

# ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS TRAINING PENGELASAN MENGUNAKAN WELDING SIMULATOR BERBASIS PEMROGRAMAN KOMPUTER SEBAGAI PENGGANTI ELEKTRODA KONVENSIONAL

Siti Fariya<sup>[1]</sup>, Triwilaswandio<sup>[2]</sup>

<sup>[1]</sup>Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

<sup>[2]</sup> Jurusan Teknik Perkapalan, ITS

[siti.fariya@yahoo.com](mailto:siti.fariya@yahoo.com)

## ABSTRAK

Biaya pelatihan pengelasan di Indonesia cukup tinggi yang disebabkan banyaknya jumlah elektroda dan spesimen baja yang digunakan pada saat pelatihan. Hal inilah yang mendasari ide untuk merancang suatu alat simulasi pengelasan (*welding simulator*) agar biaya pelatihan pengelasan dapat lebih ekonomis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis secara teknis dan ekonomis pelatihan pengelasan menggunakan *welding simulator* berbasis pemrograman komputer Wii Remote sebagai pengganti elektroda konvensional. Yang pertama dilakukan adalah observasi terhadap kegiatan pelatihan pengelasan, dari observasi tersebut bisa disimpulkan bahwa waktu yang paling lama dibutuhkan adalah pada saat pelatihan pelelehan elektroda. Yang kedua adalah melakukan perancangan alat *welding simulator* dengan menggunakan Wii remote untuk melatih gerakan tangan pada saat pelelehan elektroda. Yang ketiga adalah dilakukan percobaan pengelasan menggunakan alat ini dan didapat hasil sebagai berikut: 1) peserta training dapat melakukan proses pelatihan gerakan tangan ketika melakukan pelelehan elektroda, menyalakan busur las, dan gerakan mengelas secara lurus serta mengayun selama 4 hari. 2) jumlah biaya training yang dapat dikurangi ketika menggunakan *welding simulator* ini adalah sebesar 18%. Sejauh ini *welding simulator* berbasis wii\_remote dapat melatih gerakan tangan peserta tanpa mensimulasikan arus dan voltage.

**Kata kunci:** Pelatihan, Pengelasan, Simulator, *Wii Remote*

## PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan cara penyambungan logam yang paling efisien sehingga memainkan peranan kunci di dalam proses manufaktur dan produksi [1]. Untuk memperoleh sambungan las yang berkualitas dan memenuhi ketentuan standar diperlukan personel pengelasan yang berkualifikasi. Kualifikasi personel pengelasan secara umum dibagi menjadi *welder* atau *welding operator*, *welding inspector*, *welding supervisor*, dan *welding engineer*. Karena pengelasan melibatkan proses pencairan, proses metalurgi, dan proses pembekuan logam maka diperlukan pengetahuan yang mendalam untuk dapat menghasilkan sambungan las yang berkualitas dan memenuhi persyaratan dari segi kekuatan dan ekonomis. Dalam proses pembangunan kapal, pengelasan merupakan hal penting yang harus diperhatikan secara detail karena sangat berpengaruh pada kekuatan konstruksi kapal.

Profesi tukang las/ *welder* memegang peranan penting dalam proses pengelasan. Hampir semua industri fabrikasi dalam mengerjakan projectnya memerlukan personnel seperti welder, tak terkecuali pada proses pembangunan kapal. Pekerjaan ini didominasi oleh *welding*, sehingga peran seorang *welder* sangat menentukan dalam *progress project*, *cost*, dan *time delivery* kapal yang dikerjakan. Jika project dikerjakan oleh *welder* yang tidak berpengalaman atau memiliki *skill* yang rendah, maka kualitas konstruksi yang dihasilkan menjadi rendah serta akan terjadi pembengkakan biaya. Keahlian mengenai pengelasan sangatlah penting bagi welder yang terlibat dalam pembangunan kapal.

