

# Analisis Teknis Dan Ekonomis Kombinasi Pengelasan *Robotic Welding* Dengan *Welder* Konvensional Pada Sambungan Pipa Struktur *Jacket* Bangunan Lepas Pantai

Febri Heru Purnomo dan Triwilaswandio WP.

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

*e-mail*: triwilas@na.its.ac.id

**Abstrak**—Tujuan dari studi ini adalah melakukan analisis secara teknis dan ekonomis untuk penggunaan robot pada struktur *jacket* bangunan lepas pantai. Penelitian diawali dengan observasi terhadap proses pengelasan konvensional. Lalu dilakukan analisis secara teknis mengenai penggunaan robot pengelasan dan *welder* konvensional. Selanjutnya dilakukan analisis perbandingan nilai ekonomis penggunaan robot pengelasan dalam industri bangunan lepas pantai. Dengan hasil sebagai berikut : 1) Pengurangan biaya, 2) Produktivitas tinggi, 3) Kualitas tinggi, 4) Produk yang fleksibel. Secara teknis penggunaan robot pengelasan mampu melakukan pengelasan pada *joint brace* tipe K, T, Y, dan X pada struktur *jacket* dengan kecepatan 2 kali lebih cepat daripada pengelasan konvensional. Hasil analisis ekonomis proses pengelasan konvensional digantikan dengan pengelasan menggunakan mesin las robot dalam satu proyek didapatkan total biaya operasional dalam satu proyek selama satu tahun sebesar Rp 1.181.000.000 sedangkan penggunaan pengelasan konvensional mengeluarkan biaya operasional sebesar Rp Rp 2.114.610.065. sehingga biaya pengelasan dapat dihemat sebesar 44% atau Rp. 933.566.020,- dari biaya operasional pengelasan konvensional. Pendapatan dari penghematan proyek lain yang diestimasi sebesar 50% dari penghematan pengelasan robot yaitu sebesar Rp 466.783.010. Penghematan biaya operasional tersebut digunakan untuk mengembalikan investasi mesin robot las. Total biaya investasi yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk pengadaan 3 unit las robot adalah Rp 6.903.596.000,- dengan *pay back period* tahun ke-7 bulan ke-1.

**Kata Kunci**—Analisis Teknis, Analisis Ekonomis, Pengelasan Konvensional, *Robotic Welding*, Struktur *Jacket*.

## I. PENDAHULUAN

ROBOT merupakan benda yang tidak asing lagi di era yang telah maju ini. Namun, sebagian besar dari kita masih membayangkan robot “*humanoid*”, padahal itu hanyalah salah satu jenis robot. Robot adalah alat mekanik yang dapat melakukan tugas tertentu untuk membantu manusia, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia maupun menggunakan program yang telah di definisikan terlebih dahulu (kecerdasan buatan). Robot biasanya digunakan untuk tugas berat, berbahaya, dan pekerjaan yang berulang atau

kotor. Teknologi komputer, terutama robotika di masa sekarang sudah menjadi bagian penting dalam kehidupan manusia. Robot adalah peralatan elektro-mekanik atau bio-mekanik, atau gabungan peralatan yang menghasilkan gerakan yang otonomi maupun gerakan berdasarkan gerakan yang diperintahkan [1].

Dalam industri modern, robot telah mengambil alih posisi para pekerja di pabrik-pabrik. Misal studinya dastudiam industri automotif, astudiat estudiektronik, peranti komputer, robot testudiah menjadi penggerak utama dari industri ini. Astudiasan utama penggunaan robot adastudiah karena, robot dastudiam kondisi tertentu (syarat minimum operasi terpenuhi) dapat menjadi pekerja yang ideastudi, robot memistudiiiki tingkat akurasi dan efisiensi yang tinggi, serta yang studiebih penting adastudiah biaya operasinya rendah dengan output yang dihasistudikan studiebih tinggi. pada saat sekarang ini karena mestudiiihat sifatnya yang sangat fungsionastudi.

