainnya. Dalam hal hubungannya dengan tegangan dan arus las, dapat dikatakan bahwa kecepatan las hampir tidak ada hubungannya dengan tegangan las tetapi berbanding lurus dengan arus las. Karena itu pengelasan yang cepat memerlukan arus las yang tinggi.

Bila tegangan dan arus dibuat tetap, sedang kecepatan pengelasan dinaikkan maka jumlah deposit per satuan panjang las jadi menurun. Tetapi di samping itu sampai pada suatu kecepatan tertentu, kenaikan kecepatan akan memperbesar penembusan. Bila kecepatan pengelasan dinaikkan terus maka masukan panas per satuan panjang juga akan menjadi kecil, sehingga pendinginan akan berjalan terlalu cepat yang mungkin dapat memperkeras daerah HAZ.

Pada umumnya dalam pelaksanaan kecepatan selalu diusahakan setinggi-tingginya tetapi masih belum merusak kualitas manik las. Pengalaman juga menunjukkan bahwa makin tinggi kecepatan makin kecil perubahan bentuk yang terjadi.

### 4) Polaritas Listrik

Pengelasan busur listrik dengan elektrode terbungkus dapat menggunakan polaritas lurus dan polaritas balik. Pemilihan polaritas ini tergantung pada bahan pembungkus elektrode, konduksi termal dari bahan induk, kapasitas panas dari sambungan dan lain sebagainya.

Bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas panasnya besar sabiknya digunakan polaritas lurus dimana elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif. Sebaliknya bila kapasitas panasnya kecil seperti pada pelat tipis maka dianjurkan untuk menggunakan polaritas balik dimana elektrode dihubungkan dengan kutub positif. Untuk menurunkan penembusan, misalnya dalam pengelasan baja tahan karat austenite atau pada pengelasan pelapisan keras, sebaiknya elektrode dihubungkan dengan kutub positif.

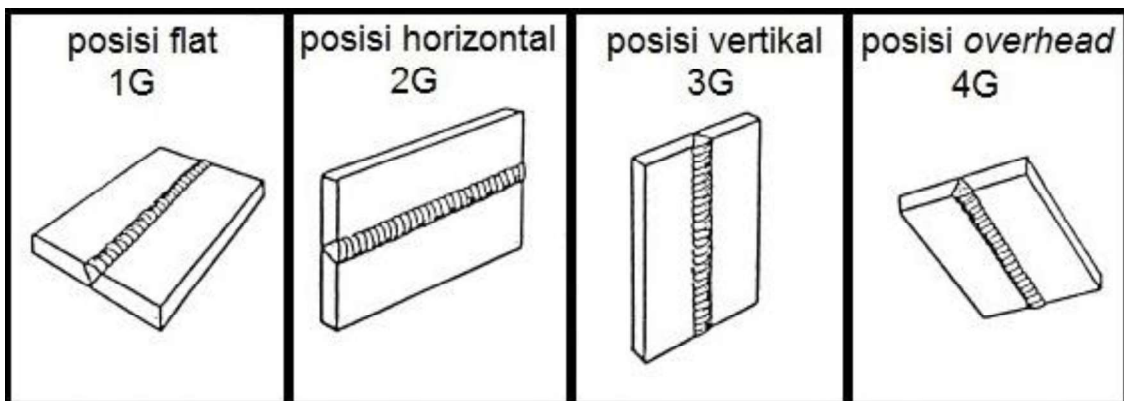
Sifat busur pada umumnya lebih stabil pada arus searah daripada arus bolak-balik, terutama pada pengelasan dengan arus yang rendah. Tetapi untuk pengelasan sambungan pendek lebih baik menggunakan arus bolak-balik karena pada arus searah sering terjadi ledakan busur ada akhir dari pengelasan.

5) Besarnya penembusan atau penetrasi

Untuk mendapatkan kekuatan sambungan yang tinggi diperlukan penempusan atau penetrasi yang cukup. Sedangkan besarnya penembusan tergantung kepada sifat-sifat fluks, polaritas, besarnya arus, kecepatan las dan tegangan yang digunakan. Pada dasarnya makin besar arus las makin besar pula daya tembusnya. Sedangkan tegangan memberikan pengaruh yang sebaliknya yaitu makin besar tegangan makin panjang busur yang terjadi dan makin tidak terpusat, sehingga panasnya melebar dan menghasilkan penetrasi yang lebar dan dangkal. Dalam hal tegangan ada pengecualian terhadap beberapa elektrode khusus untuk penembusan dalam yang memang memerlukan tegangan tinggi. Pengaruh kecepatan seperti diterangkan sebelumnya bahwa sampai pada suatu kecepatan tertentu naiknya kecepatan akan memperdalam penembusan, tetapi melampaui kecepatan tersebut penembusan akan turun dengan naiknya kecepatan. (Wiryosumarto, 2000)

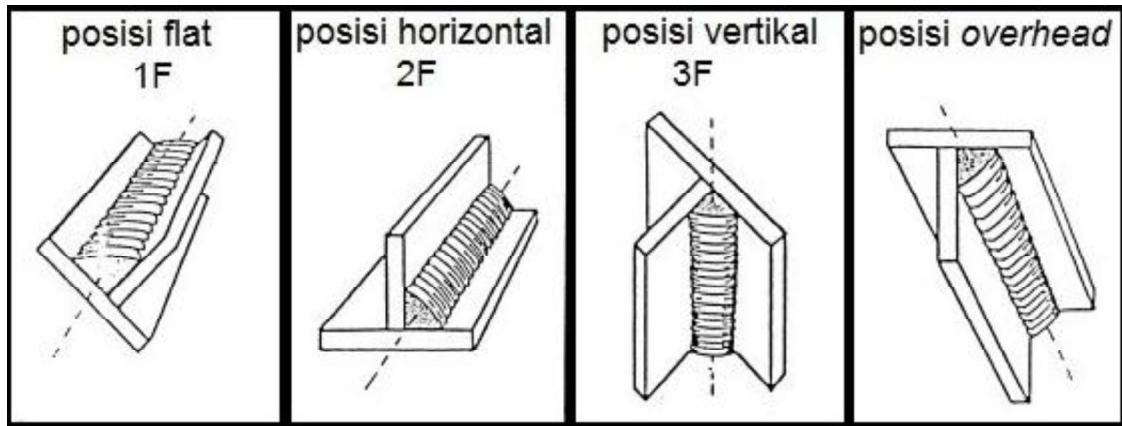
#### 2.2.4. Posisi Pengelasan Pelat

Jenis sambungan pada pengelasan sangat banyak macamnya, mulai dari sambungan *Butt Joint* atau sambungan tumpul, Sambungan *T Joint* atau sambungan *Fillet*, Sambungan sudut atau *Corner Joint* dan juga sambungan tumpang atau *Lap Joint*. Pada umumnya pengkodean posisi pengelasan diberikan untuk sambungan tumpul dan juga *fillet*, dapat dilihat pada Gambar 2.11 dan Gambar 2.12 sebagai berikut: (Achmadi, 2018)



Gambar 2.11 Jenis Posisi Sambungan Tumpul  
Sumber: (Achmadi, 2018)

1. Posisi Pengelasan untuk Sambungan tumpul (*Butt Joint*)
  - a. 1G (Posisi pengelasan datar)
  - b. 2G (Posisi pengelasan horisontal)
  - c. 3G (Posisi pengelasan vertikal)
  - d. 4G (Posisi pengelasan di atas kepala)



Gambar 2.12 Jenis Posisi Sambungan *Fillet*  
 Sumber: (Achmadi, 2018)

2. Posisi Pengelasan untuk Sambungan sudut (*fillet joint*)

- 1F (Posisi pengelasan datar)
- 2F (Posisi pengelasan horisontal)
- 3F (Posisi pengelasan vertikal)
- 4F (Posisi pengelasan di atas kepala)

**2.2.5. Kualifikasi Ketrampilan Juru Las/Welder**

Berdasarkan peraturan menteri tenaga kerja dan transmigrasi nomor PER.02/MEN/1982 yang meliputi kualifikasi juru las untuk keterampilan pengelasan sambungan las tumpul dengan proses las busur listrik, las busur listrik *submerged*, las gas busur listrik tungstem, las karbit atau kombinasi dari proses las tersebut yang dilakukan dengan tangan (secara manual), otomatis atau kombinasi. Juru las digolongkan atas:

1. Juru las kelas I

Juru las kelas 1 boleh melakukan pekerjaan las yang dilakukan oleh juru las kelas 2 dan kelas 3

2. Juru las kelas II

Juru las kelas II (dua) boleh melakukan pekerjaan las yang dikerjakan oleh juru las kelas III (tiga) tetapi dilarang mengelas jenis pekerjaan yang boleh dilakukan oleh juru las kelas I (satu)

3. Juru las kelas III

Juru las kelas III (tiga) dilarang melakukan pekerjaan las yang boleh dilakukan oleh juru las kelas II (dua) atau kelas I (satu).

Pengujian juru las terdiri dari ujian teori dan praktek. Ujian teori untuk juru las busur listrik dan juru las TIG meliputi pengetahuan, cara kerja praktis sebagai berikut:

1. Pencegahan kecelakaan penyakit akibat kerja, kebakaran dan peledakan;
2. Penggunaan alat dan mesin las;
3. Persiapan las;
4. Pencegahan dan perbaikan kesalahan las;
5. Pengaruh Panjang busur listrik, arus listrik, *polarity*, pengamatan terak-terak gas untuk TIG

Ujian praktek, juru las harus dapat menunjukkan ketrampilan mengelas dengan ketentuan sebagai berikut:

1. untuk juru las kelas I (satu) harus lulus melakukan percobaan las, 1G, 2G, 3G, 4G, 5G, dan 6G.
2. untuk juru las kelas II (dua) harus lulus melakukan percobaan las 1G, 2G, 3G dan 4G.
3. untuk juru las kelas III (tiga) harus lulus melakukan percobaan las 1G dan 2G.

Bagi juru las yang tidak lulus ujian dapat diberikan kesempatan ujian ulang dan jika tidak lulus juga, maka diharuskan mengikuti latihan las untuk memperbaiki ketrampilannya. Bagi juru las yang sudah lulus ujian akan tetapi dalam waktu 6 (enam) bulan tidak dapat membuktikan melakukan pekerjaan las sesuai dengan yang tercantum dalam sertifikat kembali harus menempuh ujian ulang. Contoh percobaan las diuji dengan urutan sebagai berikut: (Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi, 1982)

1. sifat tampak;
2. radiografis;
3. makroskopis;
4. sifat mekanis.

### **2.3. *Welding Simulator* yang sudah ada**

Sub bab ini berisi tentang macam-macam *welding simulator* yang sudah pernah dibuat. dilakukan pembelajaran terkait dasar teknologi yang digunakan, cakupan jenis pengelasan, cakupan posisi pengelasan, tipe material yang digunakan, dan fitur tambahan lainnya untuk dijadikan data pendukung dalam penelitian ini.

#### **2.3.1. Pelatihan Pengelasan Menggunakan *Welding Simulator* Berbasis Pemrograman Komputer Sebagai Pengganti Elektrode Konvensional**

Penelitian ini berdasarkan tingginya biaya untuk mengikuti pelatihan pengelasan akibat dari banyaknya jumlah elektrode dan spesimen baja yang digunakan pada saat pelatihan. Jumlah elektrode dan spesimen baja yang digunakan pada pelatihan tidak dapat diminimalisir

karena peserta pelatihan pengelasan harus memenuhi kompetensi dasar dalam pengelasan yang diperlukan seperti penyalan busur, *Weaving*, pengelasan *Butt Joint*, pengelasan *Fillet Joint*, dan sebagainya. *Welding simulator* yang dirancang ini akan mengganti penggunaan elektrode dengan Wii Remote dan mengganti penggunaan spesimen baja dengan spesimen buatan yang dapat digunakan berulang kali yang berbasis pemrograman komputer. Jumlah biaya pelatihan yang dapat dikurangi setelah menggunakan *welding simulator* sebesar 18%. Se jauh ini *welding simulator* berbasis *wii remote* hanya dapat melatih gerakan tangan peserta pelatihan. (Fariya & Triwilaswandio, 2014)



Gambar 2.13 Seperangkat Wii\_WELD

### 2.3.2. VRTEX 360



Gambar 2.14 VRTEX 360

Sumber: (Lincoln Electric, 2011)

*VRTEX 360* adalah produk dari *Lincoln Electric* yang berguna untuk melakukan simulasi pengelasan dengan menggunakan teknologi *virtual reality*. Alat ini memberikan keamanan dalam pengelasan sehingga siapapun dapat merasakan pengalaman pengelasan tanpa

harus takut dengan kemungkinan kecelakaan kerja. Alat ini menyediakan beberapa *environment* virtual yang menyerupai keadaan nyata mulai dari pangkalan militer, sampai ke bengkel motor *sport*. Seperangkat *VRTEX 360* seharga Rp 713.215.000 (Lincoln Electric, 2011)

- Proses Pengelasan  
Proses SMAW, GMAW, dan FCAW
- Sambungan  
Pelat datar, *tee joint*, *groove joint*, pipa diameter 6 inci, dan pipa XXS diameter 2 inci
- Posisi  
1G, 2F, 2G, 3F, 3G, 4F, dan 4G
- Fitur tambahan  
Modul penilaian berdasarkan ASME/D1.1

### 2.3.3. *AugmentedArc*



Gambar 2.15 *Perlengkapan AugmentedArc*  
Sumber : (Miller Weld, 2016)

*AugmentedArc* adalah produk dari *Miller Electric Mfg. LLC* yang berguna untuk melakukan simulasi pengelasan dengan menggunakan teknologi AR (*augmented reality*) yang memungkinkan interaksi antara dunia nyata dengan dunia virtual. Penggunaan teknologi AR bertujuan untuk meningkatkan dari segi efisiensi dan ekonomi sebuah pelatihan pengelasan

untuk pendidikan pemula dan menengah. *User* akan menggunakan helm yang sudah didesain khusus untuk memperlihatkan sesuai dengan dunia nyata yang diciptakan oleh komputer. Pengelasan dengan *AugmentedArc* dilakukan tanpa penggunaan busur asli, kawat las, dan spesimen baja. Harga satu perangkat *AugmentedArc* senilai Rp 313.672.000 (Miller Weld, 2016)

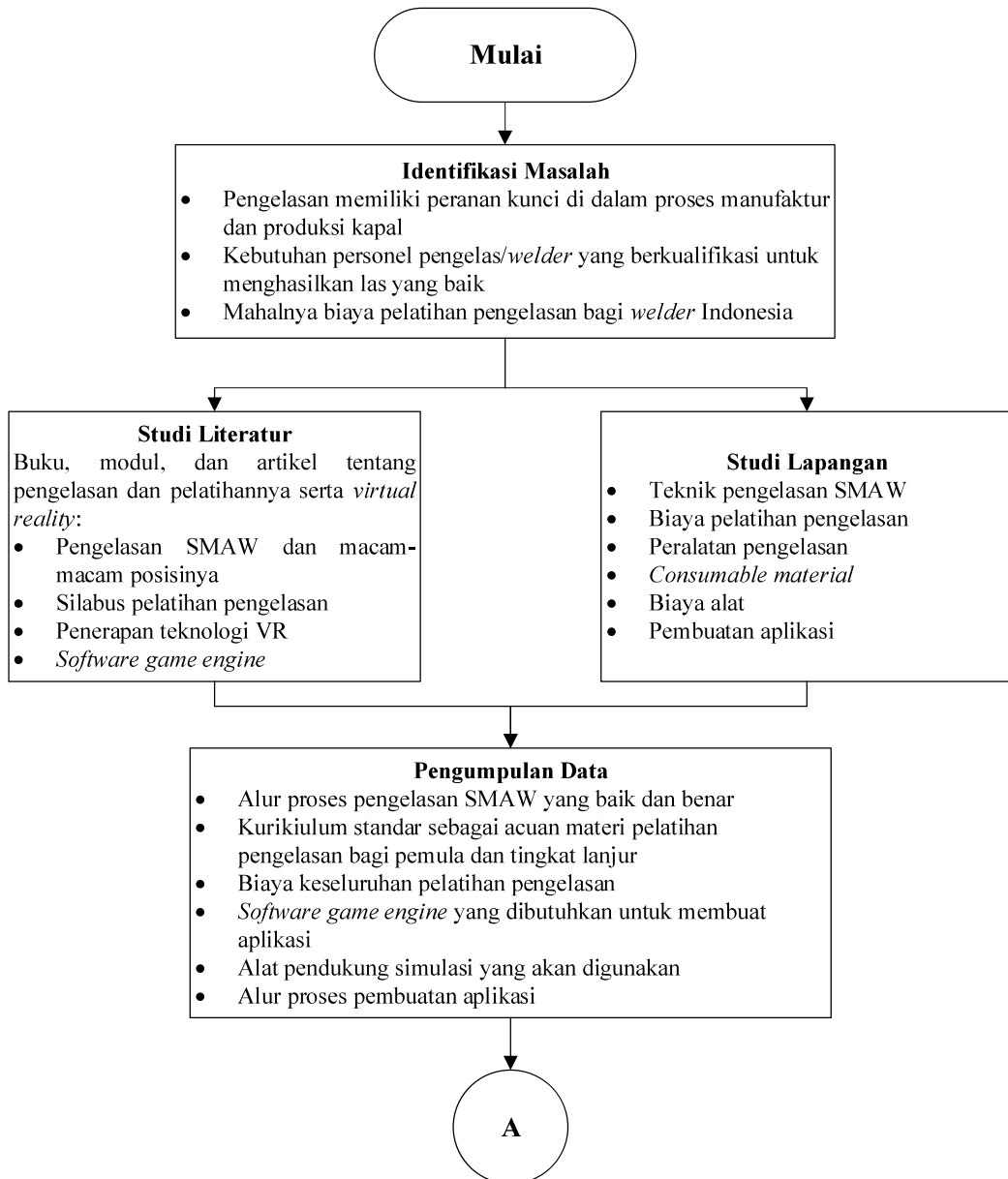
- Proses pengelasan  
SMAW, GMAW, GTAW, FCAW
- Sambungan  
*T-joint, lap joint, butt joint, Pipe-to-plate, butt pipe*
- Posisi  
1F-4F, dan 1G-6G
- Tipe Material  
*Steel, Stainless Steel, Aluminium*

# BAB 3

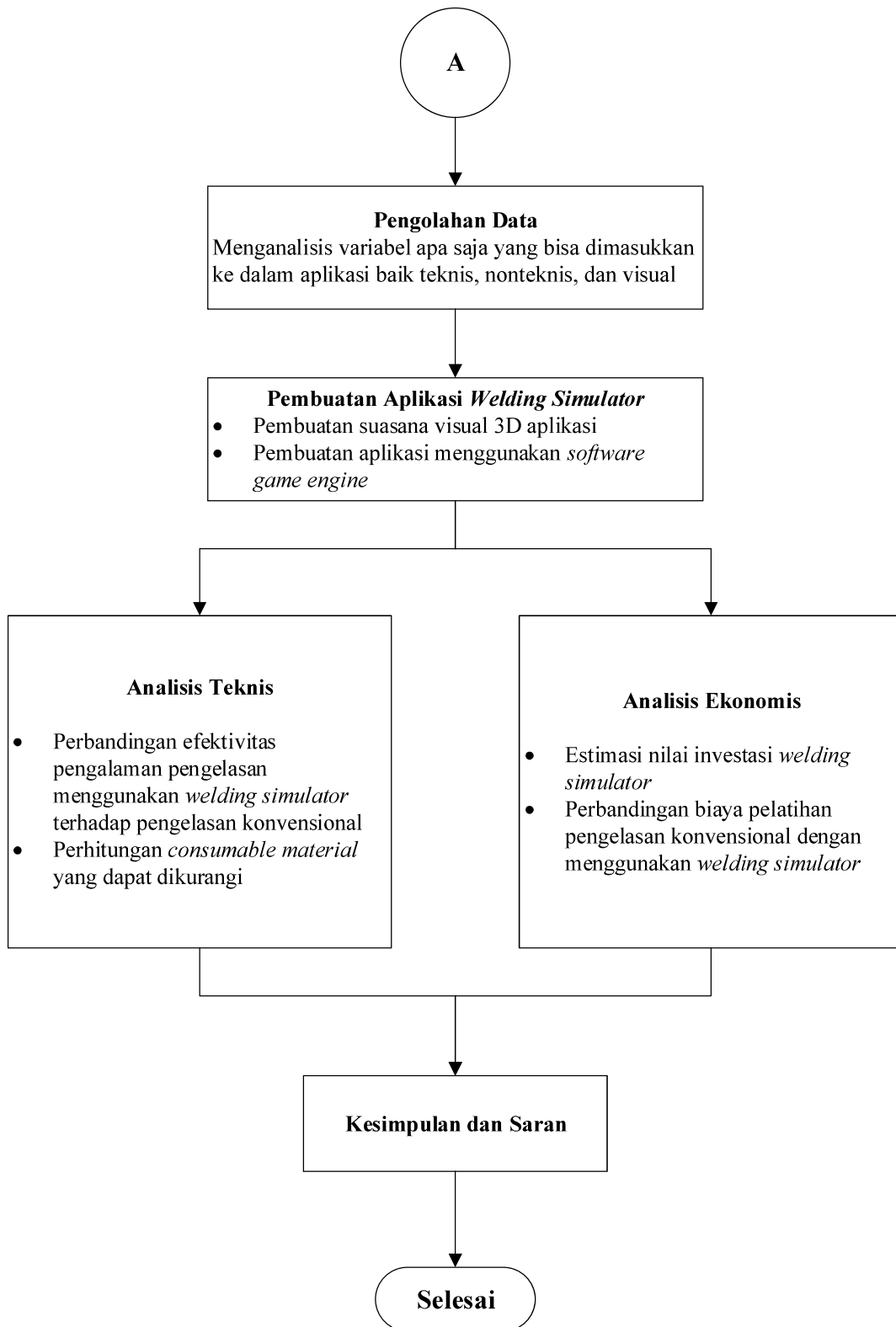
## METODOLOGI

### 3.1. Bagan Alir

Pada pelaksanaan penelitian ini dirangkai terlebih dahulu urutan proses pekerjaan dari mulai Identifikasi masalah, studi literatur dan lapangan, pengumpulan data, pengolahan data, pembuatan aplikasi *welding simulator*, analisis teknis dan ekonomis sampai kesimpulan dan saran.







Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

### **3.2. Tahap Identifikasi dan Perumusan masalah**

Tahap ini merupakan tahap awal penelitian, peneliti mulai melakukan observasi untuk mengidentifikasi dan menentukan rumusan dan batasan masalah dari penelitian. Proses observasi dilakukan dengan mengamati proses pelatihan pengelasan SMAW. Dari proses identifikasi ini penulis juga mengamati masalah yang terjadi di dalam proses pelatihan pengelasan SMAW yang diterapkan. Sehingga ditetapkan rumusan masalah yang dijadikan bahan penelitian

### **3.3. Tahap Studi Literatur**

Studi Literatur merupakan tahap peneliti mencari literatur ataupun teori yang bersangkutan dengan penelitian dan mendukung dalam perancangan aplikasi, adapun studi literatur meliputi :

- Penerapan teknologi VR
- Kemampuan alat pendukung teknologi VR
- *Software Game Engine*
- Pelatihan pengelasan SMAW
- Silabus pelatihan pengelasan
- *Welding simulator* yang sudah ada

### **3.4. Tahap Survei Lapangan**

Survei lapangan dilakukan untuk mendapatkan data dan informasi yang terkait dengan pengerjaan Tugas Akhir. Data yang dibutuhkan dari proses pelatihan pengelasan SMAW meliputi:

- Peralatan pengelasan
- *Consumable Material*
- Teknik pengelasan SMAW
- Biaya pelatihan pengelasan
- Biaya alat
- Pembuatan aplikasi

### **3.5. Tahap Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk menghubungkan semua data yang terkumpul untuk dijadikan acuan dalam pengerjaan Tugas Akhir. Data yang dikumpulkan merupakan data yang dibutuhkan untuk perancangan aplikasi. Pada tahap ini harus sudah dipahami data apa saja yang

diperlukan dalam penelitian agar hasil penelitian dapat sesuai dengan tujuan. Data yang dibutuhkan adalah:

- Kurikulum standar pelatihan pengelasan
- Alur proses pelatihan pengelasan SMAW
- Biaya kebutuhan pelatihan pengelasan
- Perangkat dan *software* pendukung aplikasi berbasis teknologi VR
- Alur proses pembuatan aplikasi
- Biaya keseluruhan aplikasi

### **3.6. Tahap Pengolahan Data**

Pada tahap ini data yang diperoleh baik berupa data primer ataupun sekunder dipilih dan dikelompokkan. Tahapan ini melakukan pengelompokkan data berdasarkan tahapan pelaksanaan pelatihan pengelasan. Kemudian dihasilkan data yang digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam perancangan aplikasi. Diharapkan aplikasi yang akan dibuat sudah memiliki konsep awal untuk desain *user interface* yang diharapkan.

### **3.7. Tahap Pembuatan Aplikasi *Welding Simulator***

Pada tahap ini aplikasi berbasis teknologi realitas maya dibuat, sesuai dengan data yang telah dikumpulkan dan dianalisa. Tahapan pembuatan sebagai berikut:

1. Pembuatan suasana *Visual/environment* 3 dimensi pada aplikasi  
Objek 3 dimensi dibuat dengan bantuan *software*, macam-macam objek yang dibuat disesuaikan dengan kondisi pelatihan pengelasan.
2. Pembuatan *script* aplikasi  
*Script* aplikasi dibuat untuk setiap objek 3 dimensi yang telah dibuat.
3. Pembuatan aplikasi menggunakan *software game engine*  
Setelah objek 3 dimensi dan *script* selesai dibuat maka akan digabungkan menggunakan *software game engine*.