Untuk menjamin keberhasilan suatu *welding*, dalam proses pembangunan kapal seorang tukang las harus menjalani *welder test/ welder qualification*. 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 training pengelasan di Indonesia yang sangat mahal.

Pada umumnya, faktor utama penyebab mahalnya biaya training adalah jumlah kawat elektroda dan spesimen plat baja yang dipakai pada saat latihan pengelasan. Sebagian dari biaya training dikeluarkan hanya untuk melakukan percobaan pengelasan, yang pada akhirnya terbuang percuma. Sehingga banyak pelaku pengelasan kurang berminat untuk mengikuti training pengelasan. Padahal training ini sangat penting dilakukan untuk meningkatkan kompetensi insan pengelasan Indonesia dalam bidang industri manufaktur dan fabrikasi.

Hal inilah yang mendasari ide untuk merencanakan dan merancang suatu desain alat simulator pengelasan dengan harga yang lebih ekonomis dengan menggunakan teknologi yang ada. Alat simulator ini menggunakan sistem WII remote berbasis sensor gerakan tangan manusia. Diharapkan alat simulator ini dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk membeli elektroda dan spesimen sehingga biaya training pengelasan menjadi lebih murah.

## TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan langkah pengerjaan penelitian ini.

### A. Pengelasan

Pengelasan merupakan penyambungan dua bahan atau lebih yang didasarkan pada prinsip-prinsip proses difusi, sehingga terjadi penyatuan bagian bahan yang disambung. Kelebihan sambungan las adalah konstruksi ringan, dapat menahan kekuatan yang tinggi, mudah pelaksanaannya, serta cukup ekonomis. Berdasarkan klasifikasi cara kerja, pengelasan dibagi menjadi tiga kelas utama yaitu [2]:

1. Pengelasan cair, cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar
2. Pengelasan tekan, cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
3. Pematrian, cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah

Salah satu jenis pengelasan adalah pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) dikenal juga dengan istilah Manual Metal Arc Welding ( **MMAW** ) atau Las elektroda terbungkus adalah suatu proses penyambungan dua keping logam atau lebih, menjadi suatu sambungan yang tetap, dengan menggunakan sumber panas listrik dan bahan tambah/pengisi berupa elektroda terbungkus.

Parameter pengelasan SMAW adalah :

1. Panjang busur (Arc Length)  
Yang dianggap baik lebih kurang sama dengan elektrode yang digunakan.
2. Tegangan (Voltage)  
Tegangan pengelasan akan menentukan bentuk fusi dan reinforcement. Pertambahan tegangan akan membuat lebar las bertambah rata, lebar dan penggunaan Fluksnya bertambah besar pula. Tegangan yang terlalu tinggi akan merusak penutupan logam las oleh cairan Fluks yang dapat memberikan peluang udara luar berhubungan dan menyebabkan terjadinya porositas.
3. Arus Listrik  
Penggunaan arus yang terlalu tinggi akan menyebabkan penetrasi atau fusi terlalu besar yang kadang-kadang menyebabkan jebolnya sambungan las dan daerah terpengaruh panas akan lebih besar juga. Bila penggunaan arus terlalu kecil akan menyebabkan penetrasi dangkal.
4. Kecepatan Pengelasan  
Kecepatan pengelasan adalah suatu variasi yang sangat penting dalam proses SMAW karena akan menentukan jumlah produk pengelasan dan metallurgi lasnya. Penambahan

kecepatan pengelasan pada sambungan fillet mempersingkat waktu, tetapi pada pengelasan sambungan tumpul yang beralur hanya kecil mempersingkat waktu.