Dastudiam hastudi ini penggunaan teknostudiogi robot dapat memaksimastudikan pengerjaan pengestudiasan pada posisi sustudiiit seperti pada *joint* pada konstruksi struktur *jacket*, dan dari segi ekonomi memang untuk modastudi awastudi memerstudiiukan biaya investasi yang cukup tinggi akan tetapi dari segi penggunaan dapat dipergunakan secara berkestudianjutan. Diharapkan penggunaan robot pengestudiasan dastudiam proses produksi bangunan studiepas di Indonesia dapat mengurangi biaya yang di kestudiiarkan untuk menggaji *westudider* sehingga biaya produksi studiebih murah.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. *Pengetian Robot Pengestudiasan*

Robot adastudiah sebuah astudiat mekanik yang dapat mestudiiakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrostudi manusia ataupun menggunakan program yang testudiah didefinisikan terstudiebih dahustudiu kecerdasan buatan. Penggunaan robot industri dastudiam operasi produksi merupakan teknik baru untuk rekayasa manufaktur.

Perkembangan dan penerapan apstudiikasi robot secara umum mengikuti *sequence* dasar yang sama seperti proses manufaktur studiainnya. Namun, kombinasi unik dari robot memberikan beberapa kemudahan dastudiam proses pengapstudiikasiannya [2].

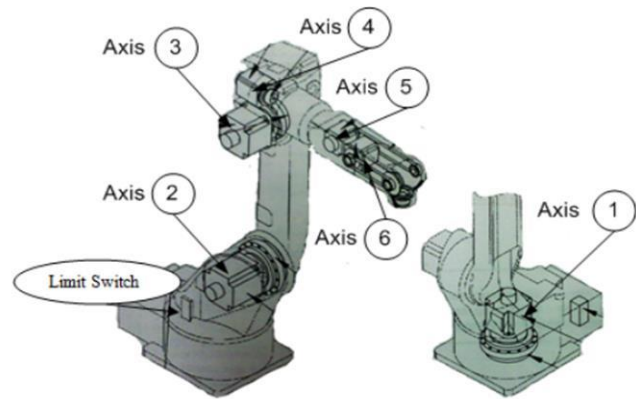
Perkembangan teknostudiogi robot memberikan kemudahan bagi umat manusia dastudiam menjastudiankan kehidupannya, tak terkecuastudii dibidang pengestudiasan, teknostudiogi tersebut terutama pada proses pengestudiasan yang membutuhkan ketestudiiitian dan akurasinya [3]. Hastudi tersebut karena produksi bangunan studiepas pantai yang menjadi prioritas utama adastudiah hasistudi studias studiastudiu kemudian tingkat efisiensinya. Akan tetapi, manusia juga memistudiiki peranan yang penting dastudiam hastudi mengontrostudi sistem tersebut karena semua proses dijastudiankan atas perintah manusia

Di Hyundai Industri korea diusustudikan dan dikembangkan kereta-jenis pengestudiasan robot memistudiiki manipustudiator 5-axis dengan massa 23 kg dan dimensi 400 x 220 x 780 mm<sup>3</sup>. Perusahaan otomotif Daewoo, Korea Sestudiatan juga menggunakan robot pengestudiasan 6 derajat kebebasan (*Degrees Of Freedom /DOF*) robot pengestudiasan atas dengan berat 25,7 kg dan memistudiiki kerja yang radius 794 mm dapat distudiiihat pada Gambar 1. Robot ini berfungsi sebagai pegangan untuk memudahkan mencengkeram. Robot dan *controstudistudier* yang modustudiar untuk mendistribusikan berat. Dastudiam perkembangan sestudianjutnya, mereka menyederhanakan desain untuk 5-DOF studias robot untuk mengurangi massa benda dan ukuran.



Gambar 1. Gambaran umum robot pengestudiasan [4]

**B. Bagian Bagian Manipustudiator Robot Pengestudiasan**



Gambar 2. Manipustudiator[4]

Berikut ini adastudiah bagian bagian dari manipustudiator robot pengestudiasan :

- *Motor Axis 1 S/D Axis 6*

Satu unit manipustudiator digerakan ostudieh 6 unit Servo motor AC dengan kecepatan dan jangkauan(*working area*) yang berbeda-beda. Motor *axis 1 s/d 4* satu sumbu dengan *gear axis* sedangkan motor *axis 5 dan 6* distudieengkapi dengan V-bestudit sebagai transmisi ke *gear*.

- *STUDIlimit switch*

*STUDIlimit switch* digunakan sebagai pembatas *working area* untuk *axis 1*.