### **3.8. Tahap Analisis Teknis**

Tahap ini menjelaskan langkah-langkah peneliti dalam melakukan analisis teknis perancangan aplikasi berbasis teknologi realitas maya untuk simulasi pengelasan. Analisis yang dilakukan pada tahap ini yaitu perbandingan antara pengalaman *user* dalam mengelas menggunakan *welding simulator* terhadap pengelasan asli. Kemudian perhitungan *consumable material* yang dapat dikurangi dalam pelatihan menggunakan *welding simulator*

### **3.9. Tahap Analisis Ekonomis**

Tahap ini menjelaskan langkah-langkah peneliti dalam melakukan analisis ekonomis perancangan aplikasi berbasis teknologi realitas maya untuk simulasi pengelasan. Analisis yang dilakukan yaitu estimasi biaya investasi dalam pembuatan aplikasi *welding simulator*. Kemudian dilakukan perbandingan biaya pelatihan pengelasan konvensional dengan *welding simulator*.

### **3.10. Tahap Kesimpulan dan Saran**

Tahap terakhir dari Tugas Akhir ini adalah membuat kesimpulan dan saran. Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini akan menjawab lima tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui penerapan teknologi realitas maya, proses pelatihan pengelasan konvensional dan simulasi pengelasan, memperoleh rancangan aplikasi simulasi pengelasan, memperoleh analisis teknis dan ekonomis. Saran yang diberikan setelah penelitian ini berakhir digunakan untuk keperluan penelitian berikutnya yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB 4

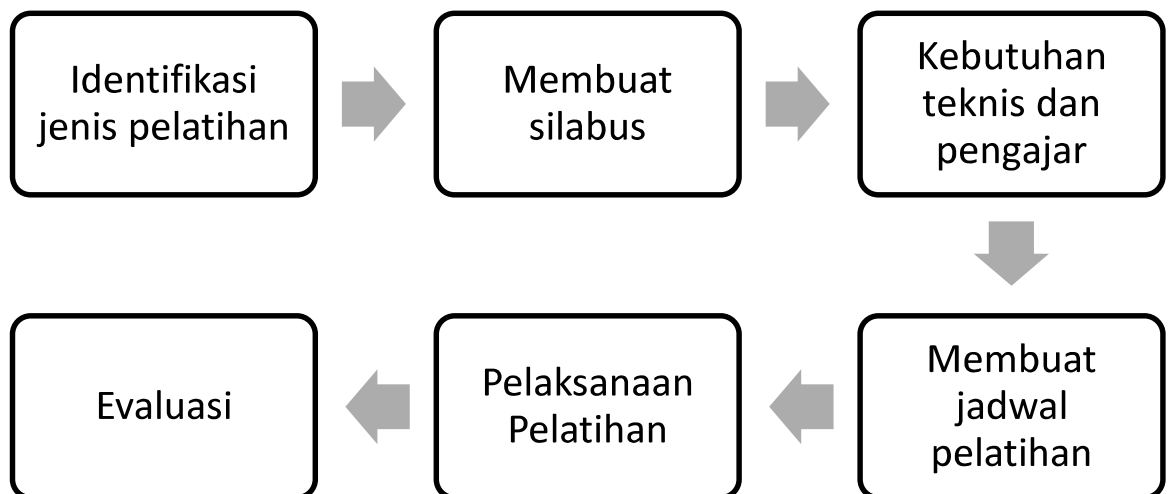
### KONDISI PELATIHAN PENGELASAN DASAR SAAT INI

#### 4.1. Kondisi Pelatihan Pengelasan Dasar

Pelatihan pengelasan bertujuan untuk memberikan wawasan dan juga keterampilan bagi peserta yang ingin memahami pengelasan ataupun ingin menjadi seorang *welder*. Materi dalam pelatihan pengelasan umumnya akan mengacu pada standar internasional yaitu AWS/ASME, diharapkan dengan adanya pelatihan pengelasan ini dapat menciptakan tenaga kerja pengelasan yang lebih profesional.

##### 4.1.1. Proses Pengadaan Pelatihan Pengelasan Dasar

Terdapat berbagai macam Lembaga penyelenggara pelatihan pengelasan di Indonesia, salah satunya adalah API (Asosiasi Pengelasan Indonesia), Depnaker RI (Departemen Tenaga Kerja Republik Indonesia), perguruan tinggi, dan lembaga-lembaga lainnya.



Gambar 4.1 Alur Proses Pengadaan Pelatihan Pengelasan Dasar

#### 2. Identifikasi Jenis Pelatihan

hal pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi jenis pelatihan yang dibutuhkan, agar materi secara teori dan praktik dapat dijabarkan sesuai

kebutuhan sehingga tercapai hasil yang diharapkan dari peserta pelatihan pengelasan.

### 3. Membuat Silabus

Pemahaman yang komprehensif tentang pengelasan dapat dicapai dengan 2 metode yaitu dengan pembelajaran teori pengelasan di kelas dan juga dengan pembelajaran praktik pengelasan. Maka dari itu perlu dibuat kurikulum atau silabus terkait pelatihan yang akan dilaksanakan. Silabus adalah rencana pembelajaran pengelasan yang mencakup standar kompetensi, kompetensi dasar, dan materi pokok/pembelajaran. Silabus terlampir.

### 4. Kebutuhan Teknis dan Pengajar

Kebutuhan Teknis yang dimaksud berupa hal-hal apa saja yang dibutuhkan ketika pelatihan pengelasan dilaksanakan seperti akomodasi untuk belajar mengajar di kelas, peralatan utama pengelasan, peralatan bantu pengelasan, peralatan kesehatan dan keselamatan pengelasan, dan lain sebagainya.

Pengajar yang dihadirkan harus menguasai kompetensi sesuai dengan materi yang akan disampaikan agar materi tersampaikan dengan baik dan benar.

### 5. Membuat Jadwal Pelatihan

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat pelatihan pengelasan dasar terdiri dari 12 kali pertemuan teori dan 13 kali pertemuan praktik. Sehingga total 25 kali pertemuan. Materi teori yang dijabarkan merupakan pemahaman dasar dari teknologi las.

Tabel 4.1 Jadwal Pelatihan Pengelasan Dasar

Materi	Pertemuan ke-																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Teori																										
Metode penyambungan material	■																									
Keselamatan kerja pengelasan		■																								
Terminologi dan Bagian-bagian Sambungan Las			■	■																						
Metalurgi Las					■	■																				
Diskontinuitas pengelasan							■	■																		
Kekuatan sambungan las									■	■																
Proses las SMAW											■	■														
Praktek																										
Persiapan teknis pengelasan SMAW												■														
Penyalaa busur listrik													■													
Pembuatan alur las														■	■											
Ayunan dalam pengelasan																■										
Sambungan Fillet																	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sambungan Butt joint																									■	■

6. Pelaksanaan pelatihan

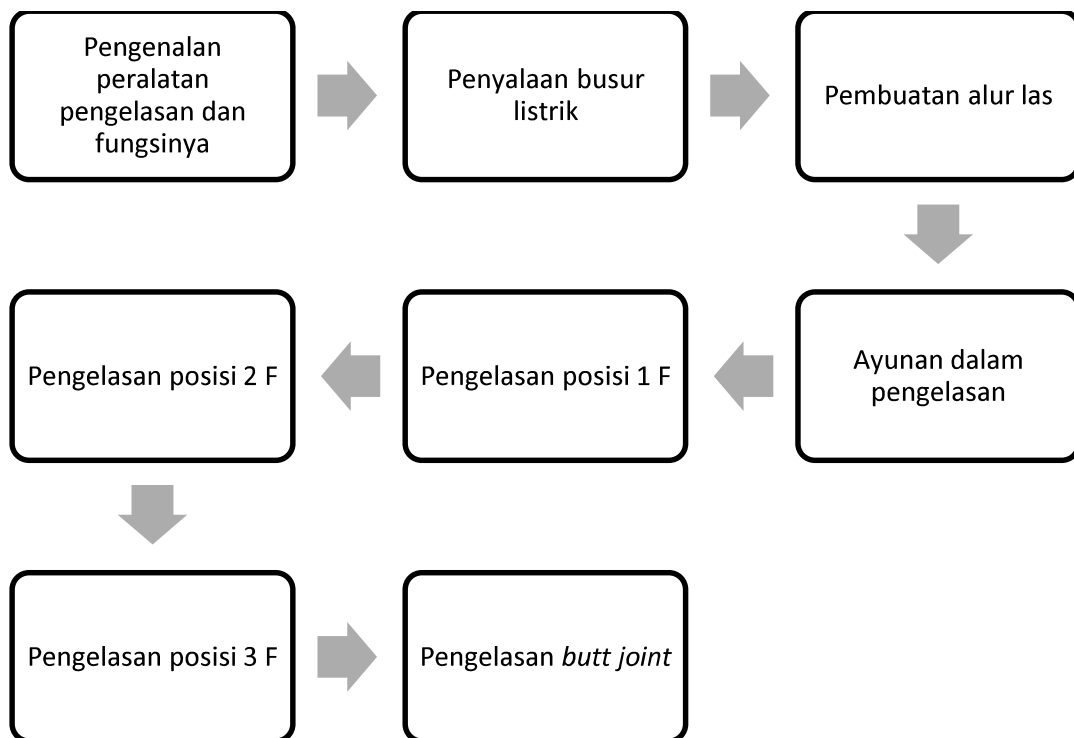
Dalam Pelaksanaannya, setiap sesi kelas yang berisikan 15 peserta akan disampaikan materi oleh satu pengajar dan satu asisten pengajar untuk kegiatan ceramah, diskusi kelas, dan tanya jawab. Setiap sesi praktikum akan diberikan instruksi oleh satu instruktur dan satu asisten instruktur untuk kegiatan ceramah, demonstrasi, praktek, dan diskusi

7. Evaluasi

Pada akhir pelatihan pengelasan dasar dilakukan evaluasi keseluruhan proses terhadap peningkatan kompetensi peserta pelatihan, evaluasi dilakukan dengan berbentuk soal untuk materi yang bersifat teori dan dilakukan pengelasan untuk materi yang bersifat praktek

**4.1.2. Praktik Pelatihan Pengelasan SMAW**

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat alur dalam melaksanakan pelatihan pengelasan SMAW untuk sesi praktik pengelasannya. Terdapat 8 tahapan dalam praktik pelatihan pengelasan SMAW, yang pada bagian akhir yaitu pengelasan *butt joint* masih terbagi pada 3 posisi pengelasan yaitu 1G, 2G, dan 3G.



Gambar 4.2 Alur Pelatihan Pengelasan SMAW

1. Pengenalan peralatan pengelasan dan fungsinya

- Peralatan mesin las dan fungsi bagian-bagiannya





Gambar 4.3 Peralatan Mesin Las

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat seperangkat mesin las untuk pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) yang terdiri dari *transformer* atau biasa disebut mesin las, kabel yang menghubungkan penjepit elektrode dan penjepit logam induk dengan mesin las, kemudian penjepit elektrode yang berguna untuk memasang elektrode selama proses pengelasan, dan penjepit logam induk yang berguna untuk mengalirkan listrik dengan muatan yang berlawanan dengan muatan pada kabel penjepit elektrode.

- Fungsi kontrol panel

Pada mesin las arus dapat dipilih antara AC (*Alternating Current*) yaitu arusnya berubah-ubah secara bolak balik atau DC (*Direct Current*) yaitu arus searah, namun mesin las yang digunakan diatas tidak memiliki fitur AC. Kemudian arah arus yang mengalir di pada kabel penjepit elektrode dan logam induk dapat dibalik arahnya sesuai kebutuhan

- Alat bantu pengelasan

Dibutuhkan perkakas guna mendukung kegiatan pengelasan, diantaranya adalah *chipping hammer* untuk menghilangkan *slack* pada las-lasan kemudian tang buaya untuk memindahkan spesimen pelat baja, kemudian sikat baja yang berguna untuk membersihkan spesimen pelat dari sisa-sisa *slack* yang masih menempel, dan gerinda



Gambar 4.4 Perkakas Pendukung Pengelasan

Selama pelatihan pengelasan dilakukan, diperlukan bilik las untuk membatasi wilayah kerja dari setiap peserta agar tidak terjadi kecelakaan kerja akibat dari singgungan yang terjadi antar peserta. Bilik las memiliki ukuran tinggi 180 cm, lebar 140 cm dan Panjang 140 cm



Gambar 4.5 Bilik Las

- Alat bantu keselamatan

Alat bantu keselamatan yang harus digunakan oleh peserta sesuai SOP adalah sarung tangan yang berguna untuk melindungi tangan dari percikan api maupun panas selama pengelasan, kemudian baju kerja lengan panjang yang terbuat dari bahan tertentu yang memiliki ketahanan panas dan tidak mudah terbakar seperti *cattel pack/wearpack*. Apabila tidak ada bisa di ganti dengan menggunakan apron dan lengan panjang yang dibuat dari kain atau kulit tertentu untuk melindungi tubuh dari percikan api dan panas selama pengelasan seperti pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Peralatan Keselamatan

Setelah itu untuk perlindungan wajah dan mata digunakan kap las. Kap las ada dua macam, pertama tipe helm dan yang kedua tipe yang harus dipegang. Sedangkan kacanya juga yang otomatis, saat proses pengelasan belum berlangsung maka kacanya bening namun saat proses pengelasan dimulai maka secara otomatis akan berubah menjadi gelap. Jumlah kaca las dalam setiap kap las ada tiga yaitu 2 kaca bening dan 1 kaca gelap berada di tengah. Kaca bening pertama berfungsi sebagai pelindung kaca gelap atau hitam, sedangkan kaca hitam dan kaca bening selanjutnya berfungsi untuk

melindungi mata dari sinar ultraviolet dan cahaya tampak yang dihasilkan dari proses pengelasan.

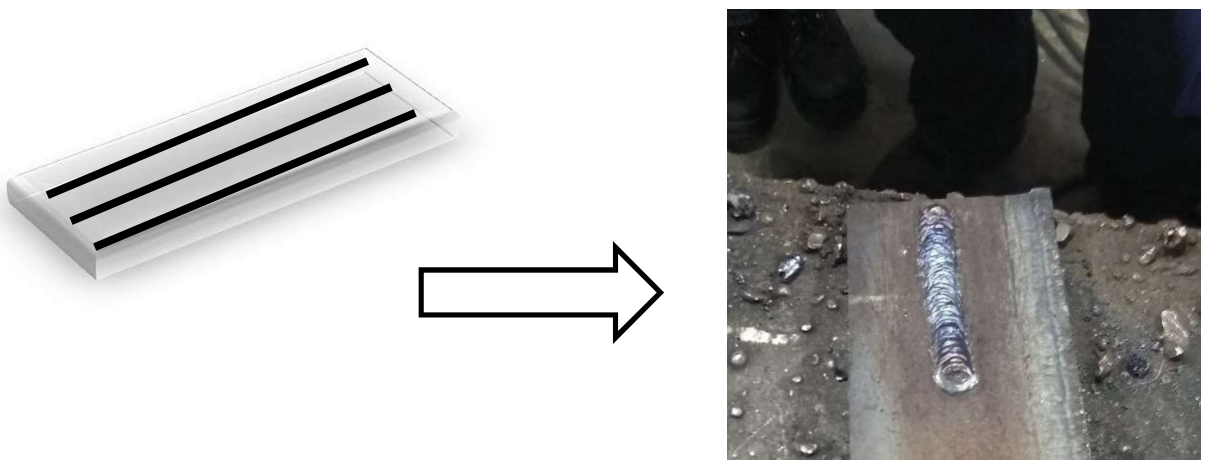
## 2. Penyalaan busur listrik

- Penyalaan busur listrik dengan cara menghubungkan singkat elektrode dengan logam induk. Terdapat 2 cara yaitu dengan cara digores atau diketok
- Mempertahankan nyala busur listrik dengan cara menjaga agar antara ujung elektrode dan logam induk berada pada jarak sebesar 2-3 mm



Gambar 4.7 Penyalaan Busur Listrik

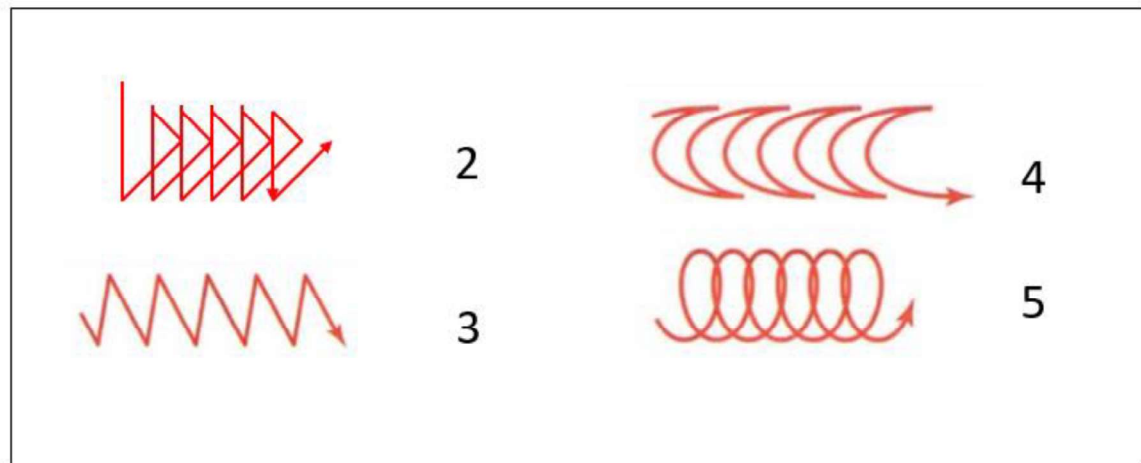
## 3. Pembuatan Alur Las



Gambar 4.8 Pembuatan Alur Las

- Beri 3 garis pada pelat dengan menggunakan kapur tulis
- Elektrode yang digunakan E 6013, Ø 3,2 mm
- Atur arus pada mesin las dengan *range* 90 – 120 A
- Posisi elektrode terhadap pelat pada arah pengelasan adalah 70°-80° dan sudut antara elektrode terhadap pelat pada arah melintang adalah 90°
- Pada pengelasan lanjutan, busur diarahkan ke depan dan pengelasan dimulai dari kawah las sebelumnya
- Pemadaman busur sebaiknya tidak dilakukan di tengah-tengah kawah las tapi diputar

#### 4. Ayunan dalam Pengelasan



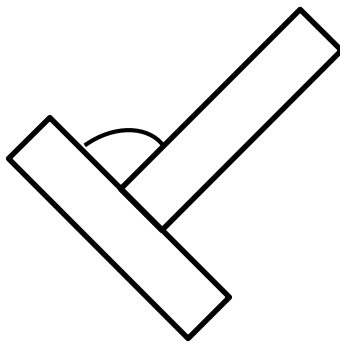
Gambar 4.9 Macam-Macam ayunan pengelasan

- Macam-macam ayunan pengelasan
  1. Lurus
  2. Segitiga
  3. Zig-zag
  4. U
  5. Lingkaran
- Elektrode yang digunakan E 6013, Ø 3,2 mm
- Atur arus pada mesin las dengan *range* 90-120 A
- Posisi elektrode terhadap pelat pada arah pengelasan adalah 70°-80° dan sudut antara elektrode terhadap pelat pada arah melintang adalah 90°
- Pada pengelasan lanjutan, busur diarahkan ke depan dan pengelasan dimulai dari kawah las sebelumnya

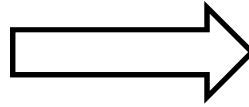
- Pemadaman busur sebaiknya tidak dilakukan di tengah-tengah kawah las tapi diputar

#### 5. Pengelasan Posisi 1F

Pengelasan posisi 1F adalah pengelasan sambungan sudut (*fillet joint*) berbentuk huruf T ditandai dengan kode "F" dengan posisi *flat* dibawah tangan ditandai dengan kode 1 seperti yang terlihat pada Gambar 4.10 (b). Langkah-langkah untuk melaksanakan pengelasan posisi 1F akan dijelaskan sebagai berikut:



(a)



(b)

Gambar 4.10 (a) Posisi Pelat (b) Pengelasan Posisi 1F

- Susun pelat seperti pada Gambar 4.10 (a)
- Beri *tack weld* kedua pelat dengan cara mengelas ujung-ujung pelat yang berseberangan sisinya
- Letakkan pelat dengan posisi masing-masing  $45^{\circ}$  terhadap garis normal
- Elektrode yang digunakan E6013,  $\varnothing$  3,2 mm
- Atur arus pada mesin las dengan *range* 70-90 A
- Pengelasan dilakukan dengan posisi elektrode sejajar garis normal dan  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  terhadap arah pengelasan
- Penyalaan busur pada pengelasan lanjutan dilakukan di depan kawah las terakhir dan pengelasan diawali pada kawah las terakhir

#### 6. Pengelasan Posisi 2F

Pengelasan posisi 2F adalah pengelasan sambungan sudut (*fillet joint*) berbentuk huruf T ditandai dengan kode "F" dengan posisi *horisontal* yang dilakukan secara menyamping ditandai dengan kode 2 seperti yang terlihat pada Gambar

4.11 (a). Langkah-langkah untuk melaksanakan pengelasan posisi 2F akan dijelaskan sebagai berikut:



(a)



(b)

Gambar 4.11 (a) Proses Pengelasan Posisi 2F (b) Arah Pengelasan 2F

- Susun pelat seperti pada Gambar 4.11 (a)
  - Beri *tack weld* kedua pelat dengan cara mengelas ujung-ujung pelat yang berseberangan sisinya
  - Letakkan pelat dengan posisi sambungan horisontal
  - Elektrode yang digunakan E6013, Ø 3,2 mm
  - Atur arus pada mesin las dengan *range* 70-90 A
  - Pengelasan dilakukan dengan posisi elektrode membentuk sudut  $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$  terhadap pelat yang mendatar dan membentuk sudut  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  terhadap arah pengelasan
  - Penyalaan busur pada pengelasan lanjutan dilakukan di depan kawah las terakhir dan pengelasan diawali pada kawah las terakhir
7. Pengelasan posisi 3 F
- Pengelasan posisi 3F adalah pengelasan sambungan sudut (*fillet joint*) berbentuk huruf T ditandai dengan kode "F" dengan posisi vertikal yang dilakukan ke arah

atas (*upphill*) atau bawah (*downhill*) ditandai dengan kode 3 seperti yang terlihat pada Gambar 4.12. Langkah-langkah untuk melaksanakan pengelasan posisi 3F akan dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 4.12 Pengelasan Posisi 3F

- Susun pelat seperti pada Gambar 4.12
- Beri *tack weld* kedua pelat dengan cara mengelas ujung-ujung pelat yang berseberangan sisinya
- Letakkan pelat dengan posisi sambungan vertikal
- Elektrode yang digunakan E6013,  $\varnothing$  3,2 mm
- Atur arus pada mesin las dengan *range* 70-90 A
- Arah pengelasan dari bawah ke atas
- Pengelasan dilakukan dengan posisi elektrode membentuk sudut  $45^{\circ}$  terhadap masing-masing pelat dan membentuk sudut  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  dengan sambungan di bawah arah pengelasan
- Penyalaan busur pada pengelasan lanjutan dilakukan di depan kawah las terakhir dan pengelasan diawali pada kawah las terakhir

#### 8. Pengelasan *Butt Joint*

Pengelasan *butt joint* adalah pengelasan sambungan tumpul yang memiliki beberapa macam *groove* yaitu V, *single bevel*, J *groove*, dan yang lainnya. Pada Gambar 4.13 merupakan *butt joint* dengan V *groove*. Pengelasan *butt joint* ditandai dengan kode "G". Posisi pengelasan pada *butt joint* dibagi menjadi posisi 1G, 2G, dan 3G yang arti dari angka tersebut sama seperti pada



pengelasan *fillet joint*. Langkah-langkah untuk melaksanakan pengelasan *butt joint* akan dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 4.13 Pengelasan *Butt Joint*

- Beri jarak diantara kedua pelat sebesar diameter elektrode  $\varnothing$  3,2 mm
- Beri *tack weld* kedua pelat dengan cara mengelas ujung-ujung pelat yang berseberangan sisinya
- Letakkan pelat dalam posisi *flat*/datar
- Untuk *root*, elektrode yang digunakan E 6013,  $\varnothing$  3,2 mm
- Atur arus pada mesin las dengan range 50 – 65 A
- Arah pengelasan dari depan ke belakang atau sebaliknya
- Posisi elektrode terhadap pelat pada arah pengelasan adalah  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  dan sudut antara elektrode terhadap pelat pada arah melintang adalah  $90^{\circ}$
- Penyalaan busur pada pengelasan lanjutan diarahkan ke depan dan pengelasan dimulai dari kawah las sebelumnya
- Untuk *face/capping*. Elektrode yang digunakan E 6013,  $\varnothing$  3,2 mm
- Atur arus pada mesin las dengan range 70-90 A
- Posisi elektrode terhadap pelat pada arah pengelasan adalah  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  dan sudut antara elektrode terhadap pelat pada arah melintang adalah  $90^{\circ}$
- Apabila pada *root* tidak terjadi penetrasi yang baik, maka dilakukan *back weld*
- Untuk *back weld*, elektrode yang digunakan E 6013,  $\varnothing$  3,2 mm
- Atur arus pada mesin las dengan range 70-90 A

- Posisi elektrode terhadap pelat pada arah pengelasan adalah 70°-80° dan sudut antara elektrode terhadap pelat pada arah melintang adalah 90°

#### 4.2. Biaya Pelatihan Pengelasan

Biaya pelatihan pengelasan diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan fungsinya, klasifikasi disebutkan sebagai berikut:

- Biaya kebutuhan pengelasan
  - Biaya material pokok : elektrode, pelat baja
  - Alat pelindung diri : kap las, sarung tangan, apron
  - Peralatan las : mesin las, palu *chipping*, sikat baja, tang
  - Biaya listrik
- Biaya pengajar

##### 4.2.1. Biaya Kebutuhan Pengelasan

- Biaya elektrode

Perhitungan biaya elektrode diawali dengan mengidentifikasi kebutuhan proses pengelasan yang akan dilakukan, kemudian diestimasi kebutuhan elektrodanya sesuai Tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Kebutuhan Elektrode

No	Jenis pengelasan	Pertemuan	Elektrode/pertemuan (kg)	Total
1	Penyalaan busur listrik	1	1	1
2	Pembuatan alur las	2	1	2
3	Ayunan dalam pengelasan	1	1	1
4	Pengelasan posisi 1F	2	1	2
5	Pengelasan posisi 2F	2	1	2
6	Pengelasan posisi 3F	2	1	2
7	Pengelasan <i>Butt Joint</i>	2	1	2
Total kebutuhan				12

Elektrode yang digunakan adalah ESAB 6013 dengan diameter 3,2 mm seharga 25.000 rupiah, sehingga total biayanya adalah  $12 \text{ kg} \times 25.000 = \text{Rp } 300.000$  untuk satu peserta

- Biaya Spesimen Pelat Baja

Perhitungan biaya spesimen diawali dengan mengidentifikasi kebutuhan proses pengelasan yang akan dilakukan, kemudian dihitung kebutuhan spesimennya sesuai Tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3 Kebutuhan Spesimen

No	Jenis pengelasan	Pertemuan	Spesimen/pertemuan	Total
1	Penyalan busur listrik	1	5	20
2	Pembuatan alur las	2		
3	Ayunan dalam pengelasan	1		
4	Pengelasan posisi 1F	2	5	10
5	Pengelasan posisi 2F	2	5	10
6	Pengelasan posisi 3F	2	5	10
7	Pengelasan <i>Butt Joint</i>	2	5	10
Total kebutuhan				60

Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.3, ukuran total dimensi pada setiap spesimen yang digunakan adalah 200 mm x 100 mm x 10 mm sehingga dapat dihitung beratnya sebagai berikut:

Berat = Volume x Massa Jenis

Berat =  $0.0002 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 1.57 \text{ kg}$  untuk satu pelat

Sehingga kebutuhan untuk 60 pelat seberat 94.2 kg, apabila harga baja/kg = 16.500 maka total kebutuhan untuk satu peserta :  $94.2 \times 16.500 = \text{Rp } 1.554.300$  untuk satu peserta

- Biaya Alat Pelindung diri
  - Kap las : 100.000
  - Sarung tangan : 90.000
  - Apron : 85.000

Sehingga jumlah biaya keseluruhan alat pelindung diri senilai Rp 275.000

- Biaya Peralatan Las
  - Mesin las : 18.500.000
  - Palu *chipping* : 28.500
  - Sikat baja : 5.000
  - Tang buaya : 80.000

Sehingga jumlah biaya keseluruhan peralatan las senilai Rp 18.615.500

- Biaya Listrik
 

Perhitungan jumlah besar biaya listrik yang diperlukan selama proses pelatihan dapat dilihat sebagai berikut:

- Jumlah jam pemakaian mesin las dalam sekali pertemuan: 6 jam x 12 pertemuan, total 72 jam
- Tarif dasar listrik 1 kWh = 1.467.28
- Watt mesin las (110 A x 25 V): 2,75 kW

Sehingga dari keterangan diatas didapatkan konsumsi listrik mesin las dengan hitungan sebagai berikut:

$$2,75 \text{ kW} \times 72 \text{ jam} \times \text{Rp } 1.467.28 = \text{Rp } 290.521$$

Sehingga total biaya keseluruhan dari kebutuhan pengelasan untuk setiap peserta sebesar Rp 20.935.321, lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 4.4:

Tabel 4.4 Total Biaya Kebutuhan Pengelasan

No.	Biaya Kebutuhan Pengelasan	Satuan	Harga (Rp)
1	Elektrode	12 kg	300.000
2	Spesimen baja	94.2 kg	1.554.300
3	Alat pelindung diri	1 set	275.000
4	Peralatan las	1 set	18.615.500
5	Listrik	198 kWh	290.521
Total			20.935.321

#### 4.2.2. Biaya Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja yang akan dihitung meliputi biaya pengajar teori dan pengajar praktek, rincian biaya sebagai berikut :

Tabel 4.5 Kebutuhan Tenaga Kerja

No.	Biaya Tenaga Kerja	Pertemuan	Jam	Index	Harga (Rp)
1	Apresiasi pengajar teori	12	30	80.000	2.400.000
2	Apresiasi pengajar praktek	12	72	50.000	3.600.000
Total biaya tenaga kerja					6.000.000

Pada Tabel 4.5 untuk satu pertemuan pembelajaran teori diisi dengan waktu 2,5 jam namun untuk pembelajaran praktik pengelasan diisi dengan 6 jam. Sehingga total keseluruhan biaya tenaga kerja senilai Rp 6.000.000

Keseluruhan total biaya pelatihan pengelasan dasar dapat dilihat lebih detil pada Tabel 4.6 yang terdiri dari biaya kebutuhan pengelasan dan biaya tenaga kerja.

Tabel 4.6 Total Biaya Pelatihan Pengelasan Dasar

Biaya pelatihan pengelasan	Harga (Rp)
Biaya kebutuhan pengelasan	20.935.321
Biaya tenaga kerja	6.000.000
Total Biaya	Rp 26.935.321

### 4.3. Faktor yang Mempengaruhi Pengelasan

Dalam proses pengelasan terdapat banyak faktor yang dapat mempengaruhi hasil dari las-lasan itu sendiri baik itu terlihat dari rigi las, kedalaman penetrasi, bekas HAZ, dan lainnya. Faktor-faktor tersebut timbul dari akibat banyaknya perbedaan kebutuhan dalam pengerjaan las diantaranya perbedaan posisi pengelasan, jenis material yang dilas, ketebalan pelat yang digunakan, jenis elektrode, dan kebutuhan lainnya

#### 4.3.1. Pergerakan tubuh

Pergerakan tubuh merupakan faktor yang memiliki andil besar dalam proses pengelasan, tubuh harus tetap stabil selama proses pengelasan berlangsung. Posisi badan, kaki, dan keseluruhan tangan harus dijaga tetap stabil pergerakannya dan tidak boleh ada gerakan tiba-tiba untuk menghindari kemungkinan timbulnya cacat pada hasil las-lasan, karena gerakan tersebut berpotensi mempengaruhi sudut pengelasan, jarak busur las, *travel speed*, dan yang lainnya

Jika diperhatikan dari awal hingga akhir proses pengelasan pada Gambar 4.14 (a) dan Gambar 4.14 (b) tidak ada perubahan yang signifikan pada badan *welder* namun, terdapat perubahan yang signifikan pada lengan dan sedikit pergerakan pada kepala *welder*. Hal ini disebabkan oleh kondisi elektrode yang semakin habis dan pergerakan pengelasan

Pergerakan pada lengan dan telapak tangan *welder* cenderung konstan bahkan tidak berubah, Apabila diperlukan gerakan *weaving* pada pengelasan maka yang akan banyak bergerak adalah bagian lengan *welder* untuk menjaga sudut pengelasan agar tetap sama selama proses pengelasan. Pergerakan yang terjadi pada kepala *welder* menyesuaikan dengan posisi elektrode yang sedang digerakkan pada pengelasan agar *welder* dapat melihat dengan baik dan detil *molten* yang terbentuk.



(a)



(b)

Gambar 4.14 (a) Awal Proses Pengelasan (b) Akhir Proses Pengelasan

#### 4.3.2. Jarak Busur

Adanya busur listrik diperlukan sebagai sumber panas untuk melelehkan baja yang ingin di las dengan bantuan elektrode yang berisi *filler metal* dan dibungkus dengan *flux*, lelehan yang sudah tergabung akan menjadi sambungan antara baja yang dilas. Busur listrik timbul disebabkan terjadinya kontak listrik karena bertemunya kedua kutub (+ dan -) sehingga terjadi lompatan antara ion negatif dengan positif yang tidak hanya mengalirkan arus tapi juga *filler metal*. Pertemuan kedua kutub tersebut terjadi saat ujung elektrode bertemu dengan benda kerja (baja) dan ditarik hingga tidak bersentuhan namun masih pada jarak yang sangat dekat. Ukuran jarak idealnya adalah sebesar 2-3 mm.



Gambar 4.15 Hasil Pengelasan dari Jarak Busur yang Lebih Panjang

- Bila jarak busur lebih panjang dari diameter elektrodanya maka :
  - Penetrasi yang dangkal
  - Banyak *spatter* yang ditimbulkan
  - Hasil mahkota las yang kasar dan keluar dari jalur las



Gambar 4.16 Hasil Pengelasan dari Jarak Busur yang Lebih pendek

- Bila jarak busur lebih pendek dari diameter elektrodanya maka :
  - Hasil mahkota las tidak merata

- Penetrasi yang tidak baik



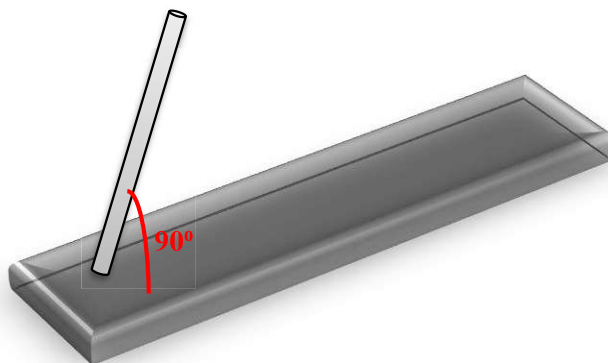
Gambar 4.17 Hasil Pengelasan dengan Jarak Busur Sesuai

- Bila jarak busur sesuai dengan diameter elektrodanya maka :
  - Mahkota las halus dan baik
  - Penetrasi yang baik
  - Percikan *spatter* sedikit

### 4.3.3. Sudut Pengelasan

Terdapat beberapa jenis sudut pengelasan diantaranya adalah :

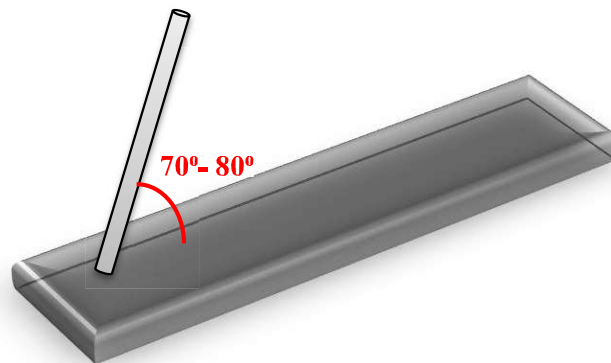
- Sudut elektrode terhadap pelat pada arah melintang adalah  $90^\circ$



Gambar 4.18 Sudut Elektrode Terhadap Pelat pada Arah Melintang

- Sudut elektrode terhadap pelat pada arah pengelasan adalah  $70^\circ - 80^\circ$





Gambar 4.19 Posisi Elektrode Terhadap Pelat pada Arah Pengelasan

Apabila kurang dari sudut  $70^\circ$  maka *fusion line* yang terbentuk akan tidak sesuai dan menghasilkan banyak *spatter* karena permukaan elektrode yang terlalu naik, dan apabila lebih dari sudut  $80^\circ$  maka akan berpotensi *slack inclusion* akibat dari tidak ada yang menahan *molten* yang sudah tercipta sebelumnya.

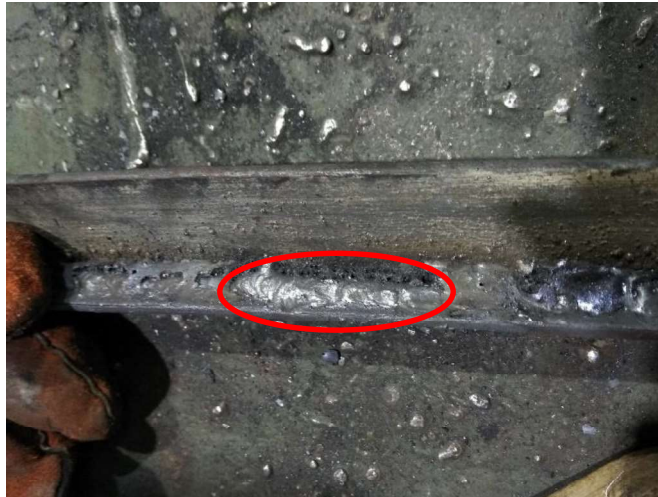
- Pengelasan dilakukan dengan posisi elektrode membentuk sudut  $45^\circ$  terhadap masing-masing pelat (pengelasan *fillet joint*)



Gambar 4.20 Posisi Elektrode Terhadap Masing-masing Pelat

Pada pengelasan *fillet joint*, pengelasan harus dilakukan dengan posisi elektrode membentuk sudut  $45^\circ$  terhadap masing – masing pelat untuk menghindari terjadinya *incomplete fusion* pada hasil pengelasan.

*Bead* las yang terbentuk hanya ada pada area pelat dasar dan tidak terbentuk di pelat tegak, inilah yang dinamakan *incomplete fusion* seperti pada Gambar 4.21 karena kedua material tidak tersambung yang bisa diakibatkan oleh sudut pengelasan yang tidak tepat.



Gambar 4.21 *Incomplete Fusion*

#### 4.3.4. Arus

Penentuan nilai arus listrik memiliki dampak yang signifikan terhadap pengelasan karena salah satu variabel perhitungan dalam menentukan besar kecilnya *heat input* adalah nilai arus itu sendiri. *Range* nilai arus yang tepat dapat diidentifikasi dengan melihat jenis dari elektrode, diameter elektrode, dan posisi pengelasannya.

Bila arus yang digunakan lebih rendah daripada yang seharusnya maka *heat input* yang rendah akan berdampak pada sulitnya penyalaan busur listrik dan panas yang dihasilkan tidak cukup besar untuk menghasilkan kedalaman penetrasi pengelasan ketika pelelehan elektrode dan material kerja. Akibatnya, *weld bead* yang dihasilkan berukuran kecil dan penetrasinya tidak dalam. Bila arus yang digunakan lebih besar daripada yang seharusnya maka akan berdampak pada *heat input* yang besar sehingga elektrode akan lebih cepat meleleh dan menghasilkan *weld bead* yang lebar, HAZ (*Heat Affected Zone*) yang besar dan penetrasi yang dalam bahkan bila material terlalu tipis dapat menembus material itu sendiri.

#### 4.3.5. Kecepatan Pengelasan

Kecepatan pengelasan yang dimaksud adalah seberapa cepat elektrode dijalankan diatas material kerja. Sehingga nilainya dihitung dengan total panjang deposit pengelasan dibagi dengan waktu pengelasan (mm/menit). Kecepatan pengelasan juga bergantung pada *input* arus yang digunakan selama proses pengelasan, Nilai arus yang lebih tinggi memberikan dampak *heat input* yang lebih besar sehingga pengelasan harus lebih cepat daripada kondisi normal dan juga sebaliknya.

Apabila nilai arus nya sudah sesuai maka apabila kecepatan pengelasannya lebih tinggi maka akan dihasilkan *weld bead* yang kecil dan penetrasi yang dangkal, bila kecepatan

pengelasannya diperlambat maka berpotensi menghasilkan *weld bead* yang lebih lebar dan juga HAZ(*Heat Affected Zone*) yang besar serta, penetrasi yang dalam.

#### **4.3.6. Jarak *Weaving***

*Weaving* adalah gerakan ayunan pada elektrode yang bertujuan untuk mendapatkan hasil pengelasan yang lebih baik. Bentuk *weaving* terdapat beberapa jenis seperti pada Gambar 4.9. Jarak antara pola *weaving* satu dengan yang berikutnya, idealnya adalah setengah dari diameter elektrode. Jarak pola *weaving* ideal bertujuan agar jarak antara satu pola dengan pola berikutnya tidak jauh dan masih saling menindih sehingga didapatkan hasil *molten* yang padat. *Molten* yang padat dapat menghindari terjadinya *slack inclusion* akibat dari *molten* yang sudah dingin ditindih dengan *molten* yang baru dibentuk.

## **BAB 5**

### **PERANCANGAN SIMULASI PENGELASAN**

#### **5.1. Analisis Konten Pelatihan Pengelasan *ChiefWeld***

Simulasi pengelasan berbasis Teknologi Realitas Maya (*Virtual Reality*) yang akan dirancang diberikan nama *ChiefWeld*. *ChiefWeld* merupakan konsep awal yang mengacu pada WPS dengan proses pengelasan SMAW posisi 2F pada lampiran B. Selanjutnya akan dilakukan pembahasan terhadap konten yang terdapat didalam simulasi pengelasan *ChiefWeld*.

##### **5.1.1. Materi Pelatihan Pengelasan**

Materi pelatihan pengelasan yang akan di virtualisasi kedalam aplikasi dibagi menjadi 2 tingkatan yaitu *Beginner*, dan *Intermediate*. Pada tiap tingkatan memiliki materi dan tingkat kesulitan yang berbeda, Penjelasan sebagai berikut :

###### *1. Beginner*

Pada tahap ini *user* akan melakukan proses penyalaan busur listrik, pembuatan alur las pada pelat, dan juga memungkinkan untuk melakukan ayunan (*weaving*) selama proses pengelasan

###### *2. Intermediate*

Pada tahap ini *user* akan melakukan proses pengelasan dengan sambungan *fillet*, posisi pengelasan yang dapat dilakukan adalah posisi 1F (*downhand*), dan 2F (*horisontal*)

##### **5.1.2. Variabel Penilaian Pengelasan**

Variabel yang dinilai akan berbeda pada tiap tahapan, menyesuaikan hasil yang diharapkan dari proses yang ada di tiap tahapan. Perbedaannya sebagai berikut :

###### *1. Beginner*

Pada tahap ini yang akan dijadikan penilaian utama adalah kestabilan dalam menjaga jarak busur pada titik 2-3 mm dan *travel speed*

###### *2. Intermediate*

Pada tahap ini penilaian selain pada jarak busur 2-3 mm dan *travel speed* seperti pada tahap beginner juga menilai sudut terhadap pelat selama proses pengelasan berlangsung yang harus dijaga pada kurang lebih 45° terhadap kedua pelat.

## 5.2. Teknologi yang Digunakan

Prototipe *ChiefWeld* ini dapat berjalan sebagaimana mestinya karena didukung oleh tiga komponen utama yaitu perangkat yang menerapkan teknologi VR (*Virtual Reality*), *PS Move & Eye* sebagai *controller* tambahan, dan juga aplikasi *ChiefWeld* itu sendiri.

### 5.2.1. Perangkat *Virtual Reality*

Perangkat yang menerapkan teknologi VR sudah banyak beredar di pasaran, dari mulai *Sony PlayStation VR*, *Samsung Gear VR*, *Oculus*, *HTC Vive*, *Google Daydream*, dan lain-lain. Hampir semua perangkat VR memiliki fitur utama yaitu dapat melakukan interaksi dua arah antara *user* dengan dunia *virtual*, sehingga memungkinkan *user* untuk memanipulasi dan memiliki kendali terhadap hal-hal yang terjadi didalam dunia *virtual*. Pada penelitian ini perangkat yang digunakan adalah *Oculus Go*, spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 5.1



Gambar 5.1 *Oculus Go*

Dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 5.1 Spesifikasi *Oculus Go*

<i>Processor</i>	Qualcomm Snapdragon 821 SoC
RAM	3GB
<i>Audio</i>	<i>Internal speakers, 3.5mm headphone jack</i>
<i>Display</i>	5.5-inch LCD Display (2560 x 1440)
<i>Sensors</i>	3DoF Gyroscope, Accelerometer, Magnetometer
<i>Controller</i>	3Dof Controller
<i>Bluetooth</i>	Bluetooth 4.1
<i>Wireless</i>	WiFi Wi-Fi 802.11 ac/n

### 5.2.2. *PS Move*

Pada tugas akhir ini *PS Move* digunakan sebagai *holder* las pada *Oculus Go* agar *user* mendapatkan pengalaman menggerakkan *controller* dalam lingkup 6 DoF, sehingga gerakan

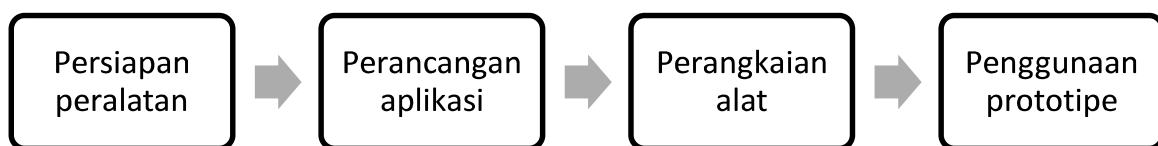
yang dihasilkan dapat semirip mungkin dengan pengelasan yang asli. Terdapat perbedaan berat antara *PS Move* yang memiliki berat 145 gram dengan *Holder* las yang memiliki berat 425 gram. Agar simulasi pengelasan terasa lebih nyata seharusnya dilakukan penambahan berat pada *controller* yang digunakan, namun pada penelitian ini tidak dilakukan. Penambahan berat dapat dilakukan dengan memberikan *casing* berbentuk *holder* las yang dibuat dengan memanfaatkan teknologi *3D Printing*, penambahan berat dapat disesuaikan dengan material yang digunakan untuk membuat *casing*. Dalam penerapan teknologi AR (*Augmented Reality*) dapat digunakan *holder* las asli yang kemudian diberikan *QR code* sebagai acuan posisi dalam dunia virtual yang sudah dibuat. Pembacaan *QR code* menggunakan *camera* yang sudah memiliki *software library ARToolKit*.

### 5.2.3. Aplikasi *ChiefWeld*

*ChiefWeld* merupakan program yang memberikan *user* pengalaman bagaimana proses pengelasan dilakukan tanpa harus menggunakan peralatan las sungguhan. Program ini didesain semirip mungkin dengan pengelasan asli dari mulai peralatan seputar pengelasan, jarak busur las, sudut pengelasan, gerakan tangan, kecepatan pengelasan dan yang lainnya. Program ini dibuat dengan bantuan beberapa *software* yaitu *Unity game engine*, *Microsoft Visual Studio*, dan *Blender*.

## 5.3. Pembuatan dan Penggunaan Prototipe *ChiefWeld*

Alur pembuatan prototipe dapat dilihat pada Gambar 5.2:



Gambar 5.2 Alur Pembuatan dan Penggunaan Prototipe

Alur pada Gambar 5.2 menjelaskan secara menyeluruh tahapan untuk membuat sampai menggunakan *ChiefWeld*. Mulai dari tahap persiapan peralatan, perancangan *software*, perangkaian alat, dan penggunaan prototipe

### 5.3.1. Persiapan Alat

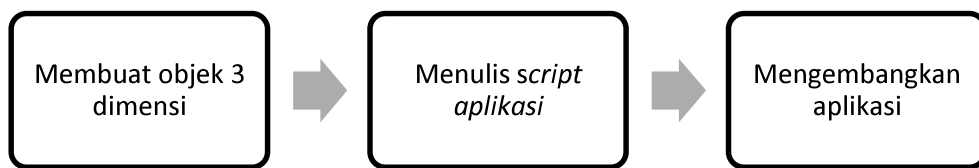
Pembuatan prototipe diawali dengan menyiapkan semua peralatan dan bahan yang diperlukan untuk membuat prototipe, yaitu :

1. *Oculus Go*

2. Komputer
3. *Software Unity, Microsoft Visual Studio, Android Studio, Freepie, PSMoveService*
4. *PS Move controller*
5. Kabel Mini USB
6. *PS Eye* 2 buah
7. Papan kalibrasi

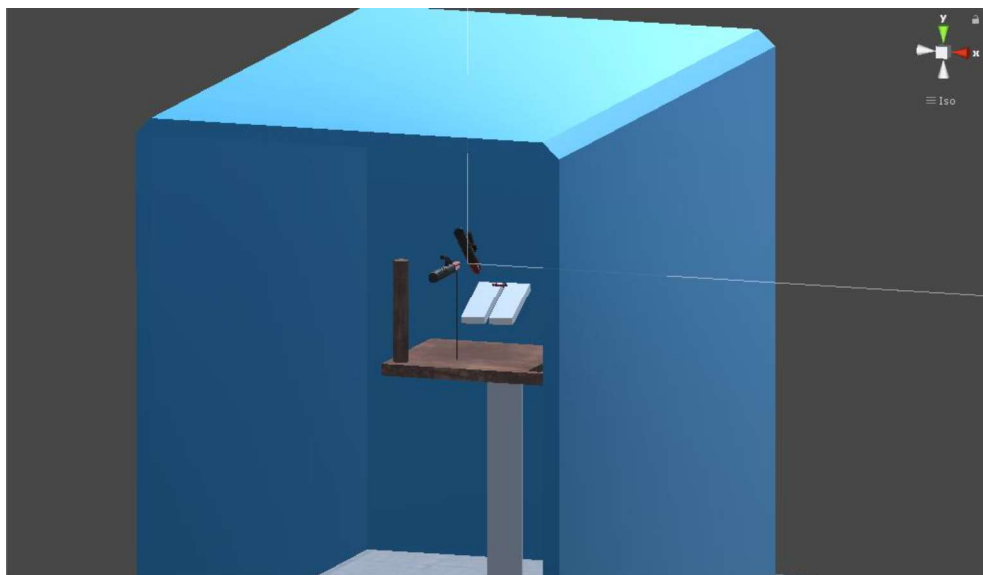
### 5.3.2. Perancangan Aplikasi *ChiefWeld Simulator*

Aplikasi *ChiefWeld Simulator* merupakan program yang memvisualisasikan objek dan lingkungan yang terkait dengan proses pengelasan ke dunia virtual. Di dalam aplikasi ini terdapat objek yang diam saja seperti meja las, bilik las, dan pelat. Serta objek yang interaksinya dengan dunia virtual dapat dimanipulasi oleh *user*, yaitu stang las. *User* dapat memanipulasi stang las dengan menggerakkan *PS Move* yang memiliki fitur 6 derajat kebebasan yaitu roll (gerakan memutar), *pitch* (gerakan mengangguk), *yaw* (gerakan menggeleng) dan dideteksi pergerakannya di dunia 3 dimensi dengan bantuan *PS Eye* sehingga gerakan *PS Move* terhadap sumbu x, y, dan z dapat terbaca.