Macam-macam posisi pengelasan :

Sambungan tumpul untuk pelat

- 1G (Posisi bawah tangan)
- 2G (Posisi mendatar/ horizontal)
- 3G (Posisi tegak/ vertical)
- 4G (*Overhead*)

Sambungan sudut untuk pelat

- 1F (Posisi bawah tangan)
- 2F (Posisi mendatar/ horizontal)
- 3F (Posisi tegak/ vertical)
- 4F (*Overhead*)

Sambungan tumpul pipa

- 1G (Posisi bawah tangan)
- 2G (Posisi mendatar/ horizontal)
- 5G (Posisi bawah tangan, tegak dan atas kepala, sumbu pipa mendatar)
- 6G (bawah tangan, tegak dan atas kepala, sumbu pipa miring 45<sup>0</sup>)

## B. Training Pengelasan bagi Welder

Pelatihan / training pengelasan adalah suatu usaha yang terencana untuk memfasilitasi pembelajaran tentang pengelasan yang berkaitan dengan pengetahuan dan keahlian. Menurut [3]:

- (1) Juru las dianggap trampil apabila telah menempuh ujian las dengan hasil memuaskan dan mempunyai sertifikat juru las.
- (2) Juru las tersebut dianggap tidak trampil apabila selama 6 (enam) bulan terus menerus tidak melakukan pekerjaan las sesuai dengan yang tercantum dalam sertifikat juru las.

Sertifikasi juru las menjadi suatu hal yang wajib dengan adanya peraturan tersebut. Oleh karena itu diperlukan peningkatan *skill* juru las melalui training pengelasan. Berdasarkan sertifikasinya, juru las dibagi menjadi beberapa golongan seperti yang terlihat pada tabel 1 berikut :

Tabel 1: Penggolongan juru las

No	Golongan	Keahlian minimum yang harus dimiliki
1	Juru Las kelas I	1G, 2G, 3G, 4G,5G, dan 6G
2	Juru Las kelas II	1G, 2G, 3G dan 4G
3	Juru Las kelas III	1G dan 2G

## C. Teknologi Welding Simulator

Wii remote

Simulator pengelasan dapat dirancang dengan teknologi wiimote dengan mengintegrasikan :

1. *wii remote* :

yaitu pengontrol utama untuk konsol [Nintendo Wii](#). Fitur utama dari Wii Remote merupakan sensor gerak , yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dan memanipulasi benda-benda yang terdapat pada layar melalui pendeteksi gerak and penunjuk dengan menggunakan teknologi *accelerometer* dan sensor optic

2. *Glove pie* :

perangkat lunak yang akan menghubungkan wiimote dengan perangkat computer.

3. *Microsoft Visual Studio 2010* :

untuk mengembangkan aplikasi dalam *native code* (dalam bentuk bahasa mesin yang berjalan di atas windows, sebagai visualisasi gerakan elektroda.

#### Kinect System

Kinect adalah teknologi yang memungkinkan sebuah perangkat mendeteksi gerakan pengguna lewat kamera dan melaksanakan perintah sesuai dengan gerakan tersebut. Salah satu alat yang menerapkan teknologi ini adalah sensor gerak Xbox Kinect dari Microsoft, yang memungkinkan penggunaanya mengontrol game atau aplikasi hanya dengan menggerak-gerakkan bagian tubuh tanpa benar-benar menyentuh perangkat secara fisik.