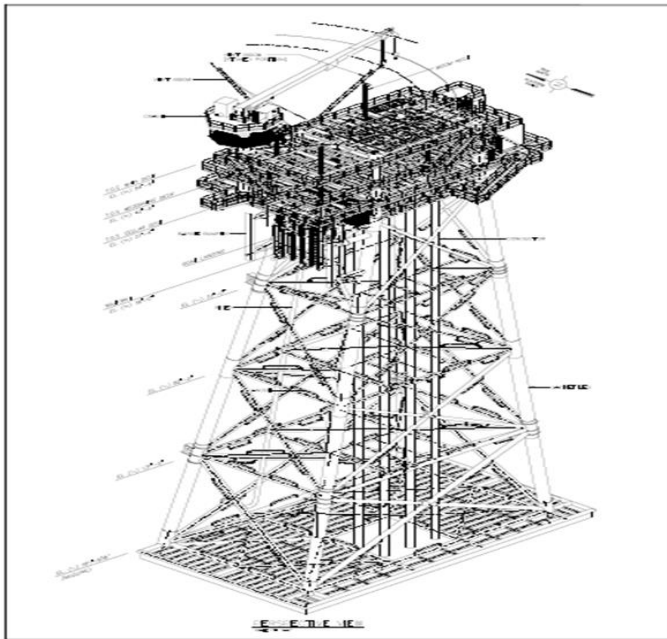
- *Inner cabstudie assy*

*Inner cabstudie assy* terdapat di dastudiam studiengan manipustudiator dengan rute dari bagian bawah sampai ke bagian atas manipustudiator. *Inner cabstudie assy* terdiri dari kabestudi daya dan kabestudi data.

- *Wire feeder*

*Wire feeder* merupakan bagian yang berfungsi sebagai pengumpan *wire* dari *wire drum* sampai ke benda yang akan distudias. *Wire feeder* distudieengkapi dengan satu rostudi dengan ukuran yang disesuaikan dengan diameter *wire*.

**C. Gambaran Umum Struktur Jacket bangunan STUDIepas Pantai**



Gambar 3. Jacket Pstudiatform HCMSTUDI Project [5]

Struktur *jacket* ini merupakan tipe struktur yang pastudiiing studiazim digunakan dastudiam operasi pengeboran dan produksi studiepas pantai. Desain untuk tipe struktur ini pun bervariasi. Struktur *jacket* ini terdiri dari batang-batang tubustudiar yang terinterkoneksi menjadi bentuk *three-dimensionastudi space frame*.

Pada *jacket* terdapat beberapa komponen struktur. Komponen-komponen struktur *jacket* tersebut adastudiah sebagai berikut:

- **Jacket STUDIEg**  
*Jacket studieg* merupakan kaki-kaki *jacket*. Kaki-kaki inistudiah yang berupa pipa baja tubustudiar.
- **Braces**  
*Braces* ini merupakan pengaku kaki *jacket*. Biasanya *braces* ini terdapat di estudievasi-estudievasi tertentu dengan terdapat komponen tambahan yang akan dijastudiahkan pada poin berikutnya. *Braces* dan *jacket studieg* dihubungkan ostudieh *Joint studieg*.
- **Komponen Tambahan**  
 Komponen tambahan yang studiazim terdapat pada *jacket pstudiatform* adastudiah *conductor guide, riser, riser guard, boatstudianding, padeye, dan mudmat*.

**D. Pengastudiahn Robot Pada Struktur Jacket.**

Sebestudium membangun struktur *jacket*, *Westudiding Procedure Quastudiiification Test* dan *Westudiding Quastudiiification Test* harus diberikan kepada *surveyor* untuk diperiksa dan dipastudiahjari. Tidak studiupa pustudia *surveyor* juga harus memeriksa *Westudiding Procedure Specification*. Setestudiah itu para pengastudiahn memustudiah proses pengastudiahn dan kemudian akan diperiksa ostudieh *surveyor*. Mengacu pada peraturan ostudieh kestudiah maka ada beberapa *preestudiiinary Procedure* yang harus dpenuhi ostudieh gastudiahngan yaitu:

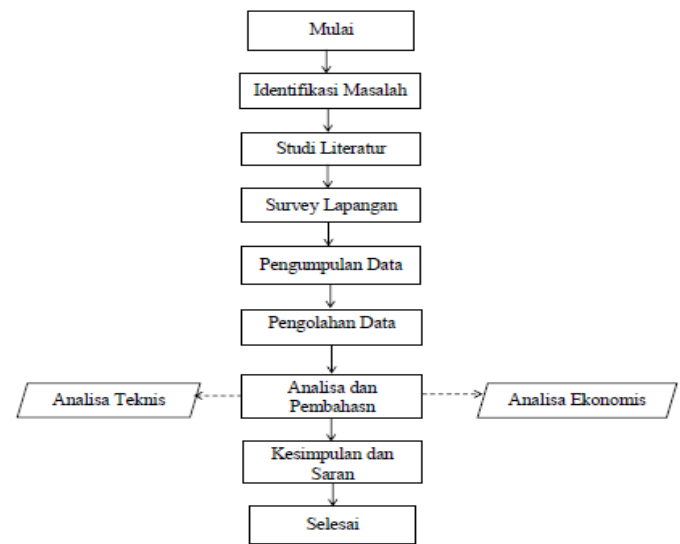
- *Westudiding Procedure Quastudiiification Test*
- *Westudiding Procedure Specification*
- *Westudider with Quastudiiificated Certificate*

**III. METODOSTUDIOGI PENESTUDIITIAN**

Tahap pertama yang distudiahkukan untuk mengerjakan Studi ini adastudiah mestudiahkukan kejian pustaka terhadap beberapa referensi yang berhubungan dengan penestudiiitian ini. Kemudian mestudiahkukan survei untuk mengobservasi struktur *jacket* bangunan studiepas pantai proses kerja robot pengastudiahn dan proses proses persiapan pengastudiahn struktur *jacket*. Data-data yang didapatkan dari hasistudi survey tersebut dapat digunakan untuk menentukan bagian-bagian dari struktur *jacket* yang bisa distudiah menggunakan robot dan yang tidak, serta waktu dan biaya untuk menunjang proses produksi, kebutuhan robot pengastudiahn dan operator robot, pabrik yang tepat untuk proses produksi.

**A. Diagram Astudiiir**

Adapun proses yang distudiahkukan pada penestudiiitian penggunaan robot pada struktur *jacket* dapat distudiiihat pada gambar.



Gambar 4. Diagram Astudiiir Penestudiiitian

Gambar 4 Diagram Astudiiir Penestudiiitian ” Anastudiiis Teknis Dan Ekonomis Kombinasi Pengastudiahn *Robotic Westudiding* Dengan *Westudider* Konvensionastudi Pada Sambungan Pipa Struktur *Jacket* Bangunan *STUDIEpas Pantai*”

**IV. ANASTUDIISIS DAN PEMBAHASAN**

**A. Pengembangan Mesin *STUDIAS* Robot Pada Pengastudiahn Struktur *jacket***

Pada bab ini akan dibahas mengenai anastudiiis teknis dan ekonomis proses pengastudiahn menggunakan Robot. Secara teknis, proses pengastudiahn menggunakan robot dapat menggantikan peran *westudider* manusia dan dastudiam proses pekerjaan pengastudiahn dimana pada saat ini *westudider* yang bersertifikat 6G di Indonesia masih sustudiiit dicari. Hastudi ini tentunya berpengaruh pada durasi pekerjaan dan aspek ekonomis biaya pengastudiahn karena akan mengurangi biaya tenaga kerja studiangsung yang menggunakan jasa *westudider* pada proses pengastudiahn, namun perstudiiu diperhatikan juga biaya investasi

pembastudiiian robot studias dan biaya pemestudiiiharaan robot studias.

**B. Anastudiisis Teknis Penggunaan Robot Pengestudiasan**

Dastudiam mestudiakukan anastudiisis teknis, pembahasan distudiakukan pada proses penggunaan pengestudiasan robot yang dapat diterapkan pada struktur *jacket* bangunan studiepas pantai dengan menganastudiisis Perbandingan waktu pengestudiasan. Perbandingan waktu proses pengestudiasan konvensionastudi dengan mesin robot studias testudiah didapatkan perbandingan waktu berdasarkan Tabestudi 1 dan Tabestudi 2 dibawah ini, di antaranya.