Gambar 5.3 Alur Perancangan Aplikasi *ChiefWeld*

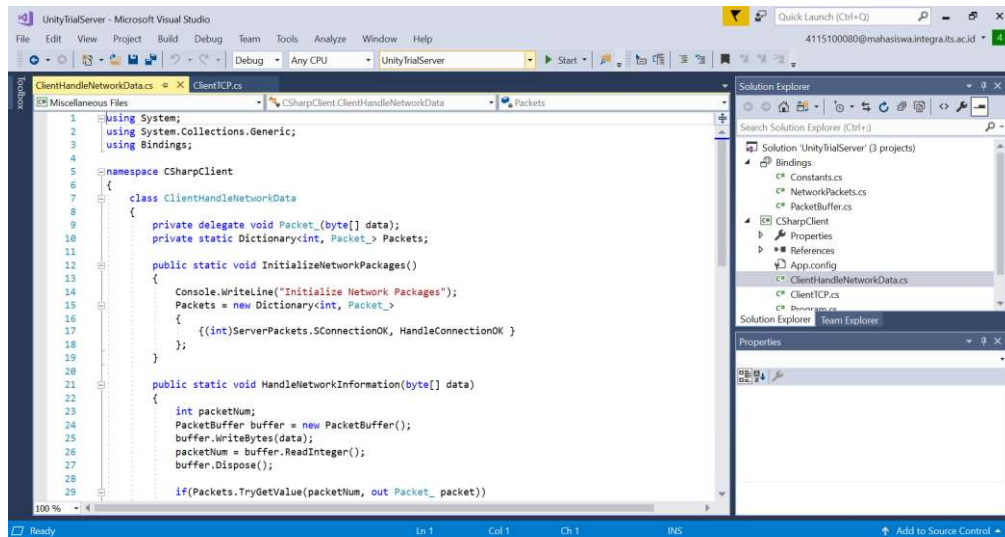
Langkah pertama : membuat objek 3 dimensi



Gambar 5.4 Pembuatan Objek 3 dimensi

Objek 3 dimensi dibuat dengan menggunakan bantuan *software Blender 3D* diantaranya adalah meja las, stang las, bilik las, dan pelat

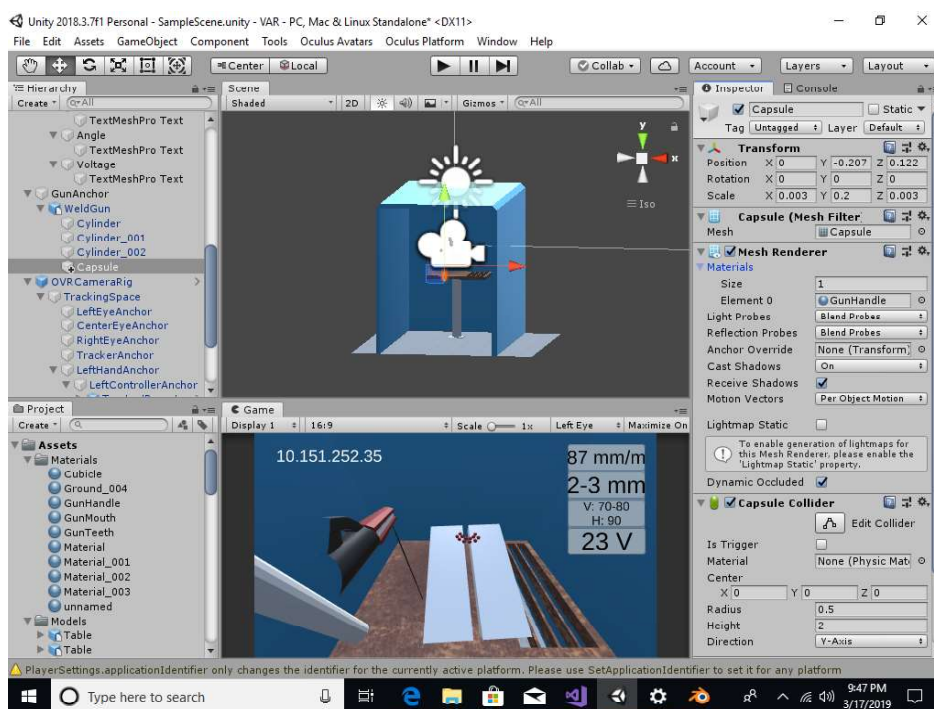
Langkah kedua : Menulis *script* aplikasi



Gambar 5.5 Penulisan *Script* Program

*Script*/kode program dibuat untuk setiap objek yang memerlukan interaksi dalam dunia virtual, perintah interaksi pada objek dibuat sesuai dengan yang diinginkan. Satu objek dapat memiliki berbagai perintah interaksi bergantung pada kebutuhan dari apa saja hal yang ingin divisualisasikan. *Script*/kode program dibuat menggunakan bantuan *Microsoft Visual Studio*

Langkah ketiga : Mengembangkan aplikasi



Gambar 5.6 Pengembangan Program dengan *Unity*

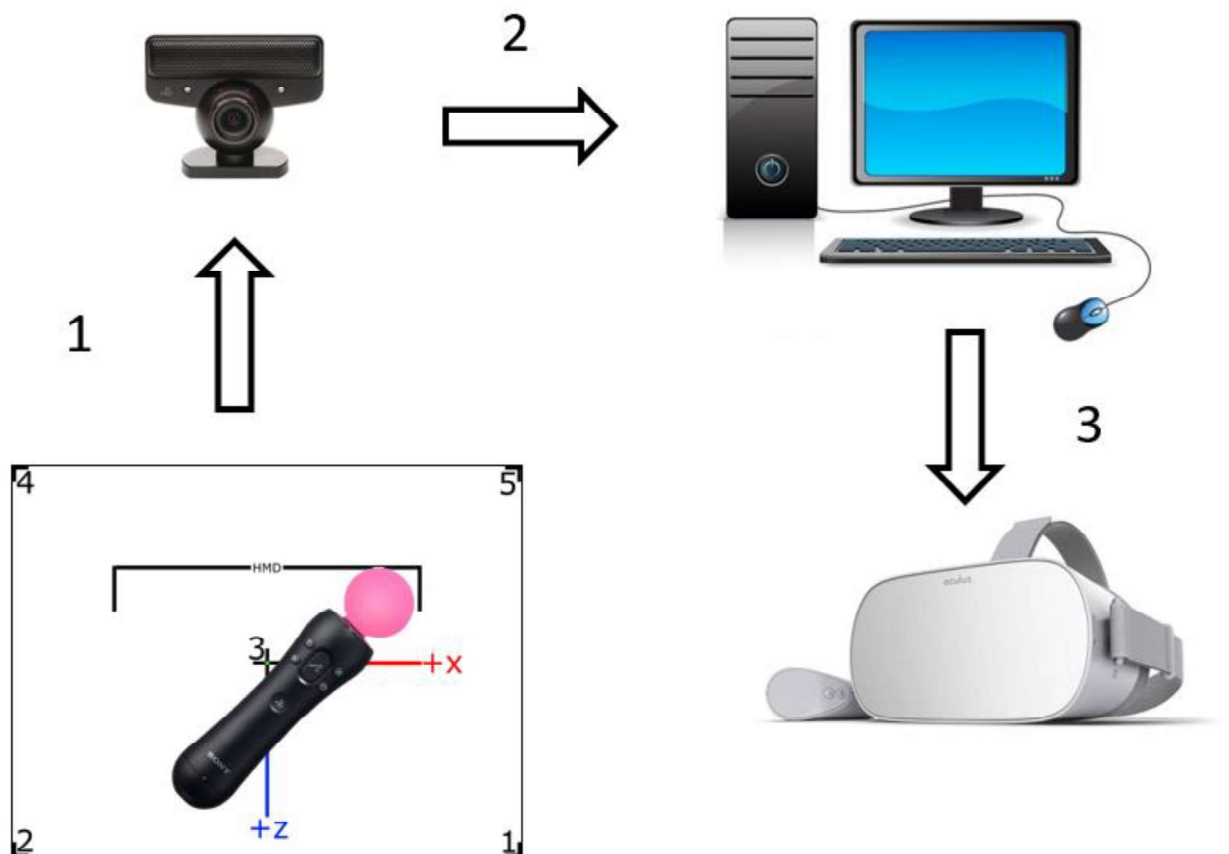


Pada tahap ini semua objek yang telah dibuat disatukan dengan *script* nya yang berisikan perintah apa saja yang akan dilakukan oleh objek tersebut ke dalam *Unity game engine*. Tahap inilah yang menjadi proses penting dalam pengembangan sebuah *software simulator*, apabila pada saat eksekusi nya objek tidak dapat dimanipulasi sesuai dengan yang diperintahkan maka besar kemungkinan ada kesalahan pada *script*/kode yang telah dibuat.

### 5.3.3. Perangkaian Alat

Sebelum pengelasan menggunakan prototipe *ChiefWeld* bisa digunakan, semua peralatan harus disusun pada tempatnya agar bisa berjalan dengan baik. Berikut ini adalah langkah-langkahnya dapat dilihat pada Gambar 5.7:

1. Meletakkan *PS Move* di daerah yang terjangkau jarak pandang *PS Eye*
2. Menyambungkan *PS Eye* dengan komputer
3. Menyambungkan Komputer dengan *Oculus Go* melewati WiFi

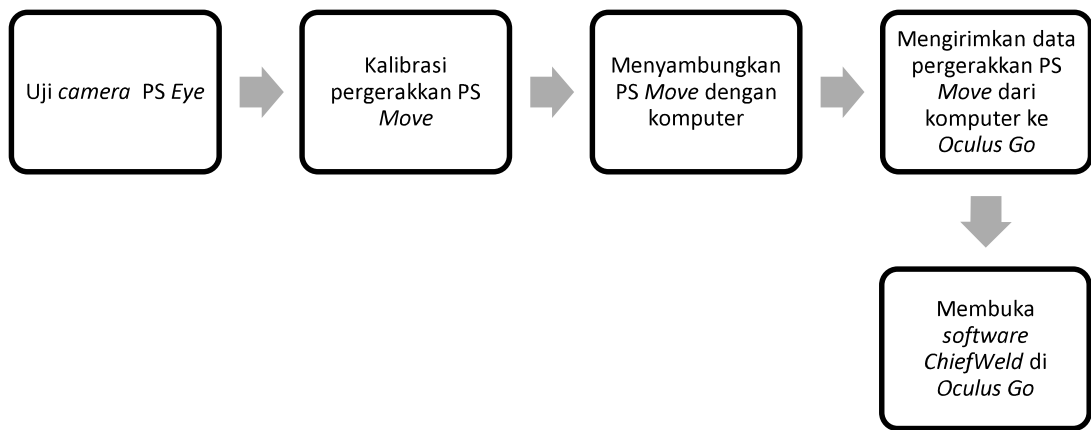


Gambar 5.7 Perangkaian Alat

Peralatan yang sudah disiapkan disusun seperti pada Gambar 5.7 yaitu PS Move diletakkan diatas papan kalibrasi, PS Eye disambungkan dengan komputer, kemudian PS Eye dihadapkan ke arah papan kalibrasi dan PS Move. Peralatan siap digunakan

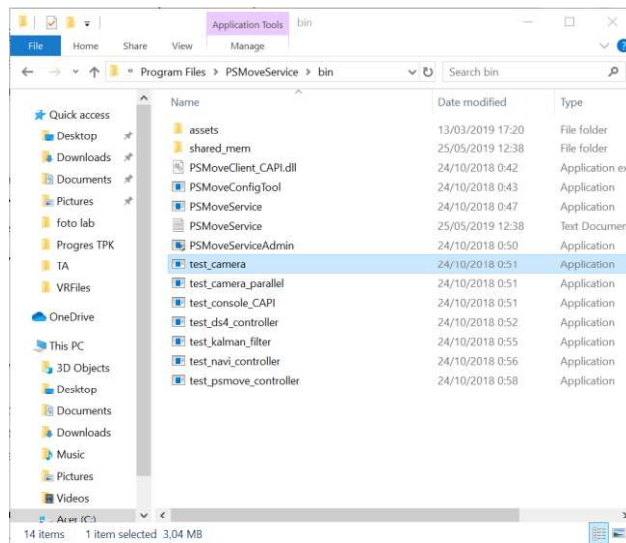
### 5.3.4. Penggunaan ChiefWeld

Dalam menggunakan aplikasi ChiefWeld pada Oculus Go, terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan sebelum Chiefweld siap digunakan. Secara garis besar PS Move harus disambungkan terlebih dahulu ke komputer via bluetooth. Kemudian menghubungkan Oculus Go ke komputer via Wifi. Hal ini dilakukan agar PS Move dapat dibaca di dalam Oculus Go, langkah-langkahnya dapat dilihat pada Gambar 5.8



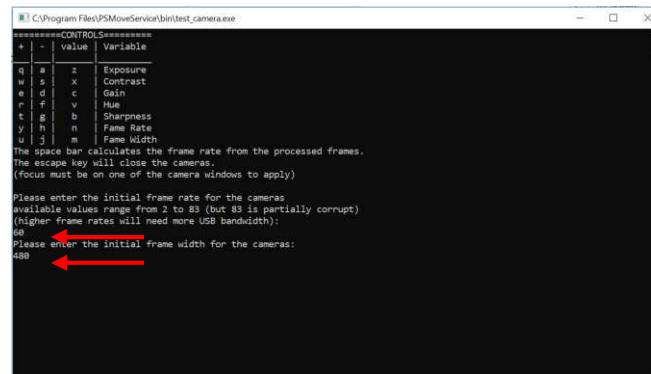
Gambar 5.8 Alur Penggunaan ChiefWeld

#### 1. Uji camera PS Eye



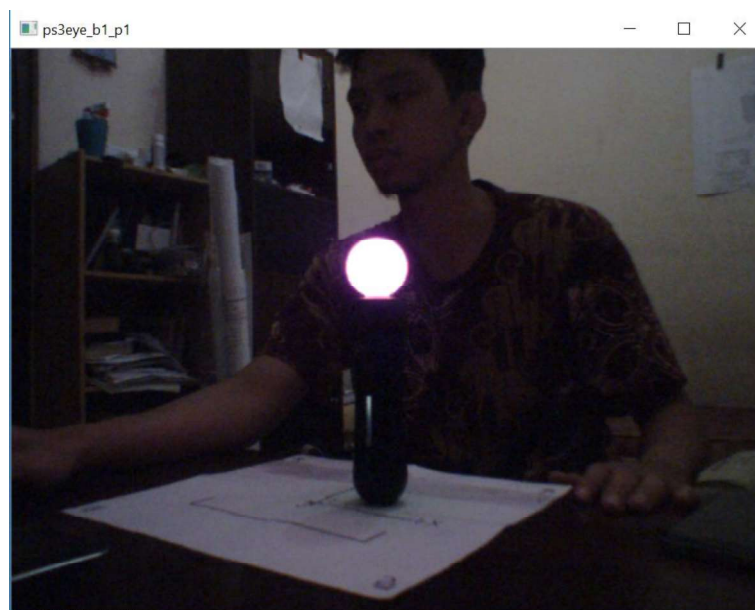
Gambar 5.9 Folder PSMoveService

Pertama-tama untuk memastikan PS *Eye* sudah menjangkau papan kalibrasi dan juga PS *Move* secara keseluruhan maka perlu membuka file *test\_camera* di dalam folder *PSMoveService* seperti pada Gambar 5.9



Gambar 5.10 Aplikasi *test\_camera*

Aplikasi pada Gambar 5.10 akan diminta untuk mengisi *frame rate* dan juga *frame width* untuk mengatur visualisasi PS *Eye* pada komputer. Pada *frame rate* masukkan nilai 60 dan pada *frame width* masukkan nilai 480.

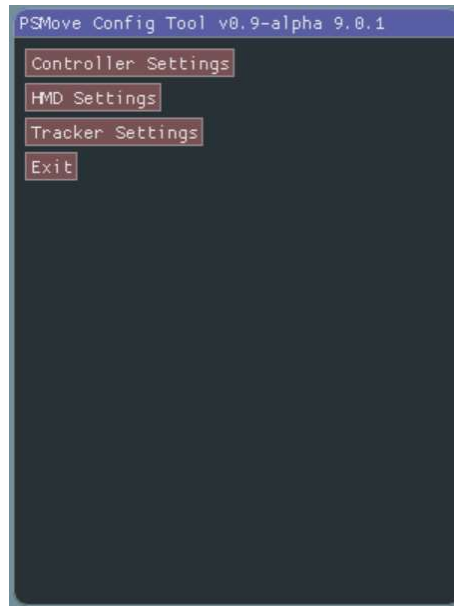


Gambar 5.11 Visualisasi PS *Eye* pada Komputer

Nilai yang sudah dimasukkan akan menentukan ukuran visualisasi PS *Eye* di komputer. Pada Gambar 5.11 adalah visualisasi dari PS *Eye* di komputer. Pastikan PS *Eye* memiliki jangkauan visual terhadap PS *Move* dan juga papan kalibrasi.

## 2. Kalibrasi pergerakan PS *Move*

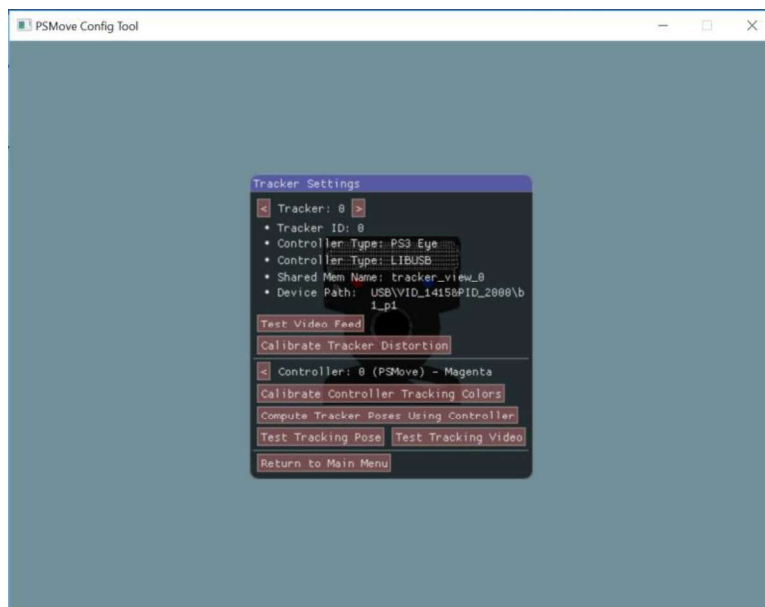
Kembali ke folder *PSMoveService* seperti pada Gambar 5.9 kemudian buka aplikasi *PSMoveConfigTool* untuk mengkalibrasi pergerakan PS *Move*



Gambar 5.12 Tampilan Depan PSMove Config Tool

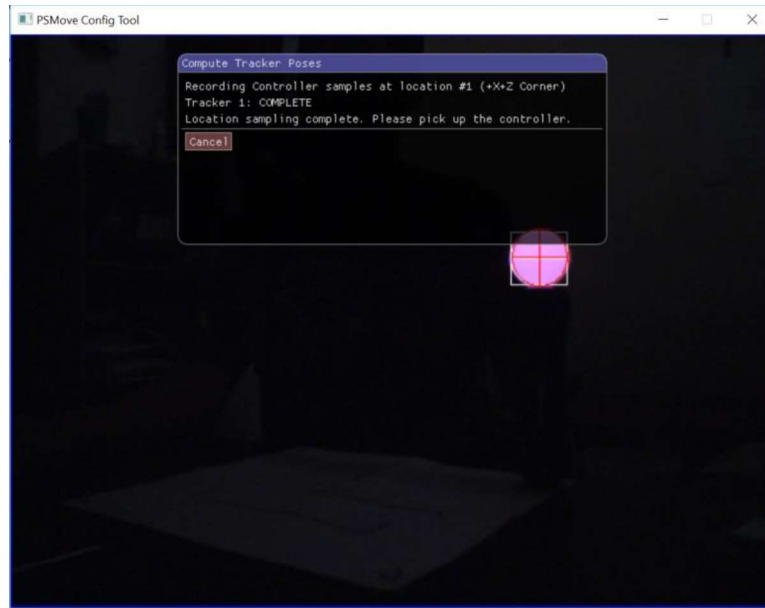
Pada aplikasi ini terdapat beberapa pilihan kalibrasi pada layar menu seperti yang terlihat pada Gambar 5.12, penjelasan lebih lanjut sebagai berikut :

- *Controller Settings* : kalibrasi gerakan *yaw*, *pitch*, dan *roll*
- *HMD Settings* : kalibrasi *headset*
- *Tracker Settings* : kalibrasi posisi PS Move terhadap sumbu x, y, dan z



Gambar 5.13 Menu *Tracker Setting*

Pada Gambar 5.13 *user* akan diberitahu berapa jumlah PS Eye yang aktif dan terbaca di komputer, apabila jumlah PS Eye yang aktif sudah sesuai, maka dibawahnya terdapat beberapa pilihan untuk mengkalibrasi fitur *tracking* 3 dimensi pada PS Move.

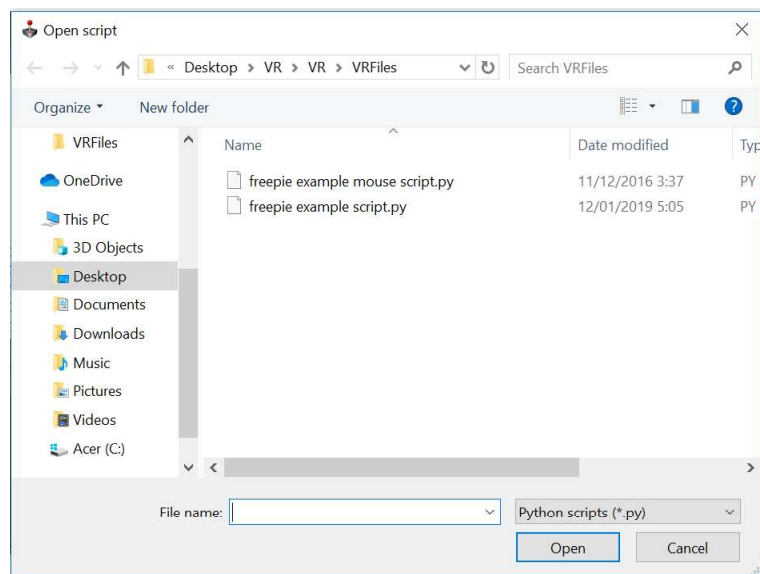


Gambar 5.14 Penggunaan Papan Kalibrasi

Pada Gambar 5.13 pilih opsi *Compute Tracker Poses Using Controller* untuk mengkalibrasi gerakan PS Move pada sumbu x, y, dan z. Setelah itu akan tampak seperti pada Gambar 5.14 yang mana PS Move akan mulai mengkalibrasi posisinya, secara berurutan PS Move akan diletakkan tegak lurus diatas papan kalibrasi yang sudah ada tanda angkanya untuk setiap posisi seperti pada Gambar 5.7.

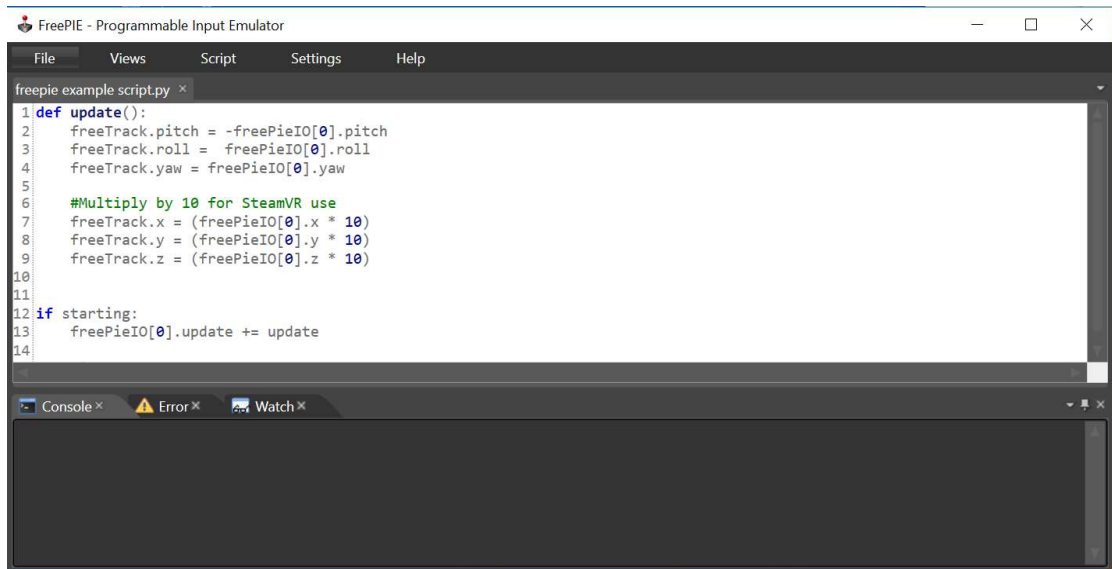
### 3. Menyambungkan PS Move dengan komputer

Langkah berikutnya adalah menyambungkan PS Move dengan Komputer melewati *bluetooth* agar pergerakan PS Move dapat terbaca di dalam komputer.