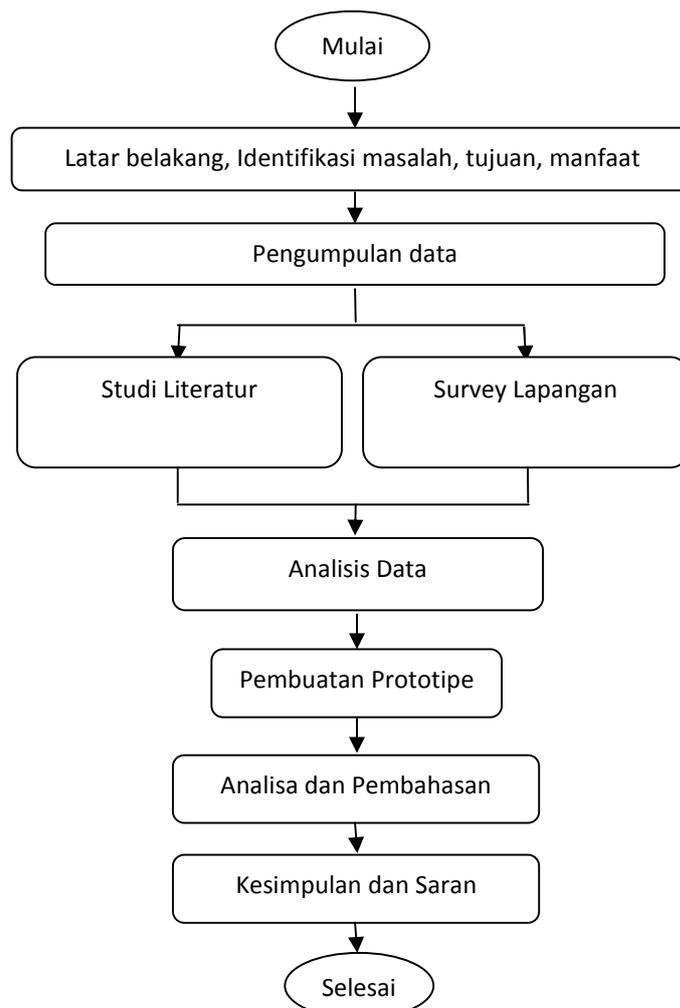
#### Sensor LED optical

Sensor optical adalah sensor menggunakan sensor cahaya serta lampu LED merah di bawahnya sebagai pencahaya. Sensor ini mampu menangkap gambar dengan kecepatan 1500 frame per detik sampai 7000 frame per detik. Dengan kecepatan mencapai 45 inci per detik dengan resolusi 2000 count per inci (cpi). Sensor ini dinyatakan memiliki nilai presisi yang lebih baik daripada sensor mekanik

## METODE PENELITIAN

Penelitian saat ini menggunakan analisis perbandingan teknis dan ekonomis proses training pengelasan menggunakan metode konvensional dan metode wii remote, sehingga bisa kita ketahui efisiensi dari penggunaan wii mote.

Berikut ini adalah tahapan untuk dilakukannya penelitian ini :



## Gambar 1. Diagram Penelitian

Berikut akan diuraikan mengenai langkah – langkah dalam penelitian agar proses penelitian tidak menyimpang dari sasaran yang akan dicapai.

### 1. Tahap Identifikasi

Tahap identifikasi merupakan langkah awal dalam proses pengerjaan Tugas Akhir. Dalam tahap ini langkah penelitian dimulai dengan mengidentifikasi an merumuskan masalah yang akan diteliti, kemudian menentukan tujuan dari penelitian ini. Tahap ini dilanjutkan dengan mengadakan studi literatur mengenai teori-teori pendukung dan studi lapangan terhadap perusahaan yang akan diteliti.

### 2. Perumusan Masalah

Pada tahap ini ditentukan topik penelitian serta pokok permasalahan yang akan diangkat dan diteleti. Hal ini bermaksud agar penelitian dapat terfokus pada masalah yang akan diteliti.

### 3. Penentuan Tujuan Penelitian

Setelah menentukan masalah yang akan diteleti, ditentukan juga tujuan dari penelitian yang akan dilakukan, agar penelitian tetap terfokus pada pencapaian tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

### 4. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahap penelusuran literatur ataupun teori – teori yang berhubungan dengan permasalahan dan metode-metode yang akan dibahas dalam penelitian ini. Literatur dapat bersumber dari buku, jurnal maupun penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan referensi yang berhubungan dengan training pengelasan.