Gambar 5.15 Script untuk FreePie

*Script* yang akan dibuka memiliki format .py, merupakan format yang digunakan oleh Python. Di dalam *script* ini mengandung perintah yang akan menerjemahkan pergerakan PS *Move* agar bisa dimengerti komputer

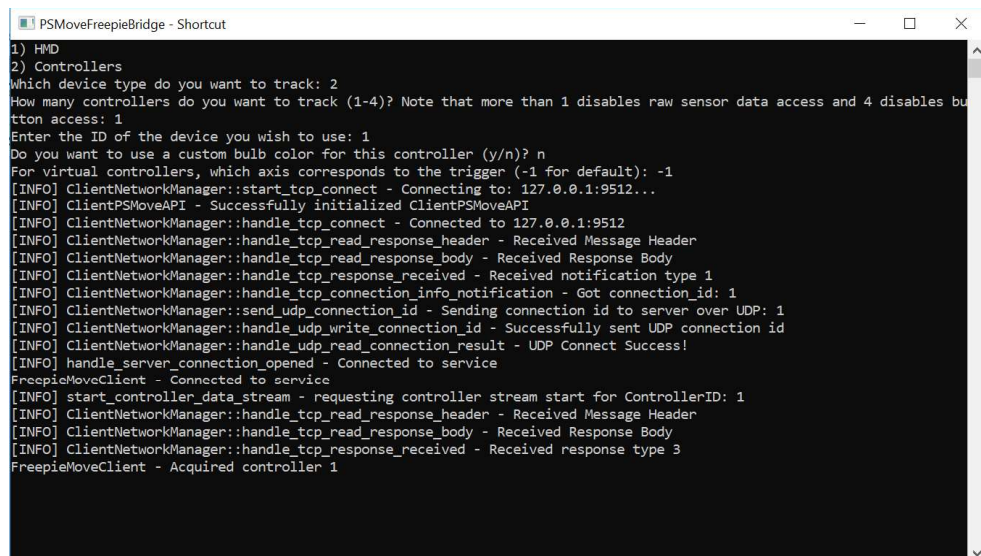


```
FreePie - Programmable Input Emulator
File Views Script Settings Help
freepie example script.py x
1 def update():
2     freeTrack.pitch = -freePieIO[0].pitch
3     freeTrack.roll = freePieIO[0].roll
4     freeTrack.yaw = freePieIO[0].yaw
5
6     #Multiply by 10 for SteamVR use
7     freeTrack.x = (freePieIO[0].x * 10)
8     freeTrack.y = (freePieIO[0].y * 10)
9     freeTrack.z = (freePieIO[0].z * 10)
10
11
12 if starting:
13     freePieIO[0].update += update
14
```

Gambar 5.16 *Running Script* pada FreePie

Agar PS *Move* pergerakannya dapat dibaca dalam komputer maka digunakan *software* FreePie. Urutan pengerjaannya sebagai berikut:

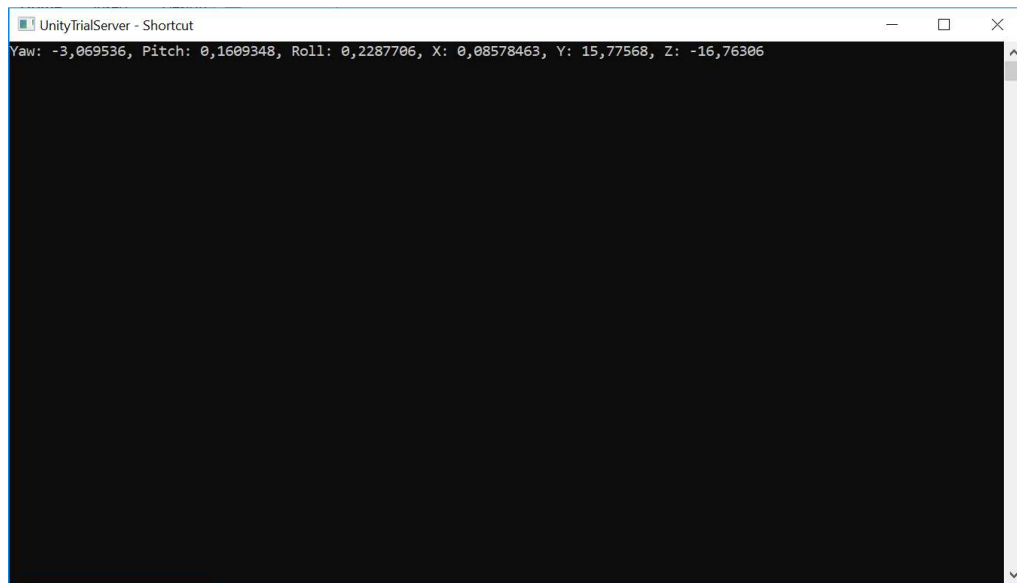
1. Buka *script* yang telah dibuat seperti pada Gambar 5.15 kemudian bukalah file `freepie example script.py`.
2. *Running script* pada aplikasi FreePie
3. Buka *software* `PSMoveFreePieBridge`, seperti pada Gambar 5.17 *software* ini yang menjembatani transmisi data pergerakan antara PS *Move* dengan Komputer



```
PSMoveFreePieBridge - Shortcut
1) HMD
2) Controllers
Which device type do you want to track: 2
How many controllers do you want to track (1-4)? Note that more than 1 disables raw sensor data access and 4 disables button access: 1
Enter the ID of the device you wish to use: 1
Do you want to use a custom bulb color for this controller (y/n)? n
For virtual controllers, which axis corresponds to the trigger (-1 for default): -1
[INFO] ClientNetworkManager::start_tcp_connect - Connecting to: 127.0.0.1:9512...
[INFO] ClientPSMoveAPI - Successfully initialized ClientPSMoveAPI
[INFO] ClientNetworkManager::handle_tcp_connect - Connected to 127.0.0.1:9512
[INFO] ClientNetworkManager::handle_tcp_read_response_header - Received Message Header
[INFO] ClientNetworkManager::handle_tcp_read_response_body - Received Response Body
[INFO] ClientNetworkManager::handle_tcp_response_received - Received notification type 1
[INFO] ClientNetworkManager::handle_tcp_connection_info_notification - Got connection_id: 1
[INFO] ClientNetworkManager::send_udp_connection_id - Sending connection_id to server over UDP: 1
[INFO] ClientNetworkManager::handle_udp_write_connection_id - Successfully sent UDP connection_id
[INFO] ClientNetworkManager::handle_udp_read_connection_result - UDP Connect Success!
[INFO] handle_server_connection_opened - Connected to service
FreePieMoveClient - Connected to service
[INFO] start_controller_data_stream - requesting controller stream start for ControllerID: 1
[INFO] ClientNetworkManager::handle_tcp_read_response_header - Received Message Header
[INFO] ClientNetworkManager::handle_tcp_read_response_body - Received Response Body
[INFO] ClientNetworkManager::handle_tcp_response_received - Received response type 3
FreePieMoveClient - Acquired controller 1
```

Gambar 5.17 *Software* `PSMoveFreePieBridge`

#### 4. Mengirimkan data pergerakan PS *Move* dari komputer ke *Oculus Go*

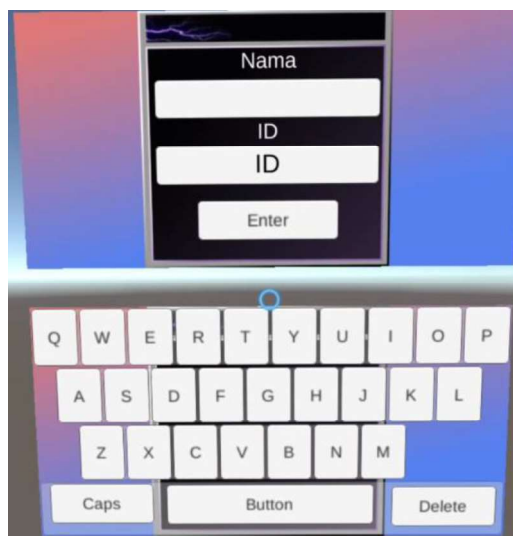


Gambar 5.18 Software *UnityTrialServer*

Setelah PS *Move* dapat terbaca dalam komputer maka langkah selanjutnya adalah membuat hasil pergerakan yang sudah terbaca di komputer dapat dikirimkan ke dalam *Oculus Go* melewati *Wireless Local Area Network* (WLAN) sehingga tidak membutuhkan sambungan internet, agar pengiriman data stabil dapat digunakan router wifi 802.11ac. Pengiriman data pergerakan PS *Move* ke dalam *Oculus Go* menggunakan software *UnityTrialServer*. Pada Gambar 5.18 dapat dilihat pengiriman data pergerakan *yaw*, *pitch*, dan *roll* serta pergerakan terhadap sumbu x, y, dan z yang terbaca dari PS *Move*

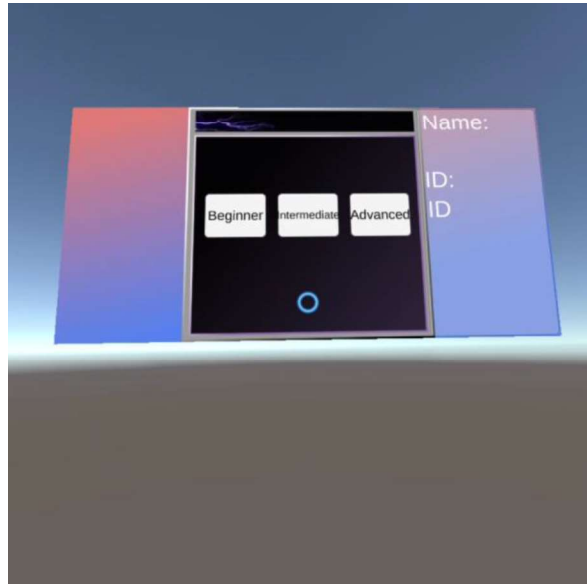
#### 5. Membuka software *ChiefWeld* di *Oculus Go*

##### 5.4. Tampilan Aplikasi *ChiefWeld*



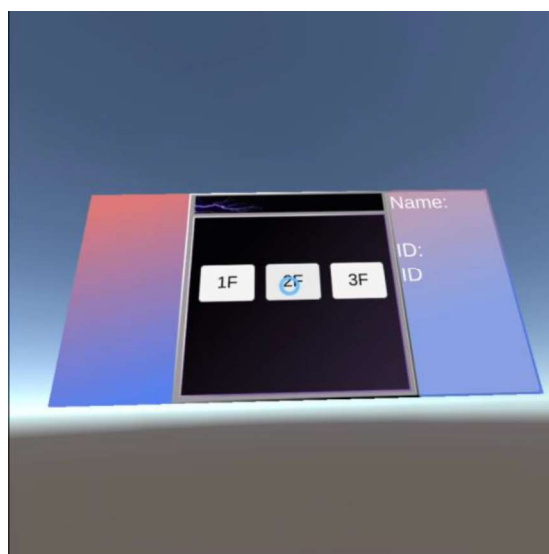
Gambar 5.19 Pengisian Nama dan ID

Pada halaman pertama dari aplikasi *ChiefWeld* seperti pada Gambar 5.19, *user* akan diminta untuk mengisi data diri berupa nama dan juga nomor ID. Walaupun *ChiefWeld* belum memiliki fitur untuk penyimpanan di dalam *database*, namun pengisian data diri cukup membantu menjadi pengenalan apabila dilakukan *screen recording* oleh *user* yang berbeda-beda



Gambar 5.20 Pemilihan Proses Pengelasan

Pada Gambar 5.20 terdapat tiga pilihan yang disediakan yaitu *beginner*, *intermediate*, dan *advanced* namun pada aplikasi *ChiefWeld* hanya menyediakan tingkat *beginner* dan *intermediate*. Pada tingkat *advance* sudah disediakan ruang namun karena terbatasnya kompetensi dan juga waktu pada penelitian ini maka tingkat *advance* belum bisa diwujudkan. Pada tingkat *beginner* *user* akan berlatih pembuatan alur las dan pada tingkat *intermediate* *user* akan berlatih pengelasan *fillet joint* dengan posisi 1F, dan 2F.



Gambar 5.21 Pemilihan Posisi Pengelasan



Setelah itu *user* akan memilih posisi pengelasan mana yang akan dilatih seperti pada Gambar 5.21 terdapat tiga pilihan posisi pengelasan yaitu 1F, dan 2F. Pada aplikasi *ChiefWeld* baru 2 proses yang dapat disimulasikan yaitu posisi 1F, dan 2F. Posisi pengelasan 3F sudah disediakan ruang dan model 3D namun belum bisa untuk melakukan simulasi pengelasan.



Gambar 5.22 Tombol *Restart* dan *Analyze*

Pada Gambar 5.22 dapat dilihat ada dua tombol *restart* dan *analyze* selama simulasi pengelasan dilakukan. Tombol *restart* berfungsi untuk mengulang kembali ke keadaan semula setelah pengelasan selesai dilakukan, dimana kondisi pelat dan elektrode akan kembali seperti semula. Tombol *analyze* berfungsi untuk menganalisa pergerakan tangan *user* selama proses pengelasan dilakukan, variabel yang dianalisa berupa *travel speed*, jarak busur, voltase, dan sudut elektrode

### 5.5. Simulasi Pengelasan Menggunakan *ChiefWeld*

Setelah dilakukan perancangan aplikasi *ChiefWeld* didapatkan hasil bahwa tidak semua fitur dan proses pelatihan pengelasan menggunakan mesin las dapat disimulasikan ke dalam aplikasi *ChiefWeld*, penyebab dari ketidakmampuan tersebut akan dibahas lebih lanjut. Pertama adalah pembahasan terkait dengan fitur dalam proses pengelasan, kemudian pembahasan terkait dengan proses pelatihan pengelasan.

Tabel 5.2 Fitur Pengelasan yang Disimulasikan

No.	Fitur Pengelasan	Menggunakan Mesin Las	Menggunakan <i>ChiefWeld</i>	Keterangan
1.	Visualisasi penggunaan kap las	bisa	tidak bisa	<i>script</i> tidak berjalan setelah aplikasi dikonversi

No.	Fitur Pengelasan	Menggunakan Mesin Las	Menggunakan <i>ChiefWeld</i>	Keterangan
2.	Pengaruh pergerakan tubuh	bisa	tidak bisa	Keterbatasan <i>Oculus Go</i>
3.	Elektrode menempel pada pelat	bisa	tidak bisa	Kendala perbedaan platform <i>controller</i>
4.	Jarak busur listrik	bisa	bisa	
5.	Sudut elektrode	bisa	bisa	
6.	<i>Travel speed</i>	bisa	bisa	
7.	Pengelasan beberapa layer	bisa	tidak bisa	kendala pada <i>script</i> dalam aplikasi dan akurasi <i>controller</i>

Pada Tabel 5.2 dapat dilihat fitur pengelasan apa saja yang dapat disimulasikan. Visualisasi penggunaan kap las ketika proses pengelasan yang dimaksud adalah penglihatan tampak gelap yang dilihat user ketika menggunakan kap las, hal ini tidak dapat disimulasikan ke dalam aplikasi karena terdapat kendala ketika *platform* aplikasi dari yang sebelumnya untuk komputer dikonversi untuk *android*. *Script* yang telah dibuat didalam *Unity* untuk menggelapkan penglihatan *user* ketika pengelasan berlangsung tidak dapat berjalan sebagaimana mestinya ketika digunakan pada *Oculus Go*.

Pada fitur pengaruh pergerakan tubuh selama proses pengelasan tidak dapat disimulasikan secara keseluruhan menggunakan *Oculus Go*, namun pergerakan pada pergelangan tangan dapat disimulasikan secara 6 DoF (*Degree of Freedom*). Hal ini disebabkan karena *Oculus Go* tidak memiliki perangkat yang bisa melakukan *positional tracking* pada seluruh tubuh baik pada kepala ataupun pada tangan. Kemampuan untuk mensimulasikan pergerakan tangan secara 6 DoF didapatkan dengan cara menambahkan *controller PS Move* dan *PS eye* dalam menggunakan *Oculus Go*.

Fitur elektrode dapat menempel pada pelat ketika jarak busur terlalu dekat tidak dapat disimulasikan karena penggunaan *PS Move* sebagai *holder* las pada penelitian ini yang hanya mampu terhubung dengan *Oculus Go* via WLAN karena perbedaan *platform* antar perangkat, setiap menyambungkan kedua perangkat tersebut *user* perlu memasukkan IP dari komputer yang menjadi *server* dari *PS Move* ke dalam kolom IP pada aplikasi *ChiefWeld* di dalam *Oculus Go*. Sehingga ketika mensimulasikan elektrode menempel pada pelat, *PS Move* juga akan disimulasikan menyangkut sehingga tidak dapat melakukan perubahan gerakan pada *holder* las. Tersangkut *PS Move* dilakukan dengan cara membuat *script* yang dapat mematikan fungsi

pergerakkan PS *Move* ketika jarak busur terlalu dekat, namun karena koneksi antara PS *Move* dengan *Oculus Go* baru dapat terhubung ketika memasukkan IP, maka ketika fungsi pergerakkan PS *Move* dimatikan, koneksi antara kedua perangkat tersebut tidak dapat otomatis kembali terhubung untuk melanjutkan proses pengelasan. Perlu dicari tahu *script* yang dapat membuat IP statis pada penggunaan PS *Move* dengan *Oculus Go*.

Pengelasan dengan beberapa *layer* belum dapat dilakukan karena *script* yang dibuat pada aplikasi *ChiefWeld* memberikan perintah pada saat pengelasan untuk *layer* berikutnya pembentukan *weld bead* saling menyatu dengan *weld bead* yang sudah ada, sehingga tidak terdapat perbedaan tingkatan *layer* pada saat pengelasan berlangsung. Sedangkan pada pengelasan menggunakan mesin las ketika melakukan pengelasan untuk *layer* berikutnya, *molten* yang terbentuk merupakan penggabungan dengan *weld bead* yang sudah ada dan juga menghasilkan perbedaan tinggi dari hasil las-lasan yang sebelumnya. Sehingga perlu dicari tahu *script* yang dapat menggabungkan *weld bead* yang sudah ada dan juga menghasilkan perbedaan tinggi dari hasil las-lasan yang sebelumnya. Setelah fitur pengelasan selesai dibahas, selanjutnya akan dilakukan pembahasan terkait kendala mensimulasikan proses pelatihan pengelasan.

Tabel 5.3 Proses Pelatihan Pengelasan yang Disimulasikan

No.	Proses pelatihan pengelasan	Menggunakan Mesin Las	Menggunakan <i>ChiefWeld</i>	Keterangan
1.	Penyalan busur listrik	bisa	bisa	
2.	Pembuatan alur las	bisa	bisa	
3.	Ayunan dalam pengelasan	bisa	tidak bisa	keterbatasan <i>coding</i> pembuatan <i>weld bead</i>
4.	Pengelasan 1F	bisa	bisa	
5.	Pengelasan 2F	bisa	bisa	
6.	Pengelasan 3F	bisa	tidak bisa	kendala pada <i>script</i> dalam aplikasi
7.	Pengelasan 1G	bisa	tidak bisa	Keterbatasan kemampuan <i>coding</i>
8.	Pengelasan 2G	bisa	tidak bisa	Keterbatasan kemampuan <i>coding</i>
9.	Pengelasan 3G	bisa	tidak bisa	Keterbatasan kemampuan <i>coding</i>

Pada Tabel 5.3 dapat dilihat proses pelatihan pengelasan apa saja yang bisa dan tidak bisa untuk disimulasikan, akan dilakukan pembahasan terkait kendala pada proses pelatihan pengelasan yang tidak bisa disimulasikan. Proses pelatihan ayunan dalam pengelasan tidak bisa disimulasikan karena pada aplikasi *ChiefWeld*, *weld bead* yang terbentuk merupakan sebuah objek baru yang memiliki ukuran tertentu. Sedangkan pada pengelasan aslinya *weld bead* yang terbentuk merupakan hasil dari *molten* yang menggabungkan antara pelat yang di las dan juga elektrode. Sehingga pada aplikasi *ChiefWeld* untuk pelatihan ayunan dalam pengelasan belum bisa dilakukan dengan hasil yang akurat karena terdapat perbedaan cara pembentukkan *weld bead* dengan pengelasan menggunakan mesin las.

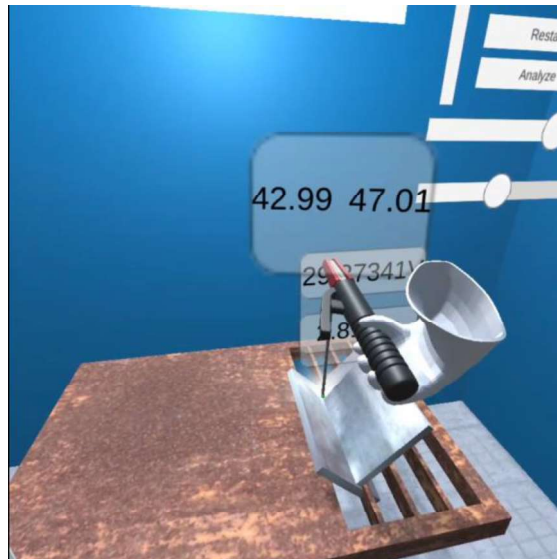
Proses pelatihan pengelasan 3F belum bisa dilakukan. Walaupun secara konsep memiliki kesamaan dengan proses pengelasan 1F dan 2F, namun terdapat perbedaan pada *script* yang dibuat karena pengelasan 3F dilakukan secara vertikal baik itu *uphill* maupun *downhill* dan perbedaan pada sudut elektrode terhadap *holder* las yaitu  $180^{\circ}$  sedangkan pada pengelasan 1F dan 2F sudutnya sebesar  $90^{\circ}$ . Sehingga perlu untuk dicari tahu bagaimana *script* yang tepat agar pengelasan 3F dapat dilaksanakan.

Proses pelatihan pengelasan 1G, 2G, dan 3G belum bisa dilakukan karena aplikasi *ChiefWeld* belum mampu untuk melakukan penggabungan *weld bead* yang baru terbentuk dengan yang sudah ada dan juga menghasilkan perbedaan tinggi dari hasil las-lasan yang sebelumnya sehingga tercipta layer yang berbeda pada pengelasan. Perlu dicari tahu *script* yang dapat menggabungkan *weld bead* yang sudah ada dan juga menghasilkan perbedaan tinggi dari hasil las-lasan yang sebelumnya agar pada proses pelatihan 1G, 2G, dan 3G dapat dilakukan. Selain itu, kendala yang dihadapi adalah tingkat akurasi posisi elektrode pada saat melakukan pengelasan didalam *groove* dari kedua pelat yang akan dilas, hal ini disebabkan karena elektrode hanya berupa objek 3D di dunia virtual dan tidak ada wujud nyata dari elektrode tersebut.

Dikarenakan keterbatasan kompetensi dan juga waktu pada penelitian ini maka, simulasi yang dapat dilakukan menggunakan *ChiefWeld* adalah proses penyalaan busur las, pembuatan alur las, memungkinkan ayunan dalam pengelasan, pengelasan posisi 1F, dan pengelasan posisi 2F. Sedangkan untuk pengelasan posisi 3F dan tingkat kesulitan *advance* yang berupa pengelasan posisi 1G, 2G, dan 3G sudah disediakan ruang namun belum bisa untuk disimulasikan .

Semua proses pengelasan tersebut yang dapat disimulasikan diperoleh dengan cara mendekatkan elektrode ke dekat material kerja dengan jarak 2-3 mm, sehingga tercipta busur

listrik antara elektrode dengan material kerja. Sedangkan untuk pengelasan sambungan *fillet* perlu lebih diperhatikan pada sudut pengelasan terhadap kedua material kerja yang disambung agar material kerja tersambung dengan baik. Ketika memulai menggunakan *ChiefWeld* tegakkan badan dan sesuaikan posisi tubuh dengan lingkungan pengelasan yang terlihat, kemudian pegang PS *Move* dan pertahankan gerakan pengelasan tangan serta jaga gerakan tangan agar tetap stabil.



Gambar 5.23 Proses Pengelasan pada *ChiefWeld*

Pada Gambar 5.23 dapat dilihat bahwa sudut elektrode terhadap pelat dapat ditinjau secara langsung, sehingga *user* dapat melatih posisi tangan dengan lebih baik. Saat pengelasan dimulai, seharusnya penglihatan *user* menjadi gelap layaknya menggunakan kap las pada pengelasan aslinya, namun hal itu belum dapat divisualisasikan.