### 5. Survey Lapangan

Survey lapangan dilakukan dengan melihat dan mempelajari secara langsung pekerjaan reparasi, proses bisnis yang terdapat dalam perusahaan serta pengumpulan data yang terkait untuk pengerjaan tugas akhir, meliputi :

1. Training Pengelasan  
Mengumpulkan data-data macam-macam training welder, sillabus dan materi training yang ada.
2. Teknik Pengelasan SMAW  
Mengumpulkan data tentang pengelasan SMAW: standar pengelasan, gerakan tangan, dan faktor yang mempengaruhi.
3. Biaya Training Pengelasan  
Mengumpulkan data biaya yang dibutuhkan dalam training pengelasan.
4. Peralatan Kerja  
Mengumpulkan data macam-macam alat kerja dan bahan yang dibutuhkan dalam training pengelasan.
5. Material Consumable  
Mengumpulkan data kebutuhan consumable yang dapat digunakan sebagai

## 6. Analisis Data

1. Mengidentifikasi peralatan kerja dan bahan yang dibutuhkan dalam Training pengelasan dan dihitung nilai pengadaan dari peralatan kerja yang dibutuhkan untuk menunjang training tersebut
2. Mengidentifikasi material consumable yang dibutuhkan dalam training pengelasan serta dihitung nilai pengadaan dari material consumable sebagai dukungan yang berkesinambungan.
3. Mengidentifikasi sillabus dan materi dari training pengelasan yang akan disesuaikan dengan training yang menggunakan welding simulator.
4. Mengidentifikasi pengelasan SMAW: standar pengelasan, gerakan tangan, dan faktor yang mempengaruhi

## 7. Analisa Teknis dan Ekonomis Training Pengelasan

Data – data yang diperoleh dilapangan selanjutnya diolah untuk menganalisa secara teknis dan ekonomis. Data pertama berupa data teknis training pengelasan konvensional yang didapat, selanjutnya dianalisa bagaimana penerapan teknis welding simulator pada training pengelasan. Data yang kedua adalah berupa data biaya-biaya yang dikeluarkan dalam training pengelasan, selanjutnya dianalisa seberapa banyak jumlah biaya training pengelasan konvensional yang bisa dikurangi jika menggunakan metode training berbasis welding simulator.

## 8. Kesimpulan dan Saran

Langkah terakhir dari penelitian ini adalah membuat kesimpulan dari analisa teknis ekonomis training pengelasan dengan menggunakan Welding Simulator.

# ANALISA DAN PEMBAHASAN

## 1. Kondisi training pengelasan

Training pengelasan bertujuan untuk memberikan pengetahuan dan ketrampilan bagi welder dalam bidang pengelasan, diharapkan dengan adanya training ini dapat menciptakan tenaga kerja pengelasan yang lebih profesional. Kemajuan teknik dan teknologi khususnya dalam bidang kontruksi las, menjadi alasan utama diperlukannya tingkat ketrampilan juru las yang memadai, oleh karenanya pemerintah mengeluarkan peraturan Menteri tentang kualifikasi Juru Las di tempat kerja [4].

Terdapat berbagai macam lembaga penyelenggara training pengelasan di Indonesia. Salah satunya adalah API (Asosiasi Pengelasan Indonesia), Depnaker RI (Departemen Tenaga Kerja Republik Indonesia) dan lembaga-lembaga lainnya. Selain itu, di perusahaan-perusahaan besar dimana pengelasan menjadi bagian penting didalam pada umumnya terdapat divisi khusus yang menangani training pengelasan untuk para juru lasnya, dan biasanya juga dibuka untuk pihak luar yang ingin mengadakan training di perusahaan tersebut.

Hal yang dilakukan setelah menerima permintaan pelatihan pengelasan dari luar adalah mengidentifikasi jenis pelatihan pengelasan yang sesuai dan membuat kurikulum atau sillabusnya. Silabus adalah rencana pembelajaran pengelasan yang mencakup standar kompetensi, kompetensi dasar, materi pokok / pembelajaran. Training pengelasan bagi welder meliputi 2 hal, yaitu teori dan paktek. Untuk materi teori berupa [5]:

1. Menerapkan keselamatan dan kesehatan kerja serta lingkungan hidup
2. Menerapkan sistem mutu
3. Membaca gambar teknik dan simbol las
4. Pemeriksaan dan pengujian hasil las
5. Mengenal karakteristik penggunaan bahan

6. Memotong bahan menggunakan gas (gas cutting)
7. Proses pengelasan secara umum
8. Proses Pengelasan SMAW

Untuk praktek meliputi :

1. Memotong dengan gas (cuting)
2. Pelelehan dan penyalaan busur
3. Mengelas posisi 1G
4. Mengelas posisi 2G
5. Mengelas posisi 3G

## 2. Pembuatan Prototype welding simulator

Prototype ini kami beri nama *Wii\_Weld*, karena pembuatan prototype welding simulator ini menggunakan teknologi wii mote sebagai alat sensor gerak utamanya. Tentunya wii mote ini tidak berdiri sendiri, tetapi juga didukung oleh software dan spesimen yang kami rancang sebagai *supporting system*nya. Secara umum, prototype ini terdiri atas 3 bagian penting :

### 1. *Wii\_holder*

Sebagai sensor gerak utama yang menggantikan fungsi dari elektroda holder. Wii mote ini divisualisasikan sesuai dengan elektroda holder yang sebenarnya, baik dari segi bentuk, fungsi, maupun dimensi.

### 2. *Wii\_weld software*

Merupakan program yang menampilkan visualisasi rekaman gerakan tangan peserta training pengelasan. Pembuatan software ini menggunakan program microsoft visual studio 2010 IDE (Integrated Development Enviroment).

### 3. *Spesimen*

Merupakan potongan dari lembaran acrylic yang menyerupai plat baja dan berfungsi sebagai simulasi obyek welding. Dilengkapi sensor yang terbuat dari LED yang berjajar secara horizontal

Ketiga komponen tersebut kemudian dirangkai menjadi sebuah prototype welding simulator yang berfungsi untuk melatih gerakan tangan peserta training pengelasan.

### Spesifikasi welding simulator :

#### Software Requirements (Aplikasi wii\_weld)

1. Operating system : Windows Vista, Windows 7
2. Java Environment : Oracle JRE 6.0 or higher

#### Hardware Requirements

1. *Wii\_holder* (Menggunakan teknologi wii mote)
2. Spesimen acrylic (10 x 20)
3. USB 2.0 or newer

Serangkaian software dan hardware tersebut disusun menjadi sebuah alat simulator pengelasan seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1 : Seperangkat wii\_WELD

### 3. Analisa Teknis

Secara teknis, wii\_WELD dapat menggantikan fungsi elektroda dan spesimen plat baja dalam hal pelatihan dan penyesuaian gerakan tangan ketika akan mengelas. Pada proses pelelehan elektroda hal penting yang perlu diperhatikan adalah gerakan tangan welder. Posisi tangan haruslah rileks ketika memegang elektroda holder. Karena gerakan tangan akan sangat berpengaruh kepada hasil las-lasan. Pada proses pelatihan pelelehan ini dapat disimulasikan dengan menggunakan welding simulator berbasis wii mote (Wii\_weld). Wii\_weld dapat digunakan sebagai alat untuk melatih gerakan tangan pada saat melakukan pelelehan elektroda posisi mendatar pada paktek training pengelasan.

Secara teknis, penggunaan wii\_WELD pada training pengelasan dapat mengurangi *consumable* sebagai berikut :

1. Elektroda
2. Spesimen baja
3. Penggunaan listrik
4. Sewa mesin las

Secara umum bisa dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Jumlah *consumable* yang bisa dikurangi

<b>Consumable</b>	<b>Jumlah yang di reduce</b>
Elektroda	5 kilogram
Pelat Baja	Pelat baja 20 x 10 cm. tebal 9 mm sebanyak 25 buah
Listrik	40 jam
Sewa mesin las	5 hari