Pada Gambar 5.24 dapat dilihat hasil pengelasan pada pelat yang memiliki tiga warna yaitu biru, hijau, dan kuning. Masing-masing dari warna tersebut mewakili kondisi jarak busur selama proses pengelasan, penjelasan lebih lanjut dapat dilihat dibawah ini:

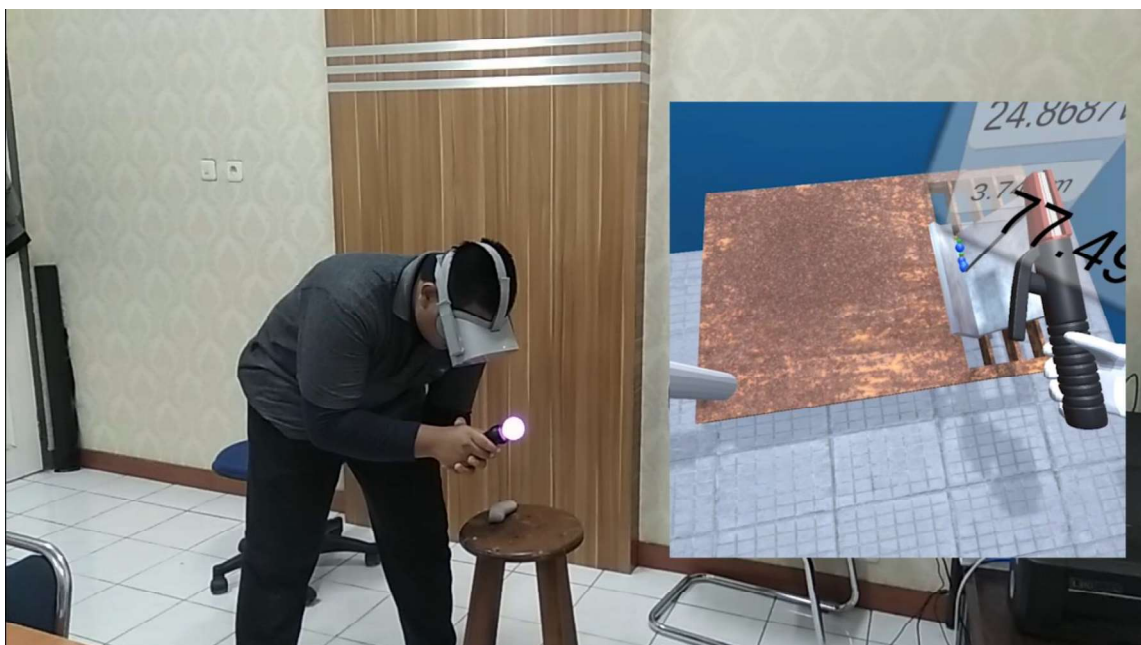
1. Biru : jarak antara elektrode dengan pelat berada di nilai  $3 < x < 3,5$  mm
2. Hijau : jarak antara elektrode dengan pelat berada di nilai antara  $2 < x < 3$  mm
3. Kuning : jarak antara elektrode dengan pelat berada di nilai  $1 < x < 2$  mm

Dua kotak diatas pelat merupakan peninjauan langsung untuk jarak busur yang berupa angka dan juga besar voltase saat pengelasan berlangsung. Faktor-faktor pengelasan lainnya yang termasuk kedalam penilaian hasil pengelasan adalah *travel speed*, rata-rata jarak busur, rata-rata voltase, dan rata-rata sudut selama pengelasan berlangsung.



Gambar 5.24 Hasil Pengelasan pada *ChiefWeld*

Gambar 5.25 adalah contoh perbandingan kondisi dunia nyata *user* dan apa yang dilihat *user* dalam dunia virtual pada aplikasi *ChifeWeld*. Gambar 5.25 memperlihatkan proses pelatihan pengelasan posisi 1F, untuk posisi lainnya dapat dilihat pada lampiran C. Walaupun aplikasi *ChiefWeld* belum memiliki fitur *tracking* pada kepala, namun secara tidak langsung pergerakan tubuh *user* akan menyesuaikan dengan apa yang dilihatnya. Karena apabila tidak melakukan penyesuaian maka besar kemungkinan *user* akan mengalami *motion sickness*, yaitu perasaan pusing atau mabuk yang ditimbulkan akibat ketidaksinambungan antara apa yang dilihat, dan yang digerakkan *user* pada dunia virtual dengan kondisi pergerakan *user* pada dunia nyata.



Gambar 5.25 Perbandingan Kondisi Dunia Nyata dan Dunia Virtual

## 5.6. Penggunaan Aplikasi *ChiefWeld* pada Perangkat VR yang Berbeda

Perkembangan teknologi yang semakin pesat dari waktu ke waktu memberikan dampak terhadap fitur dan harga pada perangkat VR. Sehingga pembaruan fitur pada perangkat VR perangkat tersebut semakin lengkap dengan harga yang terjangkau. Kemudian bagaimana menggunakan aplikasi *ChiefWeld* pada perangkat yang berbeda, pertama akan dibahas mengenai *platform* dan *peripheral* yang digunakan pada setiap perangkat VR.

### 5.6.1. Platform perangkat VR

*Platform* merupakan dasaran untuk berjalannya sebuah sistem teknologi bagi perangkat VR baik pada *hardware* ataupun *software*. Perbedaan *platform* pada setiap perangkat VR disebabkan oleh berbeda nya perusahaan yang memproduksi setiap perangkat VR. Hal itu bertujuan untuk menjaga orisinalitas dari setiap produk yang dikerluarkan oleh perusahaan tersebut. Perbedaan *platform* pada setiap perangkat VR dapat dilihat pada Tabel 5.4

Tabel 5.4 Platform Perangkat VR

Produk	Software platform
<i>HTC Vive</i>	<i>SteamVR</i>
<i>Sony PlayStation VR</i>	<i>PlayStation 4</i>
<i>Oculus Rift</i>	<i>Oculus</i>
<i>Oculus Go</i>	<i>Oculus Mobile, Android</i>
<i>Samsung Gear VR</i>	<i>Android</i>
<i>Google Daydream View</i>	<i>Android 7.0 Nougat</i>
<i>Google Cardboard</i>	<i>Android, iOS</i>

### 5.6.2. Peripheral perangkat VR

*Peripheral* adalah perangkat tambahan yang mendukung kinerja perangkat utama, dalam hal ini adalah *controller*, *camera* dan yang lainnya pada perangkat VR yang mendukung fungsi HMD (*Head-Mounted Display*) itu sendiri. Perbedaan *peripheral* dari setiap perangkat VR dapat dilihat pada Tabel 5.5

Tabel 5.5 Peripheral Perangkat VR

Produk	Tipe Headset	Koneksi	Sensor	Controls	Head Tracking	Positional Tracking
<i>HTC Vive</i>	PC	HDMI, USB 3.0	<i>Motion, camera, external motion tracking</i>	<i>HTC Vive motion controllers</i>	<i>Accelerometer, gyroscope, structured light</i>	Ada

Produk	Tipe Headset	Koneksi	Sensor	Controls	Head Tracking	Positional Tracking
Sony PlayStation VR	Console	HDMI, USB 2.0	Motion, external Visual positioning	DualShock 4, PlayStation Move	Accelerometer, gyroscope	Ada
Oculus Rift	PC	HDMI, USB 3.0	Motion, external Visual positioning	Oculus Touch, Xbox One gamepad	Accelerometer, gyroscope, magnetometer	Ada
Oculus Go	Mobile	USB 2.0 & 3.0	Motion	Oculus Controller	Accelerometer, gyroscope, magnetometer	Tidak Ada
Samsung Gear VR	Mobile	USB 2.0 & 3.0	Motion	Handheld remote, touchpad on headset	Accelerometer, gyrometer, proximity sensor	Tidak Ada
Google Daydream View	Mobile	-	Motion	Handheld remote	Accelerometer, gyrometer, proximity	Tidak Ada
Google Cardboard	Mobile	-	Motion	Handheld remote	Accelerometer, gyrometer	Tidak Ada

Pada penelitian ini perangkat VR yang digunakan adalah *Oculus Go* yang memiliki induk yang sama dengan *Oculus Rift* namun *peripheral* yang berbeda, dan *Oculus Go* memiliki *platform* yang *compatible* dan *peripheral* yang sama dengan *Samsung Gear VR*. Terdapat beberapa kemungkinan jika ingin menggunakan aplikasi *ChiefWeld* dengan perangkat yang berbeda, kemungkinan penggunaan *ChiefWeld* sebagai berikut:

1. Apabila *platform* dan *peripheral* memiliki kesamaan ataupun *compatible* dengan *Oculus Go* seperti *Samsung Gear VR*, maka memerlukan sistem *input* yang berbeda pada script di dalam aplikasi
2. Apabila *platform* berbeda namun memiliki induk yang sama dan *peripheral* yang berbeda dengan *Oculus Go* seperti *Oculus Rift*, maka perlu membuat sistem yang baru pada aplikasi kemudian ditimpa ke dalam sistem yang sudah ada dan *compatible* untuk dipakai
3. Apabila *platform*, *peripheral*, dan induk berbeda dan tidak ada kesamaan sedikit pun, maka lebih baik untuk membuat aplikasi dari awal karena perubahan yang diperlukan pada sistem di dalam aplikasi dilakukan secara menyeluruh.



Halaman ini sengaja dikosongkan

## Bab 6

### ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS

#### 6.1. Analisis Teknis

Analisis Teknis yang dilakukan pada tahap ini yaitu perbandingan antara pengalaman *user* dalam mengelas menggunakan *welding simulator* terhadap pengelasan asli, kemudian perbandingan hasil pengelasan sebelum dan sesudah penggunaan *ChiefWeld*, dan perhitungan *consumable material* yang dapat dikurangi dalam pelatihan menggunakan *ChiefWeld*.

##### 6.1.1. Perbandingan Teknis Pelatihan Pengelasan

Tabel 6.1 Perbandingan Kedua Proses Pengelasan

Variabel	Pengelasan dengan Mesin Las	Pengelasan dengan <i>ChiefWeld</i>
Pergerakan tubuh	Berpengaruh terhadap penglihatan dan juga keseimbangan tangan	Penglihatan dan posisi tubuh dilakukan dengan <i>controller</i> . Hanya berpengaruh pada gerakan tangan
Jarak busur listrik	Berpengaruh terhadap hasil pengelasan, ditandai dengan berbedanya ukuran dan bentuk <i>weld bead</i>	Berpengaruh terhadap hasil pengelasan, ditandai dengan berbedanya ukuran dan warna <i>weld bead</i> . Nilai jarak dapat dipantau secara langsung dari indikator jarak
Sudut elektrode	Berpengaruh terhadap arah busur las	Berpengaruh terhadap arah busur las, dan sudut dapat dipantau secara langsung dari indikator sudut
<i>Travel speed</i>	Dapat dihitung secara manual	Perhitungan secara otomatis
Keselamatan	Risiko yang mungkin terjadi adalah luka bakar, kerusakan mata, gangguan pernapasan, tersengat listrik, tertimpa pelat	Tidak berbahaya sama sekali karena tanpa menggunakan api, tidak ada sirukuit listrik tegangan tinggi, dan tidak menggunakan pelat
Waktu	6 kali pertemuan	6 kali pertemuan
Dampak Lingkungan	Sampah elektrode, dan pelat Polusi udara dari asap proses pengelasan	Tidak ada sampah elektrode, pelat, maupun asap

Perbandingan kedua proses pelatihan pengelasan dilihat berdasarkan tujuh variabel yaitu pergerakan tubuh jarak busur listrik, sudut elektrode, *travel speed*, keselamatan, waktu dan dampak lingkungan. Tabel 6.1 merupakan Analisa perbandingan antara pelatihan pengelasan menggunakan mesin las dengan *ChiefWeld*.

Pada variabel pertama yaitu pergerakan tubuh, pelatihan pengelasan menggunakan mesin las akan membutuhkan penyesuaian posisi tubuh seperti seberapa dekat jarak penglihatan, kemiringan badan, dan juga keseimbangan tangan. Sedangkan pada *ChiefWeld* penyesuaian jarak penglihatan dan badan dilakukan dengan menggunakan *controller* dikarenakan *Oculus Go* hanya memiliki fitur 3 DoF (*Degree of Freedom*) sehingga belum mampu untuk melakukan *tracking* untuk gerakan kepala. Namun untuk penyesuaian posisi dan pergerakan tangan sudah mampu lakukan dengan penambahan perangkat yaitu *PS Eye* dan *PS Move*.

Pada variabel kedua yaitu jarak busur listrik, pelatihan pengelasan menggunakan mesin las membutuhkan untuk menjaga jarak busur listrik agar tetap ideal yaitu sebesar diameter elektrode yang digunakan, karena akan mempengaruhi ukuran dan juga bentuk *weld bead*. Sedangkan pada pelatihan pengelasan menggunakan *ChiefWeld* jarak busur yang berbeda akan mempengaruhi ukuran dan warna jika jarak busur listrik berada di 3-3,5 mm maka *weld bead* akan berwarna biru menandakan terlalu jauh, jika jarak busur listrik berada di 2-2,9 mm maka *weld bead* akan berwarna hijau menandakan jarak ideal, jika jarak busur listrik berada di 1-1,9 mm maka *weld bead* akan berwarna kuning

Variabel ketiga yaitu sudut elektrode pada pelatihan pengelasan menggunakan mesin las sudut elektrode akan berdampak pada arah busur listrik terhadap pelat yang nantinya mempengaruhi posisi hasil pengelasan. Sedangkan pada pelatihan pengelasan menggunakan *ChiefWeld* sudut elektrode terhadap pelat juga akan mempengaruhi posisi hasil pengelasan, sudut elektrode terhadap pelat dapat dipantau secara langsung dengan melihat ke indikator sudut elektrode.

Variabel keempat yaitu *travel speed* pada pelatihan pengelasan menggunakan mesin las, *travel speed* bisa dihitung secara manual dengan mengukur Panjang *weld bead* yang terbentuk kemudian dibagi dengan lama waktu pengelasan. Sedangkan pada pelatihan pengelasan menggunakan *ChiefWeld* *travel speed* otomatis dihitung pada saat pengelasan selesai dilakukan, karena *ChiefWeld* otomatis mencatat panjang *weld bead* yang terbentuk dan juga lama waktu pengelasan.

Variabel kelima yaitu keselamatan, pada pelatihan pengelasan menggunakan mesin las untuk menjamin keselamatan perlu dibuatkan SOP karena *welder* akan berhubungan dengan panas, asap dan gas, radiasi cahaya busur las, listrik tenggangan dan arus yang tinggi, dan juga pelat spesimen. Pembuatan SOP dilakukan untuk meminimalisir risiko luka bakar, sengatan listrik, kerusakan pada mata, gangguan pernapasan, luka akibat tertimpa pelat spesimen, ataupun luka bakar akibat percikan api (*spatter*) dan *slack* hasil pengelasan. Sedangkan pada pelatihan pengelasan menggunakan *ChiefWeld* kemungkinan kecelakaan kerja dapat dihindari karena keseluruhan proses pengelasan dilakukan di dalam dunia virtual.

Variabel keenam yaitu waktu, pelatihan pengelasan menggunakan mesin las dan juga *ChiefWeld* memiliki jumlah waktu yang sama yaitu masing-masing 6 kali pertemuan yang terdiri dari 2 kali pertemuan pembuatan alur las, 2 kali pertemuan posisi 1F, dan 2 kali pertemuan posisi 2F. Namun pada pelatihan pengelasan menggunakan *ChiefWeld* dapat lebih fokus pada proses pengelasannya tanpa membutuhkan waktu untuk persiapan sebelum proses pengelasan dan juga hal-hal penanganan pada spesimen setelah pengelasan.

Variabel ketujuh yaitu dampak terhadap lingkungan pada pelatihan pengelasan menggunakan mesin las, terdapat *consumable material* yang pada akhir pelatihan pengelasan akan menjadi sampah yaitu elektrode dan juga pelat baja untuk spesimen. Selama proses pengelasan juga timbul asap yang dapat membahayakan lingkungan termasuk *welder*. Sedangkan pada pelatihan pengelasan menggunakan *ChiefWeld* tidak akan ada sampah dari *consumable material* dan juga asap ketika pengelasan dilakukan.

### **6.1.2. Analisis Perbandingan Hasil Sebelum dan Sesudah Pelatihan *ChiefWeld***

Guna menilai kemampuan aplikasi *ChiefWeld* yang telah dibuat, maka perlu dilakukan pengujian secara langsung kepada pihak-pihak yang belum pernah melakukan pengelasan ataupun belum pernah mengikuti pelatihan pengelasan dasar. Pengujian *ChiefWeld* akan diterapkan kepada tiga responden dari mahasiswa ITS Departemen Teknik Perkapalan angkatan 2018 yang belum pernah melakukan pengelasan dan belum pernah mengikuti pelatihan pengelasan dasar.

Responden akan mengikuti pelatihan pengelasan dasar menggunakan *ChiefWeld*, materi yang akan dilaksanakan disesuaikan dengan materi praktikum teknologi las Departemen Teknik Perkapalan ITS yang mampu disimulasikan *ChiefWeld* yaitu proses pengelasan alur selama tiga jam, posisi 1F selama tiga jam, dan posisi 2F selama tiga jam, setiap proses dilakukan dengan 2x pertemuan. Pengujian kemampuan *ChiefWeld* dilakukan dengan melihat perubahan hasil pengelasan antara *pretest welding* dengan *posttest welding* dari responden yang telah mengikuti

pelatihan, jadwal dan materi pelatihan pada lampiran C. Sebagai acuan untuk penilaian hasil pengelasan menggunakan *ChiefWeld* digunakan skor hasil *analyze* yang didapatkan dari percobaan *ChiefWeld* pada *welder* profesional, skor hasil *analyze* pada lampiran C.

1. Pembuatan alur las



(a)



(b)

Gambar 6.1 (a) *Pretest Welding* alur (b) *Posttest Welding* alur

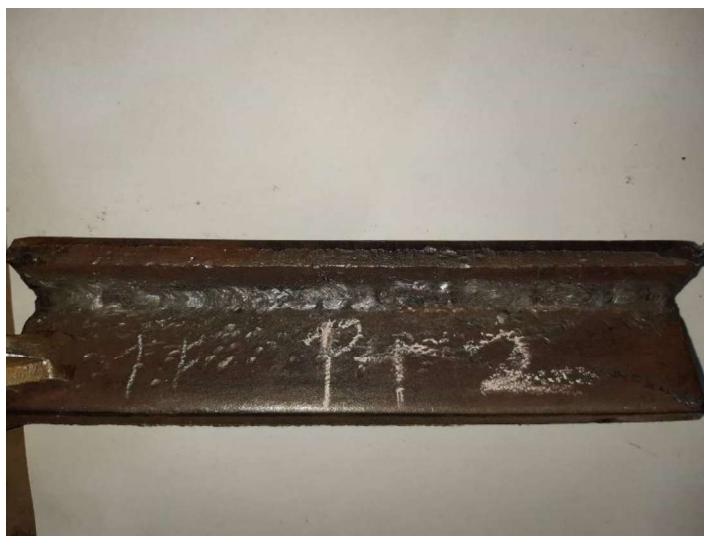
Sebagai tahap awal dalam pelatihan, pada proses pembuatan alur las variabel penting yang perlu diperhatikan adalah menjaga jarak busur agar tetap ideal dan menjaga kecepatan pergerakan tangan agar tetap stabil. Pada Gambar 6.1 (a) dapat dilihat hasil pengelasannya bahwa *weld bead* ukurannya cenderung kecil, banyak *spatter* yang terbentuk, dan alur las tidak konsisten tersambung satu dengan lainnya. Pada Gambar 6.1 (b) dapat dilihat peningkatan kompetensi dari responden pada hasil pengelasan seperti *weld bead* sedikit cembung dan lebar

yang proporsional, alur las yang konsisten tersambung dan padat. Namun masih terlihat *spatter* yang terbentuk pada spesimen pelat baja.

## 2. Pengelasan posisi 1F



(a)



(b)

Gambar 6.2 (a) *Pretest Welding 1F* (b) *Posttest Welding 1F*

Setelah responden mampu melakukan proses pembuatan alur las dengan baik, maka dilanjutkan dengan pengelasan posisi 1F. Pada pengelasan posisi 1F variabel penting yang harus diperhatikan adalah pergerakan tangan untuk memposisikan elektrode, dan sudut elektrode terhadap kedua pelat dan *fusion line* agar pengelasan tidak hanya terjadi pada satu sisi pelat namun kedua pelat tersambung dengan baik. Pada Gambar 6.2 (a) dapat dilihat hasil pengelasannya bahwa banyak *incomplete fusion* di sepanjang alur pengelasan, dan *weld bead* yang terbentuk tidak beraturan. Pada Gambar 6.2 (b) dapat dilihat peningkatan kompetensi dari

responden pada hasil pengelasan seperti berkurangnya *incomplete fusion* yang terjadi, dan *weld bead* yang terbentuk lebih padat dan konsisten pada alur pengelasan.

### 3. Pengelasan posisi 2F



(a)



(b)

Gambar 6.3 (a) Pretest Welding 2F (b) Posttest Welding 2F

Pada pengelasan posisi 2F variabel penting yang harus lebih diperhatikan adalah pergerakan tangan untuk memposisikan elektrode sebab pada pengelasan horisontal seperti ini gaya gravitasi akan mempengaruhi pergerakan *molten* cenderung ke arah gaya gravitasi sehingga pada saat pengelasan elektrode harus diposisikan sedikit naik dari *fusion line* ke arah pelat tegak, dan sudut elektrode terhadap kedua pelat dan *fusion line* agar pengelasan tidak hanya terjadi pada satu sisi pelat namun kedua pelat tersambung dengan baik. Pada Gambar 6.3 (a) dapat dilihat hasil pengelasannya bahwa banyak *incomplete fusion* di sepanjang alur

pengelasan, dan *weld bead* yang terbentuk tidak beraturan. Pada Gambar 6.3 (b) dapat dilihat peningkatan kompetensi dari responden pada hasil pengelasan seperti berkurangnya *incomplete fusion* yang terjadi, dan *weld bead* yang terbentuk lebih padat dan konsisten pada alur pengelasan.

### 6.1.3. Analisis Pengurangan Pemakaian *Consumable Material*

Setelah aplikasi *ChiefWeld* dibuat, dapat diketahui proses pengelasan apa saja yang bisa disimulasikan menggunakan *ChiefWeld*. Maka dibawah ini merupakan tabel yang berisi rincian pengurangan pemakaian *consumable material* apabila menggunakan *ChiefWeld*.

Tabel 6.2 Penggunaan *Consumable Material*

<i>consumable material</i> pelatihan pengelasan	Jumlah <i>consumable material</i> pelatihan konvensional	Jumlah <i>consumable material</i> pelatihan <i>ChiefWeld</i>
Elektrode	6 Kg	1 Kg
Pelat Baja	30 Kg	4,71 Kg
Listrik	2,75 kW	0,075 kW

Pada Tabel 6.2 diketahui bahwa pengurangan pemakaian elektrode sebanyak 6 kg, pengurangan pemakaian pelat baja sebanyak 30 kg, dan pengurangan penggunaan listrik sebanyak 2.75 kW dalam satu jam untuk setiap peserta pelatihan.

### 6.1.4. Analisis Pengurangan Waktu Pelatihan Pengelasan

Dalam pelaksanaan pelatihan pengelasan dasar pada kelas teknologi las yang diadakan Departemen Teknik Perkapalan ITS, secara garis besar terdapat dua metode dalam pelatihan yaitu metode pembelajaran teori dalam kelas dan pembelajaran praktik di laboratorium. Praktik pengelasan yang dibandingkan adalah proses pembuatan alur las, pengelasan posisi 1F, dan pengelasan posisi 2F. Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan penggunaan waktu antara pelatihan pengelasan konvensional dengan pelatihan pengelasan menggunakan *ChiefWeld*.

Tabel 6.3 Penggunaan Waktu Pelatihan Pengelasan Dasar Konvensional

Sesi pelatihan	Pertemuan	Menit/pertemuan	Total (jam)
Pembelajaran teori pengelasan	12	150	30
Pembelajaran praktik pengelasan konvensional	6	360	36
Total			66



Pada Tabel 6.3 memperlihatkan bahwa kegiatan pelatihan pengelasan dasar konvensional yang terdiri dari sesi pembelajaran teori pengelasan dan pembelajaran praktik pengelasan yang masing-masing sesi diisi selama 150 menit dan 360 menit untuk setiap pertemuan. Total waktu yang digunakan selama pelatihan adalah 66 jam.

Tabel 6.4 Penggunaan Waktu Pelatihan Pengelasan Dasar dengan *ChiefWeld*

Sesi pelatihan	Pertemuan	Menit/pertemuan	Total (jam)
Pembelajaran teori pengelasan	12	150	30
Pembelajaran praktik pengelasan dengan <i>ChiefWeld</i>	6	180	18
Sinkronisasi pengelasan <i>ChiefWeld</i> dengan pengelasan menggunakan mesin las	3	15	0,75
Total			48,75

Pada Tabel 6.4 memperlihatkan bahwa kegiatan pelatihan pengelasan dasar menggunakan *ChiefWeld* yang terdiri dari sesi pembelajaran teori pengelasan dan pembelajaran praktik pengelasan yang masing-masing sesi diisi selama 150 menit dan 180 menit untuk setiap pertemuan. Serta terdapat sesi tambahan yaitu sinkronisasi pengelasan *ChiefWeld* dengan mesin las pada pertemuan kedua dari setiap proses pengelasan agar peserta dapat melakukan penyesuaian antara pengelasan menggunakan mesin las dengan pengelasan menggunakan *ChiefWeld*. Sesi sinkronisasi perlu dilakukan karena keterbatasan yang dimiliki *ChiefWeld* dalam melakukan pengelasan seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Total waktu yang digunakan selama pelatihan adalah 48,75 jam atau 48 jam 45 menit.

Tabel 6.5 Perbandingan Waktu Pelatihan

Sesi pelatihan	Pelatihan dengan mesin las	Pelatihan dengan <i>ChiefWeld</i>	Pengurangan waktu (jam)
Pembelajaran teori pengelasan	30	30	0
Pembelajaran praktik pengelasan	36	18	17,25
Sinkronisasi pengelasan <i>ChiefWeld</i> dengan mesin las	0	0,75	

Tabel 6.5 menunjukkan total penggunaan waktu pada kedua pelatihan tersebut yang terdiri dari pembelajaran teori pengelasan, pembelajaran praktik pengelasan, dan sinkronisasi

pengelasan (khusus pada pelatihan pengelasan dengan *ChiefWeld*) didapatkan perbedaan jumlah waktu yang digunakan pada kedua jenis pelatihan tersebut. Perbedaan penggunaan waktu dapat dilihat pada sesi pembelajaran praktik pengelasan dengan *ChiefWeld* yang lebih sedikit memakan waktu dibanding praktik pengelasan konvensional, serta perbedaan selanjutnya terdapat pada sesi sinkronisasi pengelasan *ChiefWeld* dengan pengelasan menggunakan mesin las yang tidak terdapat pada praktik pengelasan konvensional. Pengurangan jumlah waktu antara pelaksanaan pelatihan pengelasan dasar dengan *ChiefWeld* sebanyak 17 jam 15 menit atau 23,14 % terhadap pelatihan pengelasan dasar konvensional.

## 6.2. Analisis Ekonomis

Analisis ekonomis dilakukan untuk melihat perbandingan biaya antara pelatihan pengelasan dasar menggunakan *ChiefWeld* dan pelatihan pengelasan dasar menggunakan mesin las. Pada bab sebelumnya telah dibahas biaya yang diperlukan dalam pelatihan pengelasan menggunakan mesin las, kemudian pada bagian ini akan dilakukan analisis ekonomis dengan tujuan mendapatkan seberapa banyak biaya yang dapat dikurangi pada pelatihan pengelasan dasar menggunakan *ChiefWeld*. Pelatihan pengelasan yang akan dibandingkan adalah kelas teknologi las yang diadakan Departemen Teknik Perkapalan ITS. Tahapan yang akan dihitung adalah biaya investasi seperangkat alat simulator, kemudian biaya operasional pelatihan pengelasan dasar menggunakan *ChiefWeld*, dan perbandingan biaya pelatihan pengelasan dasar konvensional dengan *ChiefWeld*.

### 6.2.1. Biaya Investasi Peralatan *ChiefWeld*

Biaya investasi peralatan *ChiefWeld* adalah biaya total untuk pengadaan seperangkat simulator yang menggunakan teknologi *virtual reality*. Pengadaan dibagi menjadi dua bagian yaitu untuk pembuatan aplikasi dan juga untuk perangkat pendukung teknologi *virtual reality*. Estimasi waktu pembuatan *environment 3 dimensi ChiefWeld* adalah 40 jam kerja, dan waktu pembuatan aplikasi *ChiefWeld* adalah 120 jam kerja. Berdasarkan survei (Indeed, 2019) rata-rata gaji 3D Artist adalah Rp 4.600.000 untuk satu bulan. Berdasarkan survei (Jobplanet, 2016) rata-rata gaji *Application Developer* adalah Rp 4.580.000 untuk satu bulan. Apabila dalam satu hari memiliki 6 jam kerja efektif dan dalam satu minggu terdapat 5 hari kerja maka dalam satu bulan terdapat 120 jam kerja, selanjutnya biaya dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 6.6 Rincian Biaya Pembuatan Aplikasi

No	Pembuatan aplikasi	Waktu	Harga (Rp)	Total (Rp)
1.	3D Artist	40 jam	4.600.000/120 jam	1.533.000

No	Pembuatan aplikasi	Waktu	Harga (Rp)	Total (Rp)
2.	<i>Application Developer</i>	120 jam	4.580.000/120 jam	4.580.000
Total Keseluruhan				6.113.333

Pada Tabel 6.6 rata-rata gaji setiap bulan yang didapatkan dikonversi menjadi upah untuk setiap jam kerja. Maka didapatkan untuk 3D *artist* dengan jam kerja 40 jam senilai Rp 1.533.000 dan *Application Developer* dengan jam kerja 120 jam senilai Rp 4.580.000 sehingga total biaya pembuatan aplikasi sebesar Rp 6.113.333

Tabel 6.7 Tabel Rincian Biaya Investasi Peralatan Simulator

No.	Peralatan	Jumlah	Harga (Rp)	Total (Rp)
1.	<i>Oculus Go</i>	1	4.200.000	4.200.000
2.	<i>PS Move</i>	1	450.000	450.000
3.	<i>PS Eye</i>	2	150.000	300.000
4.	Kabel <i>Mini USB</i>	1	20.000	20.000
5.	Baterai AA	1	3.000	3.000
6.	Seperangkat Komputer	1	7.990.000	7.990.000
7.	<i>Monitor LED LG 22MK400H-B</i>	1	1.345.000	1.345.000
8.	<i>Router D-Link DSL-2877AL ADSL2</i>	1	600.000	600.000
Total Keseluruhan				14.908.000

Spesifikasi seperangkat komputer sebagai berikut :

*Motherboard* : asus prime b250mk  
*Processor* : intel Core i5 7400  
*Memory* : vgen ddr4 4gb  
VGA : digital alliance gtx 1050ti  
HDD : seagate 500gb  
PSU : enlight 500W 80+ Bronze  
Wifi Card

Setelah dilakukan perhitungan pada Tabel 6.7, didapatkan biaya pembuatan aplikasi sebesar Rp 6.114.000 dan biaya investasi seperangkat peralatan *ChiefWeld* sebesar Rp 14.908.000.

### 6.2.2. Biaya Operasional Pelatihan Menggunakan *ChiefWeld* Simulator

Perbandingan biaya pelatihan diawali dengan menghitung kebutuhan untuk pelatihan pengelasan dengan menggunakan *ChiefWeld* simulator. Perhitungan biaya akan diklasifikasikan sesuai dengan fungsinya yaitu biaya pengajar dan biaya kebutuhan pengelasan yang terdiri dari biaya material pokok, alat pelindung diri, peralatan las (seperangkat *ChiefWeld*), dan biaya listrik.

#### a. Biaya material pokok

Perhitungan biaya material pokok diawali dengan menghitung biaya elektrode, diawali dengan mengidentifikasi kebutuhan proses pengelasan yang akan dilakukan, kemudian diestimasi kebutuhan elektrodenya sesuai Tabel 6.8 berikut :

Tabel 6.8 Penggunaan Elektrode

No	Jenis pengelasan	Pertemuan	Elektrode yang dihabiskan (kg)	Keterangan
1	Pembuatan alur las	1	1	<i>ChiefWeld</i> sim
3	Pengelasan posisi 1 F	1		<i>ChiefWeld</i> sim
4	Pengelasan posisi 2 F	1		<i>ChiefWeld</i> sim

Elektrode yang disimulasikan menggunakan *ChiefWeld* adalah ESAB 6013 dengan diameter 3,2 mm selama pelatihan pengelasan dasar menggunakan *ChiefWeld* dilaksanakan. Pada Tabel 6.8 terdapat 1 kg elektrode yang dihabiskan selama proses pelatihan pengelasan seharga Rp 25.000 yang digunakan untuk sinkronisasi pengelasan *ChiefWeld* dengan mesin las untuk setiap peserta. Namun pada pelatihan pengelasan dasar menggunakan *ChiefWeld*.

Selanjutnya melakukan perhitungan biaya spesimen diawali dengan mengidentifikasi kebutuhan proses pengelasan yang akan dilakukan sesuai dengan jenis pengelasan yang akan dilakukan kemudian jumlah spesimen yang dibutuhkan untuk setiap pertemuan, kemudian dihitung kebutuhan total spesimen sesuai pada Tabel 6.9 berikut:

Tabel 6.9 Biaya Spesimen Pelat Baja

No	Jenis pengelasan	Pertemuan	Jumlah spesimen	Ukuran spesimen	Ket
1	Pembuatan alur las	2	1	200 mm x 80 mm x 10 mm	<i>ChiefWeld</i> sim
2	Pengelasan posisi 1 F	2	1	200 mm x 80 mm x 10 mm	<i>ChiefWeld</i> sim
3	Pengelasan posisi 2 F	2	1	200 mm x 80 mm x 10 mm	<i>ChiefWeld</i> sim

*ChiefWeld* dapat mensimulasikan 3 proses pengelasan sehingga semua spesimen akan disimulasikan di dalam pelatihan pengelasan dasar menggunakan *ChiefWeld*. Pada Tabel 6.9 terdapat satu spesimen untuk setiap proses pengelasan yang digunakan untuk sinkronisasi pengelasan *ChiefWeld* dengan mesin las. Satu spesimen seberat 1,57 kg sehingga tiga spesimen seberat 4,71 kg. Bila baja seharga Rp 16.500/kg maka total harga sebesar Rp 77.715

b. Biaya Alat Pelindung diri

- Kap las : 100.000
- Sarung tangan : 90.000
- Apron : 85.000

Sehingga jumlah biaya keseluruhan alat pelindung diri senilai Rp 275.000, untuk digunakan pada saat sinkronisasi pengelasan *ChiefWeld* dengan mesin las

c. Biaya Peralatan Las Menggunakan *ChiefWeld*

Biaya peralatan las digantikan dengan biaya pembuatan *ChiefWeld* simulator yang mana dapat dilihat pada dan Tabel 6.7 yang senilai Rp 14.908.000 dan ditambah dengan penyewaan mesin las untuk sinkronisasi pengelasan *ChiefWeld* dengan mesin las seharga Rp 350.000/hari digunakan selama 3 hari

d. Biaya Listrik

Perhitungan jumlah besar biaya listrik yang diperlukan selama proses pelatihan menggunakan *ChiefWeld* dapat dilihat sebagai berikut:

- Jumlah jam pemakaian *ChiefWeld* dalam sekali pertemuan 3 jam x 6 pertemuan, total 36 jam
- Tarif dasar listrik 1 kWh = 1.467,28
- Estimasi Watt *ChiefWeld*: 0,065 kWh (seperangkat komputer) + 0,01 kWh (*Oculus Go*)
- Watt mesin las (110 A x 25 V): 2,75 kW digunakan untuk sinkronisasi pengelasan selama 1 jam 15 menit setiap harinya selama 3 hari pelatihan

Dari keterangan diatas didapatkan konsumsi listrik mesin las dengan hitungan sebagai berikut:

$0,075 \text{ kWh} \times 18 \text{ jam} \times \text{Rp } 1.467,28 = \text{Rp } 1.980$  untuk penggunaan *ChiefWeld*

$2,75 \text{ kWh} \times 3 \text{ jam } 45 \text{ menit} \times \text{Rp } 1.467,28 = \text{Rp } 15.221$  untuk penggunaan mesin las

Sehingga total biaya keseluruhan dari kebutuhan pengelasan dapat dilihat pada Tabel 6.10 sebesar Rp 16.352.916

Tabel 6.10 Biaya Keseluruhan Kebutuhan Pengelasan

Biaya kebutuhan pengelasan	kebutuhan	Harga (Rp)
Elektrode	1 Kg	25.000
Spesimen pelat baja	4,71 Kg	77.715
Alat pelindung diri	1 Set	275.000
Perangkat <i>ChiefWeld</i>	1 Set	14.908.000
Peralatan las (Mesin las)	alat/3 hari	1.050.000
Listrik <i>ChiefWeld</i>	/Set alat	1.980
Listrik mesin las	/Set alat	15.221
Total Biaya Keseluruhan		16.352.916

e. Biaya tenaga kerja

Biaya tenaga kerja yang akan dihitung meliputi biaya pengajar teori dan pengajar praktek, rincian biaya pada Tabel 6.11 Sehingga total keseluruhan biaya tenaga kerja senilai Rp 3.300.000, untuk sesi teori dalam satu pertemuan diisi dengan 2,5 jam dan untuk sesi praktik dalam satu pertemuan diisi dengan 3 jam. Biaya yang dikeluarkan bagi pengajar dihitung untuk setiap jam pengajar tersebut bekerja.

Tabel 6.11 Biaya Tenaga Kerja

No.	Biaya Tenaga Kerja	Pertemuan	Jam	Index	Harga (Rp)
1	Apresiasi pengajar teori	12	30	80.000	2.400.000
2	Apresiasi pengajar praktik	6	18	50.000	900.000
Total biaya tenaga kerja					Rp 3.300.000

Keseluruhan total biaya pelatihan pengelasan dasar menggunakan *ChiefWeld* berupa biaya perancangan aplikasi, biaya kebutuhan pengelasan, dan biaya tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 6.12 senilai Rp 25.666.916

Tabel 6.12 Biaya Keseluruhan Pelatihan Pengelasan *ChiefWeld*

Biaya Investasi	Harga (Rp)
Biaya Perancangan Aplikasi	6.114.000
Biaya kebutuhan pengelasan	16.252.916

Biaya Investasi	Harga (Rp)
Biaya tenaga kerja	3.300.000
Total Biaya	25.666.916

### 6.2.3. Perbandingan Biaya Pelatihan Konvensional dengan *ChiefWeld*

Dilakukan perhitungan perbandingan antara pelatihan pengelasan konvensional dengan *ChiefWeld*, dengan kondisi jumlah 15 orang peserta pelatihan dan 5 perangkat kebutuhan pengelasan dilaksanakan dengan 12x pertemuan sesi teori dan 6x pertemuan sesi praktik. Proses pengelasan yang akan dilatih adalah proses pembuatan alur las, pengelasan posisi 1F, dan pengelasan posisi 2F. Pertama, dilakukan perhitungan total keseluruhan biaya pelatihan pengelasan konvensional dan *ChiefWeld*. Kemudian dilakukan perbandingan terhadap keduanya.

Tabel 6.13 Perhitungan Biaya Kebutuhan Pengelasan Konvensional

Biaya Kebutuhan Pengelasan Konvensional					
Bahan	Vol	kebutuhan	satuan	Index (Rp)	Total (Rp)
Elektrode	15 orang	6	kg	25.000	2.250.000
Spesimen baja	15 orang	30	kg	16.500	7.425.000
Alat pelindung diri	15 orang	15	set	275.000	4.125.000
Peralatan las	15 orang	5	set	18.615.000	93.075.000
Listrik	15 orang	36	jam	4.035	726.302
Total					107.601.303

Pada Tabel 6.13 merupakan perhitungan biaya kebutuhan pengelasan konvensional untuk 15 peserta dengan jumlah kebutuhan yang berbeda untuk setiap bahan. Total biaya yang diperlukan senilai Rp 107.601.303 untuk mengadakan pelatihan pengelasan.

Tabel 6.14 Perhitungan Biaya Kebutuhan Pengelasan *ChiefWeld*

Biaya Kebutuhan Pengelasan <i>ChiefWeld</i>					
Bahan	Vol	kebutuhan	satuan	Index (Rp)	Total (Rp)
Elektrode	15 orang	1	kg	25.000	25.000
Spesimen baja	15 orang	3	kg	16.500	742.500
Alat pelindung diri	15 orang	15	set	275.000	4.125.000
Perancangan aplikasi	5 alat	1	set	6.114.000	6.114.000
Peralatan las (seperangkat <i>ChiefWeld</i> )	15 orang	5	set	14.908.000	74.540.000
Penyewaan mesin las	15 orang	5	set	1.050.000	5.250.000
Listrik <i>ChiefWeld</i>	15 orang	18	jam	110	9.900
Listrik mesin las	15 orang	3.45	Jam	4.058	20.290
Total					90.826.690

Pada Tabel 6.14 merupakan perhitungan biaya kebutuhan pengelasan dengan *ChiefWeld*, dapat dilihat bahwa ada bahan yang berbeda dengan pelatihan pengelasan yaitu biaya perancangan aplikasi dan penyewaaan mesin las beserta listriknya. Total biaya yang diperlukan senilai Rp 90.826.690

Tabel 6.15 Perbandingan Biaya Kebutuhan Pengelasan

Bahan	Pelatihan Konvensional (Rp)	Pelatihan dengan <i>ChiefWeld</i> (Rp)	Penurunan biaya (Rp)
Elektrode	2.250.000	25.000	2.225.000
Spesimen baja	7.425.000	742.500	6.682.500
Alat pelindung diri	4.125.000	4.125.000	0
Perancangan aplikasi	-	6.114.000	-6.114.000
Peralatan las dan perangkat <i>ChiefWeld</i>	93.075.000	74.540.000	18.535.000
Penyewaan mesin las	-	5.250.000	-5.250.000
Listrik	726.302	30.190	696.112
Total			16.774.613

Tabel 6.15 menunjukkan perbedaan biaya kebutuhan pengelasan antara pengelasan konvensional dengan pengelasan menggunakan *ChiefWeld*. Dapat dilihat bahwa pelatihan konvensional tidak memerlukan perancangan aplikasi seperti *ChiefWeld*. Perbedaan biaya antara pelatihan konvensional dengan pelatihan menggunakan *ChiefWeld* senilai Rp 16.774.613

Tabel 6.16 Perbandingan Biaya Pelatihan Pengelasan

Biaya Pelatihan Pengelasan	Pelatihan Konvensional (Rp)	Pelatihan dengan <i>ChiefWeld</i> (Rp)
Biaya Kebutuhan Pengelasan	107.601.303	90.826.690
Biaya Tenaga Kerja	3.300.000	3.300.000
Total Biaya	110.901.303	94.126.690

Sehingga biaya yang tereduksi antara investasi pelatihan konvensional dengan *ChiefWeld* senilai Rp 16.774.613. Pelatihan pengelasan menggunakan *ChiefWeld* dapat mengurangi biaya pelatihan pengelasan sebesar 15,33% dari pelatihan pengelasan konvensional.

### 6.3. Kelebihan dan Kekurangan *ChiefWeld*

Hasil program *ChiefWeld* yang sudah selesai memiliki beberapa kelebihan dan juga kekurangan disebabkan keadaan teknologi dan individu, penjelasannya sebagai berikut:



#### A. Kelebihan

1. Inovasi di bidang pelatihan pengelasan dasar dengan memanfaatkan teknologi *virtual reality*
2. Secara teknis, *ChiefWeld* dapat mengurangi penggunaan *consumable material* pada proses pengelasan seperti kawat las, pelat baja, listrik, dan mesin las
3. Secara ekonomis dapat mengurangi biaya yang perlu dikeluarkan selama pelatihan pengelasan karena berkurangnya penggunaan *consumable material*
4. Ramah lingkungan, karena mengurangi limbah *consumable material*
5. Lebih ramah penggunaan, karena tidak melibatkan panas dan api selama proses pengelasan
6. Variabel yang dapat diperhatikan adalah sudut pengelasan, *travel speed*, panjang busur listrik, dan pergerakan tangan

#### B. Kekurangan

1. Saat ini *ChiefWeld* belum bisa mensimulasikan posisi pengelasan 1G, 2G, 3G, dan 4G.
2. Variabel yang tidak dapat diperhatikan adalah arus, Visualisasi menggunakan kap las, pergerakan kepala, dan pergerakan tubuh terhadap sumbu x,y, dan z
3. *ChiefWeld* belum mampu untuk memvisualisasikan penggunaan kap las
4. Perbedaan berat antara *PS Move* yang memiliki berat 145 gram sebagai *holder* las dengan *holder* las asli yang memiliki berat 425 gram.

# BAB 7

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 7.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan percobaan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penerapan Teknologi Realitas Maya (*virtual reality*) membutuhkan dua perangkat pendukung yaitu *Head-Mounted Display* dan *Glove/Controller* agar *user* mendapatkan pengalaman masuk ke dalam dunia virtual. Teknologi Realitas Maya pada saat ini dapat diterapkan untuk sarana edukasi, hiburan, dan juga terapi.
2. Proses pelatihan pengelasan konvensional saat ini terdiri dari dua kegiatan yaitu pembelajaran teori pengelasan di ruang kelas dan praktik pengelasan di dalam bengkel las, kegiatan praktik pengelasan menggunakan seperangkat peralatan las dan juga *consumable material* untuk meningkatkan kompetensi peserta. Proses pelatihan pengelasan menggunakan perangkat *welding simulator* saat ini memanfaatkan teknologi AR (*Augmented Reality*) sehingga dalam pelaksanaannya dapat meminimalisir penggunaan *consumable material*.
3. Perancangan aplikasi simulasi pengelasan *ChiefWeld* berbasis teknologi realitas maya (*virtual reality*) dilakukan melalui beberapa proses yaitu dimulai dengan menganalisa virtualisasi pelatihan pengelasan, variabel penilaian pengelasan, membuat objek 3 dimensi di dalam dunia virtual, tampilan aplikasi, menulis *script* aplikasi, dan mengembangkan aplikasi. Aplikasi *ChiefWeld* dapat mensimulasikan empat proses pelatihan pengelasan yaitu pembuatan alur las, pengelasan posisi 1F, dan pengelasan posisi 2F
4. Perbedaan antara pelatihan pengelasan konvensional dengan menggunakan aplikasi simulasi pengelasan *ChiefWeld* dapat dilihat dari tujuh variabel dalam proses pengelasan yaitu pada variabel pergerakan tubuh, simulasi pengelasan *ChiefWeld* hanya dapat mensimulasikan pergerakan tangan secara langsung dan yang lainnya menggunakan *controller*. Pada variabel jarak busur listrik, simulasi pengelasan *ChiefWeld* dapat mensimulasikan secara keseluruhan serta terdapat indikator langsung yang menunjukkan nilai jarak busur listrik. Pada variabel sudut elektrode, simulasi pengelasan *ChiefWeld*

dapat mensimulasikan secara keseluruhan dan terdapat indikator langsung yang menunjukkan derajat sudut elektrode terhadap pelat dan *fusion line*. Pada variabel *travel speed*, simulasi pengelasan *ChiefWeld* dapat menghitung secara otomatis. Pada variabel keselamatan, simulasi pengelasan *ChiefWeld* lebih aman karena tidak melibatkan hubungan dengan api dan tidak menggunakan pelat asli. Pada variabel waktu, simulasi pengelasan *ChiefWeld* lebih efektif dikarenakan lebih fokus pada proses pengelasan tanpa membutuhkan waktu untuk proses persiapan dan setelah pengelasan. Pada variabel dampak terhadap lingkungan, simulasi pengelasan *ChiefWeld* terbebas dari sampah *consumable material* maupun polusi asap selama proses pengelasan berlangsung.

5. Biaya yang dibutuhkan untuk merancang aplikasi simulasi pengelasan *ChiefWeld* berbasis teknologi realitas maya (*virtual reality*) dibagi menjadi biaya pembuatan aplikasi sebesar Rp 6.113.333 dan biaya peralatan sebesar Rp 14.908.000. Biaya yang tereduksi antara pelatihan pengelasan konvensional dengan *ChiefWeld* senilai Rp 16.774.613. pelatihan pengelasan menggunakan *ChiefWeld* dapat mengurangi biaya pelatihan pengelasan sebesar 15,33% dari pelatihan pengelasan konvensional.

## 7.2. Saran

Setelah pengerjaan Tugas Akhir ini selesai, penulis dapat memberikan saran-saran terkait untuk pengembangan aplikasi *welding simulator* kedepan sebagai berikut:

1. Penelitian ini menerapkan teknologi VR (*virtual reality*), untuk penelitian selanjutnya bisa dilakukan penerapan teknologi AR (*Augmented Reality*)
2. Pada penelitian selanjutnya perlu penambahan konten proses pengelasan *Butt Joint*, serta video *tutorial* pengelasan di dalam aplikasi
3. Pada penelitian selanjutnya hubungan antara *controller* dengan *headset* lebih baik menggunakan kabel untuk meminimalisir gangguan saat transmisi data pergerakan tangan atau menggunakan perangkat yang *controller* dan *headset*-nya sudah terintegrasi dengan baik

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi. (2018, November 12). *Jenis Jenis Sambungan Pengelasan Dan Macam Macam Kampuh Las*. Retrieved Mei 28, 2019, from Pengelasan.net: <https://www.pengelasan.net/sambungan-las/>
- Andreani, I. M., & Kuswanto, D. (2019). Pengembangan Desain Treadmill Sebagai Alat latihan Berjalan pada Cerebral Palsy dengan memanfaatkan Realitas Virtual. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS Vol. 8, No. 1 (2019), 2337-3520 (2301-928X Print)*.
- AndroidDev. (2018). *Mengenal Android Studio*. Retrieved Mei 28, 2019, from Android Developers: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=ID>
- Bardi, J. (2019, Maret 26). *What is Virtual Reality?* Retrieved Juni 21, 2019, from Marxentlabs: <https://www.marxentlabs.com/what-is-virtual-reality/>
- Bossa Studio Ltd. (2016, April). *Surgeon Simulator Gameplay*. Retrieved Mei 20, 2019, from Surgeon Simulator: <https://www.surgeonsim.com/surgeon-simulator/>
- Fariya, S., & Triwilaswandio. (2014). Analisis Teknis dan Ekonomis Training Pengelasan Menggunakan Welding Simulator Berbasis Pemrograman Komputer Sebagai Pengganti Elektroda Konvensional. *JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 1, (2014) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)*.
- FlyInside Inc. (2018, Oktober 12). *FlyInside Flight Simulator*. Retrieved Juni 21, 2019, from FlyInside: <https://flyinside-fsx.com/Home/Sim#technology>
- Indeed. (2019, april 8). *Gaji 3d artist di Indonesia*. Retrieved Juni 16, 2019, from indeed: <https://id.indeed.com/salaries/3d-Artist-Salaries>
- Jobplanet. (2016, April 19). *Ragam Profesi TI dengan Gaji Rata-rata Paling Tinggi di Indonesia*. Retrieved Juni 16, 2019, from Jobplanet: <http://blog.id.jobplanet.com/ragam-profesi-ti-dengan-gaji-rata-rata-paling-tinggi-di-indonesia/>
- Junaidi. (2018, 10 5). *Peralatan Las Busur Manual (SMAW)*. Retrieved Mei 28, 2019, from Teknik Pengelasan: <http://www.pengelasan.id/2018/05/peralatan-las-busur-manual-smaw-bagian-1.html>
- Lettisha. (2018, April 23). *Fungsi Microsoft Visual Studio*. Retrieved Mei 28, 2019, from Hemera Academy: <https://itlearningcenter.id/fungsi-microsoft-visual-studio/>
- Lincoln Electric. (2011, Agustus 5). *VRTEX 360® Virtual Welding Trainer*. Retrieved Juni 16, 2019, from Lincoln Electric: <https://www.lincolnelectric.com/en-gb/equipment/training-equipment/vrtex360/pages/vrtex-360.aspx>
- Malmgren, A. (2018). *FreePie Programmable Input Emulator*. Retrieved Mei 28, 2019, from github: <https://andersmalmgren.github.io/FreePIE/>
- Menteri Tenaga Kerja dan Tansmigrasi. (1982). *Kwalifikasi Juru Las di Tempat Kerja*.
- Miller Weld. (2016, Oktober 27). *Augmented Reality Welding System*. Retrieved Juni 20, 2019, from Miller Weld: <https://www.millerwelds.com/equipment/training-solutions/training-equipment/augmentedarc-augmented-reality-welding-system-m30100#!/?product-options-title=augmentedarc-951689>
- PT Karya Master Mandiri Indonesia. (2014, Mei 30). *pelatihan dan sertifikasi operator juru las*. Retrieved Juni 19, 2019, from PT Karya Master Mandiri Indonesia:

- <http://kmmigroup.com/WEB001/index.php/id/jasa-layanan-kami/108-jasa-kami/pjk3/pubt/134-pelatihan-dan-sertifikasi-operator-jurulas-welder-listrik-gas.html>
- Purwanto, E. (2014, Mei 12). *Cerita di Balik Software 3D Blender*. Retrieved Mei 28, 2019, from bpptik: <https://bpptik.kominfo.go.id/2014/05/12/419/cerita-di-balik-software-3d-blender/>
- Putra, A. W. (2016, Juli 16). *Unity – Game Engine Tangguh Untuk Berbagai Platform*. Retrieved Mei 28, 2019, from TEKNOJURNAL: <https://teknajurnal.com/unity/>
- Ramadhan, S. G., Kuswardayan, I., & Hariadi, R. R. (2018). Rancang Bangun Game Realitas Virtual Taman Makhluk Purba pada Perangkat Bergerak Berbasis Android. *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 7, No. 1 (2018), 2337-3520 (2301-928X Print)*.
- Setiawan. (2015, Februari 8). *Mengenal Blender 3D: Software Gratis Untuk Desain 3D*. Retrieved Mei 28, 2019, from Transiskom: <http://www.transiskom.com/2015/08/mengenal-blender-3d-software-populer.html>
- Sony Interactive Entertainment LLC. (2019). *VR Accessories*. Retrieved Juli 17, 2019, from Playstation Store: <https://www.playstation.com/en-us/explore/accessories/vr-accessories/>
- Wirjosumarto, H. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.