### 4. Analisa Ekonomis

Analisis ekonomis untuk membandingkan biaya training pengelasan konvensional dengan training pengelasan menggunakan wii\_weld. Pada bab sebelumnya telah dibahas mengenai biaya-biaya yang di keluarkan dalam training pengelasan konvensional di suatu perusahaan X, selanjutnya pada bagian ini kita akan menghitung biaya yang dikeluarkan training pengelasan jika menggunakan wii\_weld, lalu akan dianalisa seberapa banyak jumlah biaya yang bisa dikurangi. Pengurangan biaya *consumable* ada pada tabel 3 berikut :

Tabel 3. Pengurangan biaya training

<b>Training Konvensional</b>		<b>Training dengan wii_weld</b>		<b>Pengurangan biaya</b>
Elektroda	350.000	Elektroda	225.000	125.000
Plat Baja	2.386.800	Plat Baja	1.263.600	1.123.200
Listrik	159.000	Listrik	112.500	46.500
Sewa Mesin Las	9.520.000	Sewa Mesin las	6.720.000	2.800.000

Dengan perhitungan diatas maka di dapat perbandingan antara biaya training pengelasan konvensional dengan training pengelasan menggunakan wii\_weld yang ada pada tabel 4 berikut :

Tabel 4. Perbandingan Biaya

<b>Training Konvensional</b>		<b>Training dengan wii_weld</b>	
Biaya material langsung	51.532.800	Biaya material	30.877.140

		langsung	
Biaya tenaga kerja	15.120.000	Biaya tenaga kerja	15.120.000
Biaya lain-lain	63.520.000	Biaya lain-lain	60.720.000
<b>TOTAL</b>	<b>130.172.800</b>	<b>TOTAL</b>	<b>106.717.140</b>
Jumlah biaya yang ter-reduce			
$130.172.800 - 106.717.140 = 23.455.660$			
18% dari total biaya training			

## KESEMIPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Teknologi Wii mote dapat dikembangkan sebagai welding simulator untuk menggantikan elektroda konvensional pada training pengelasan untuk welder.
2. Welding simulator berbasis wii mote (Wii\_weld) sistem dapat digunakan sebagai alat untuk melatih gerakan tangan pada saat melakukan pelelehan elektroda posisi mendatar pada paktek training pengelasan.
3. Jumlah biaya training yang dapat dikurangi ketika menggunakan welding simulator ini adalah 18% dengan rincian sebagai berikut (Asumsi peserta training 16 orang) :

### Training Konvensional :

-Biaya material langsung	= Rp. 51.532.800
-Biaya tenaga kerja	= Rp. 15.120.000
-Biaya lain-lain	= Rp. 63.520.000
<b>TOTAL</b>	<b>= Rp. 130.172.800</b>

### Training dengan wii\_WELD :

-Biaya material langsung	= Rp. 30.877.140
-Biaya tenaga kerja	= Rp. 15.120.000
-Biaya lain-lain	= Rp. 60.720.000
<b>TOTAL</b>	<b>= Rp. 106.717.140</b>

Jumlah biaya yang dikurangi sebanyak :

$$130.172.800 - 106.717.140 = 23.455.660$$

18% dari total biaya training

Total biaya yang digunakan untuk membuat welding simulator berbasis wii mote (Wii\_weld) Lengkap dengan PC.nya adalah Rp **6.484.000**

## DAFTAR PUSTAKA

- [ 1 ] Sunaryo, Heri. 2008. *Teknik Pengelasan jilid 1*, Surabaya: Departemen Pendidikan Nasional.
- [ 2 ] Sunaryo, Heri. 2008. *Teknik Pengelasan jilid 2*, Surabaya: Departemen Pendidikan Nasional.
- [ 3 ] Peraturan Menteri Nomor 02 Tahun 1982. *kualifikasi juru las* 8. Juli 1982.
- [ 4 ] Djamiko, Dwi. 2012. *Modul Teori Pengelasan Logam*. Yogyakarta : UNY
- [ 5 ] *Modul Pelatihan Las SMAW*. Jakarta : DEPNAKER RI. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang

*Halaman ini sengaja dikosongkan*