## LAMPIRAN

Lampiran A SILABUS PELATIHAN PENGELASAN DASAR

Lampiran B WPS SMAW POSISI 2F

Lampiran C PELATIHAN PENGELASAN DASAR MENGGUNAKAN *CHIEFWELD*

Lampiran D CV *WELDER* PROFESIONAL DAN PESERTA PELATIHAN

# LAMPIRAN A

## SILABUS PELATIHAN PENGELASAN DASAR

Kompetensi inti	Kompetensi dasar	Materi pembelajaran	Metode	Alokasi waktu
Memahami Teori Teknologi las secara umum	Metode penyambungan material	Cara penyambungan material, definisi pengelasan, penggunaan las, keuntungan dan keterbatasan las, proses-proses pengelasan	Ceramah,diskusi kelas, tanya jawab	2 JP
	Keselamatan kerja pengelasan	Luka bakar, perlindungan mata dan telinga, bahaya kelistrikan, penanganan dan penyimpanan silinder gas, bahaya kebakaran, ventilasi	Ceramah,diskusi kelas, tanya jawab	2 JP
	Terminologi dan Bagian-bagian Sambungan Las	Jenis-jenis sambungan las dasar, jenis-jenis alur las dan cara pembuatannya, bagian-bagian sambungan las tumpul, bagian-bagian sambungan las fillet	Ceramah,diskusi kelas, tanya jawab	2 JP
		Posisi pengelasan untuk pelat dan pipa, urutan deposisi logam las, bagian-bagian sambungan las	Ceramah,diskusi kelas, tanya jawab	2 JP
	Metalurgi Las	Struktur mikro sambungan las, diagram TTT	Ceramah,diskusi kelas, tanya jawab	2 JP

Kompetensi inti	Kompetensi dasar	Materi pembelajaran	Metode	Alokasi waktu	
		Diagram CCT, pengaruh kandungan karbon dan elemen paduan terhadap penggetasan, karbon ekivalen, parameter komposisi, daerah meleleh sebagian (partially-melted zone)	Ceramah,diskusi kelas, tanya jawab	2 JP	
		Diskontinuitas Pengelasan	Definisi-definisi, cacat metalurgi penyebab dan pencegahannya	Ceramah,diskusi kelas, tanya jawab	2 JP
			Cacat geometri penyebab dan pencegahannya: tegangan sisa, deformasi	Ceramah,diskusi kelas, tanya jawab	2 JP
		Kekuatan sambungan las	Pendahuluan, pembebanan statis, pembebanan dinamis, perhitungan kekuatan sambungan las	Ceramah,diskusi kelas, tanya jawab	2 JP
			Rumus empiris perhitungan biaya pengelasan, biaya material, biaya tenaga kerja	Ceramah,diskusi kelas, tanya jawab	2 JP
		Memahami teori dan praktek pengelasan SMAW	Proses las SMAW	Dasar-dasar proses, pemilihan kawat las, jenis-jenis kawat las, kelebihan dan keterbatasan SMAW	Ceramah,diskusi kelas, tanya jawab
Arus pengelasan, perhitungan heat input pengelasan, jenis-jenis arus pengelasan, arc blow, jenis-jenis mesin las	Ceramah,diskusi kelas, tanya jawab			2 JP	
Pengenalan peralatan pengelasan dan fungsinya	Ceramah,demonstrasi,praktek, diskusi			1 JP	
Identifikasi elektrode	Ceramah,demonstrasi,praktek, diskusi			1 JP	



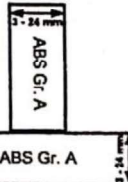
Kompetensi inti	Kompetensi dasar	Materi pembelajaran	Metode	Alokasi waktu
		Penyalan busur listrik	Ceramah,demonstrasi,praktek, diskusi	2 JP
		Pembuatan alur las	Ceramah,demonstrasi,praktek, diskusi	2x2 JP
		Ayunan dalam pengelasan	Ceramah,demonstrasi,praktek, diskusi	2 JP
	Sambungan <i>fillet</i>	Pengelasan posisi 1F	Ceramah,demonstrasi,praktek, diskusi	2x2 JP
		Pengelasan posisi 2F	Ceramah,demonstrasi,praktek, diskusi	2x2 JP
		Pengelasan posisi 3F	Ceramah,demonstrasi,praktek, diskusi	2x2 JP
	Sambungan <i>Butt joint</i>	Pengealasan <i>Butt Joint</i>	Ceramah,demonstrasi,praktek, diskusi	2x2 JP

**LAMPIRAN B**  
**WPS SMAW POSISI 2F**

## WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) QUALIFIED BY TESTING

Company Name : PT. BAHANA SHIPYARD Welding Process(es) : SMAW Supporting PQR No.(s) : 04/PQR-CS/BHS/2013 Reference : BV Rules and IACS Rec. no. 70	WPS No. : 04/WPS-CS/BHS/2013 Revision : 0      Date : January 23, 2013 Authorized by : Bureau Veritas      Date : - Type : <input checked="" type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Semi-Automatic <input type="checkbox"/> Machine <input type="checkbox"/> Automatic
<b>JOINT DESIGN USED</b> Type : T joint / Fillet Single <input checked="" type="checkbox"/> Double Weld <input type="checkbox"/> Backing : Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Backing Material : NA Root Opening : - Root Face Dimension : - Groove Angle : NA Back Gouging : -      Method: -	<b>POSITION</b> Position of Groove : 2 F Vertical Progression : Up <input type="checkbox"/> Down <input type="checkbox"/> <b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS</b> Transfer Mode (GMAW) Short-Circuiting <input type="checkbox"/> Globular <input type="checkbox"/> Spray <input type="checkbox"/> Pulsed <input type="checkbox"/> Current : AC <input type="checkbox"/> DCEP <input checked="" type="checkbox"/> DCEN <input type="checkbox"/> Other : NA <b>Tungsten Electrode (GTAW)</b> Size : NA Type : NA
<b>BASE METALS</b> Material Spec. : ABS to ABS Type or Grade : A to A Thickness : Groove : None      Fillet : 3 - 24 mm Diameter (Pipe) : NA	<b>TECHNIQUE</b> Stringer or Weave Bead : Both Multi or Single Pass (per side) : Multipass Number of Electrodes : 1 Electrode Spacing Longitudinal : NA Lateral : NA Angle : NA Contact Tube to Work Distance : NA Peening : NA Interpass Cleaning : Grinding & Brushing
<b>FILLER METALS</b> AWS Specification : A 5.1 AWS Classification : E 6013	<b>POSTWELD HEAT TREATMENT</b> Temperature : NA Time : NA
<b>SHIELDING</b> Flux : NA      Gas : NA Electrode-Flux (Class) : NA      Composition : NA Flow Rate : NA Gas Cup Size : NA	
<b>PREHEAT</b> Preheat Temperature : NA Interpass Temperature : 50 - 300°C	

### WELDING PROCEDURE

Weld Layer(s)	Process	Filler Metal		Current		Volt Range (V)	Travel Speed Range (mm/min)	Joint Detail
		Class	Diameter (mm)	Type of Polarity	Amp. Range (A)			
1st	SMAW	E 6013	3.2 - 4.0	DCEP	95 - 155	23 - 27	70 - 135	
2nd	SMAW	E 6013	3.2 - 4.0	DCEP	110 - 175	24 - 28	80 - 165	
3rd	SMAW	E 6013	3.2 - 4.0	DCEP	110 - 175	24 - 28	80 - 165	

Prepared by:  
PT. BAHANA SHIPYARD

Reviewed by:

Approved by:  
BUREAU VERITAS

ARIEF RACHMAN, ST., MT.

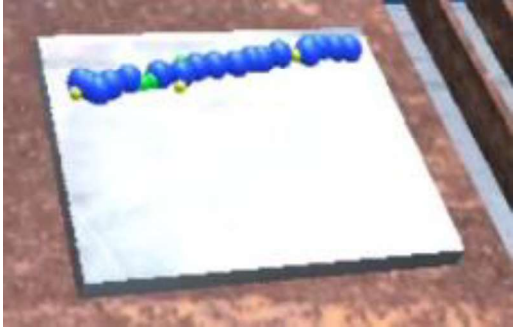

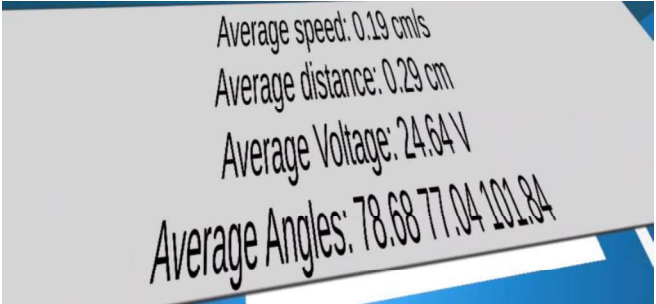
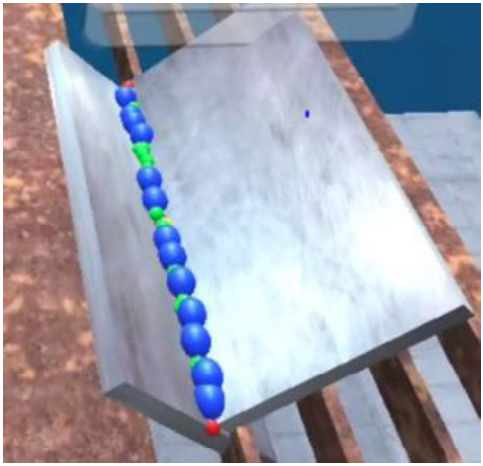
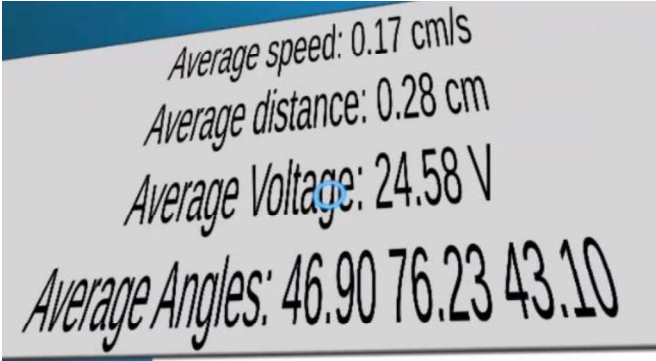
PERWIRO ERVAN SANTOSO, ST.

Ir. I PUTU GEDE SURYAWAN

## LAMPIRAN C

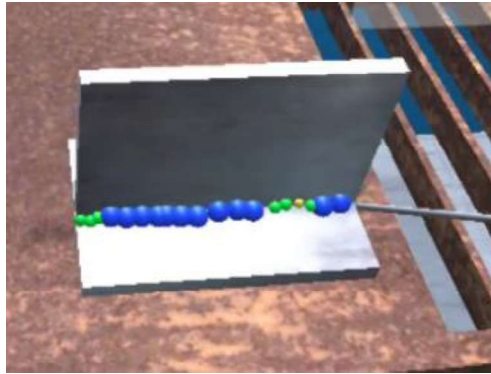
### PELATIHAN PENGELASAN DASAR MENGGUNAKAN *CHIEFWELD*

Pada tabel dibawah ini merupakan hasil pengelasan dan skor yang diambil dari percobaan pada *welder professional* untuk dijadikan bahan acuan pada pelatihan pengelasan dasar menggunakan *ChiefWeld*

Hasil Pengelasan <i>ChiefWeld</i>	Skor
 <p data-bbox="240 1160 560 1193">Hasil pembuatan alur las</p>  <p data-bbox="240 1435 576 1473">Proses pembuatan alur las</p>	 <p data-bbox="995 976 1342 1267">Average speed: 0.19 cm/s Average distance: 0.29 cm Average Voltage: 24.64 V Average Angles: 78.68 77.04 101.84</p>
 <p data-bbox="240 1973 504 2011">Hasil pengelasan 2F</p>	 <p data-bbox="903 1585 1406 1921">Average speed: 0.17 cm/s Average distance: 0.28 cm Average Voltage: 24.58 V Average Angles: 46.90 76.23 43.10</p>



Proses pengelasan 1F



Hasil pengelasan 2F



Proses pengelasan 2F

Average speed: 0.22 cm/s  
 Average distance: 0.30 cm  
 Average Voltage: 24.70 V  
 Average Angles: 44.92 73.29 45.08

Dari skor *welder professional* didapatkan acuan bagi penilaian sebagai berikut:

1. *Average speed* : 0.17-0.22 cm/s
2. *Average distance* : 0.28-0.3 cm
3. *Average Voltage* : 24.58-24.7 V
4. Average Angles pada Fillet
  - terhadap kedua pelat : 43.10°-46.90°
  - terhadap *fusion line* : 73.29°-77.04°

## Jadwal Pelatihan


Pelatihan dilaksanakan selama 4 hari, *pretest dan posttest* dilaksanakan pada hari yang sama. *Posttest* baru akan dilakukan setelah peserta pelatihan mengikuti pelatihan menggunakan *ChiefWeld* selama 6 jam. Jadwal lebih rinci sebagai berikut:

No.	Hari/tanggal	waktu	Tempat	Agenda
1.	senin/10 juni 2019	13.00-15.30	Lab. Teknologi dan Manajemen Produksi Kapal	Teori pengelasan secara umum
2.	selasa/11 Juni 2019	8.30-9.00	Lab. Teknologi dan Manajemen Produksi Kapal	- pretest welding pembuatan alur
		9.00-12.00		- pelatihan <i>ChiefWeld</i> pembuatan alur
		12.00-13.00		ISHOMA
		13.00-16.00		- pelatihan <i>ChiefWeld</i> pembuatan alur
		16.00-16.15		- sinkronisasi <i>ChiefWeld</i> dengan pengelasan konvensional
		16.15-16.45		- posttest welding pembuatan alur
3.	rabu/12 Juni 2019	8.30-9.00	Lab. Teknologi dan Manajemen Produksi Kapal	- pretest welding posisi 1F
		9.00-12.00		- pelatihan <i>ChiefWeld</i> posisi 1F
		12.00-13.00		ISHOMA
		13.00-16.00		- pelatihan <i>ChiefWeld</i> posisi 1F
		16.00-16.15		- sinkronisasi <i>ChiefWeld</i> dengan pengelasan konvensional
		16.15-16.45		- posttest welding posisi 1F
4.	jumat/14 Juni 2019	8.30-9.00	Lab. Teknologi dan Manajemen Produksi Kapal	- pretest welding posisi 2F
		9.00-12.00		- pelatihan <i>ChiefWeld</i> posisi 2F
		12.00-13.00		ISHOMA
		13.00-16.00		- pelatihan <i>ChiefWeld</i> posisi 2F
		16.00-16.15		- sinkronisasi <i>ChiefWeld</i> dengan pengelasan konvensional
		16.15-16.45		- posttest welding posisi 2F

### Peserta Pelatihan:

- a. Peserta pelatihan berjumlah tiga orang
- b. Mahasiswa Departemen Teknik Perkapalan angkatan 2018 yang belum pernah mengikuti kegiatan pelatihan pengelasan apapun ataupun mendapat teori tentang Teknik pengelasan SMAW

## Dokumentasi Kegiatan Pelatihan Menggunakan *ChiefWeld*

Gambar	Keterangan
	Proses pembelajaran mengenai teori pengelasan SMAW
	Peserta melakukan persiapan praktik pembuatan alur las
	Peserta melakukan praktik pembuatan alur las



*Pretest peserta 1*



Hasil pembuatan alur las sebelum pembelajaran menggunakan *ChiefWeld*



Pretest peserta 2



Pretest peserta 3



Peserta 1



Peserta 2

Proses pelatihan pembuatan alur las menggunakan *ChiefWeld*



Peserta 3



*Posttest peserta 1*



*Posttest peserta 2*

Hasil pembuatan alur las setelah pembelajaran menggunakan *ChiefWeld*



*Posttest peserta 3*



Peserta melakukan praktik pengelasan posisi 1F



*Pretest peserta 1*



*Pretest peserta 2*

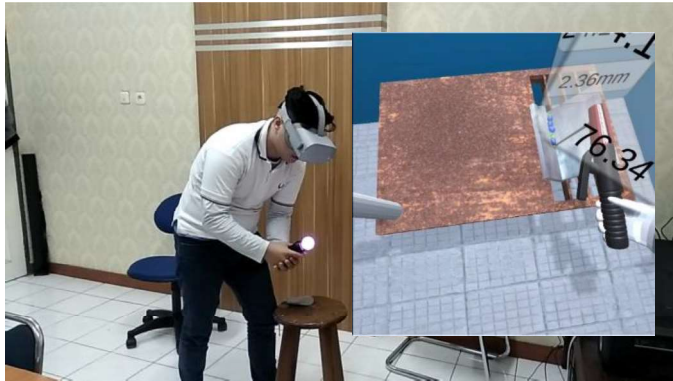
Hasil pengelasan 1F sebelum pembelajaran menggunakan *ChiefWeld*



Pretest peserta 3

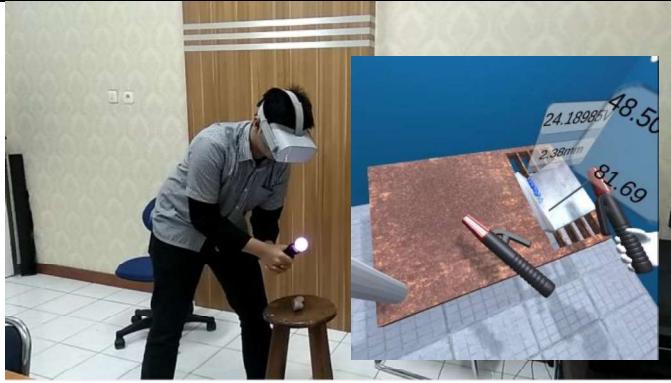


Peserta 1



Peserta 2

Proses pelatihan pengelasan posisi  
1F menggunakan *ChiefWeld*



Peserta 3



*Posttest peserta 1*



*Posttest peserta 2*

Hasil pengelasan 1F setelah pembelajaran menggunakan *ChiefWeld*



*Posttest peserta 3*



Peserta melakukan praktik  
pengelasan posisi 2F



*Pretest peserta 1*



*Pretest peserta 2*

Hasil pengelasan 2F sebelum pembelajaran menggunakan *ChiefWeld*

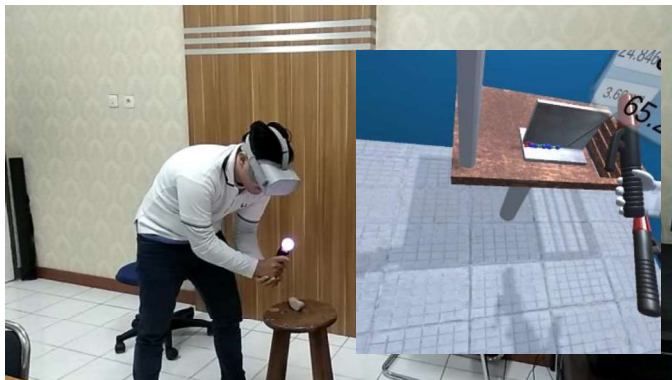




Pretest peserta 3



Peserta 1



Peserta 2

Proses pelatihan pengelasan posisi  
2F menggunakan *ChiefWeld*



Peserta 3



*Posttest peserta 1*



*Posttest peserta 2*

Hasil pengelasan 2F setelah pembelajaran menggunakan *ChiefWeld*



*Posttest peserta 3*

**LAMPIRAN D**  
**CV *WELDER* PROFESIONAL DAN PESERTA PELATIHAN**



## Data Diri Peserta Pelatihan Pengelasan Dasar

Nama Lengkap : Muhammad Iqbaal Kurniawan  
NRP : 04111840000077  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Tempat dan Tanggal Lahir : Surabaya, 1 April 2000  
Alamat : Jl. Gubeng Kertajaya 1F/3  
No. Telepon : 08113640372  
Riwayat Pendidikan :  
■ 2006 - 2012 :SDN Airlangga 5 Surabaya  
■ 2012 - 2015 :SMPN 6 Surabaya  
■ 2015 - 2018 :SMAN 2 Surabaya  
■ 2018 - sekarang : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini saya menyatakan bahwa data diri diatas adalah benar dan saya belum pernah mengikuti kegiatan pelatihan pengelasan apapun. Demikian tulisan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak manapun untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Muhammad Iqbaal Kurniawan



## Data Diri Peserta Pelatihan Pengelasan Dasar

Nama Lengkap : Anthony Suryajaya  
NRP : 04111840000035  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Tempat dan Tanggal Lahir : Surabaya, 30 Januari 2000  
Alamat : Jl. Ngagel Jaya Barat 2A/04  
No. Telepon : 081216035750  
Riwayat Pendidikan : SD, SMP, SMA

Dengan ini saya menyatakan bahwa data diri diatas adalah benar dan saya belum pernah mengikuti kegiatan pelatihan pengelasan apapun. Demikian tulisan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak manapun untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Anthony Suryajaya.



## Data Diri Peserta Pelatihan Pengelasan Dasar

Nama Lengkap : Dhafir Fernanda Soesilo  
NRP : 04111840000091  
Jenis Kelamin : Laki - laki  
Tempat dan Tanggal Lahir : 19-01-2000 / Surabaya  
Alamat : Galaxy Bumi Permai Blok N4 No.10  
No. Telepon : 082233591144  
Riwayat Pendidikan :

- 2006 - 2012 :SDN 002 Tg.Redeb Berau
- 2012 - 2015 :SMPN 12 Surabaya
- 2015 - 2018 :SMAN 15 Surabaya

Dengan ini saya menyatakan bahwa data diri diatas adalah benar dan saya belum pernah mengikuti kegiatan pelatihan pengelasan apapun. Demikian tulisan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak manapun untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Dhafir Fernanda Soesilo



## Data Diri *Welder* Profesional

Nama Lengkap : Pardi  
Nama Panggilan : Pak Pardi  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Tempat dan Tanggal Lahir : Ngawi, 9 Maret 1974  
Alamat : Desa kalibatur kecamatan kalijawir tulungagung  
No. Telepon : 081330696838  
Pengalaman : - ITS 1999-Sekarang  
Pengelasan : - Pelatihan W.I, 2010  
- WPS SMAW 3G, 2014  
- Pelatihan juru las 1-3G Kemenperin, 2010  
- Kualifikasi las 3G PT. Pamitra Jaya Konstruksi, 2014  
- WPS SMAW 3G PT. DLU, 2015  
- Instruktur SMAW 1-3G PT. Paiton

Dengan ini saya menyatakan bahwa data diri diatas adalah benar. Demikian tulisan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak manapun untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



## BIODATA PENULIS



Hamzah Abalfatah Alfauzi, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Solo 15 februari 1997 silam, Penulis merupakan anak keempat dari lima bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Ananda, kemudian melanjutkan ke SDIT Al-Hikmah, SMPN 98 Jakarta dan SMAN 38 Jakarta. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2015 melalui jalur Mandiri.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Hidrodinamika Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff event* UKM Bola Basket ITS 2016/2017 serta *staff* Perlengkapan SAMPAN ITS 2016/2017. Kemudian penulis menjadi ketua UKM Bola Basket ITS 2017/2018 dan Wakil Ketua SAMPAN ITS 2017/2018

Penulis tercatat pernah menjadi *grader* untuk mata Perencanaan Produksi Kapal

Email: [abal.fatah15@mhs.na.its.ac.id](mailto:abal.fatah15@mhs.na.its.ac.id)/[hamzah.alfauzi@gmail.com](mailto:hamzah.alfauzi@gmail.com)