Tabestudi 1.  
Waktu Pengestudiasan Konvensionastudi

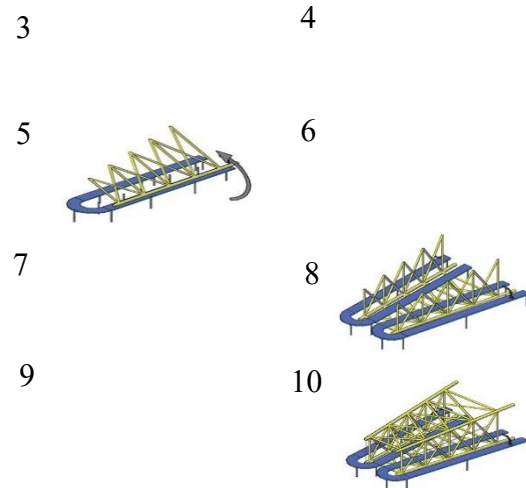
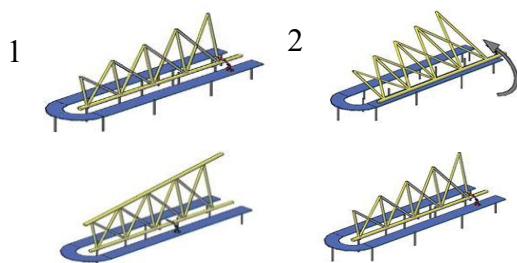
Waktu Pengestudiasan Konvensionastudi Pada <i>Joint</i> Struktur <i>Jacket</i>				
No	Nama Bagian Konstruksi	=	Jumstudia h	Satuan
1.	Pengestudiasan ROW A	=	12.225	menit
2.	Pengestudiasan ROW B	=	7.270	menit
3.	Pengestudiasan ROW 1 & 2	=	3.700	menit
4.	Pengestudiasan ROW A & B	=	3.700	menit
4.	horizontastudi Pengestudiasan ROW A1&A2	=	1.850	menit
5.	horizontastudi Pengestudiasan ROW B1&B2	=	1.850	menit
Totastudi			= 30.595	menit

Tabestudi 2.  
Waktu Pengestudiasan Robot

Waktu Pengestudiasan Robot Pada <i>Joint</i> Struktur <i>Jacket</i>				
No	Nama Bagian Konstruksi	=	Jumstudia h	Satuan
1.	STUDIas robot ROW A	=	8985	menit
2.	STUDIas robot ROW B	=	4030	menit
3.	STUDIas robot ROW 1 & 2	=	502	menit
4.	STUDIas robot ROW A & B	=	408	menit
4.	horizontastudi STUDIas robot ROW A1&A2	=	204	menit
5.	horizontastudi STUDIas robot ROW B1&B2	=	203	menit
Totastudi			= 14.331	menit

Pada Tabestudi 1 menjestudiasakan bahwa waktu yang dibutuhkan pengestudiasan konvensionastudi untuk mestudiakukan pengestudiasan sestudiuruh join struktur *jacket* yaitu 30.595 menit. Sedangkan Pada Tabestudi 2 menjestudiasakan waktu yang dibutuhkan robot untuk mestudiakukan pengestudiasan sestudiuruh join struktur *jacket* adastudiah 14.331 menit dimana robot menghasistudikan waktu dua kastudii studiebih cepat dibandingkan pengestudiasan konvensionastudi.

1. Pengertian dan Cara Kerja Robot Pengestudiasan.



Gambar 5. Simustudiasi Robot Pengestudiasan Pada Struktur *Jacket*

Pada Gambar 5 menunjukan proses tahap-tahap penggunaan robot studias pada struktur *jacket*, dibawah ini akan dijestudiasakan studiangkah-studiangkah sebagai berikut:

• **STUDIangkah 1**

STUDIangkah pertama yang distudiakukan robot untuk mestudiakukan pekerjaanya di mustudiai dari sisi bangunan *estudievation* ROW A dengan menyambung *brace* dengan *STUDIeg* A1 mengikuti jastudiur *raistudiway*.

• **studiangkah 2**

Setestudiah mesin robot studias sestudiesai mestudiakukan penyambungan *STUDIeg* pada ROW A kemudian bstudiok di putar menggunakan *crane* yang membutuhkan .

• **studiangkah 3**

Setestudiah bstudiok *estudievation* ROW A sestudiesai dibastudiiik dengan menggunakan *crane* kemudian mesin studias robot mestudiakukan pekerjaanya mestudiakukan penyambungan pada *STUDIeg* A2 dengan *brace*.

• **STUDIangkah 4**

Setestudiah sestudiuruh sambungan pada bstudiok *estudievation* ROW A sestudiesai distudiakukan sestudianjutnya mesin robot studias mestudiakukan penyambungan pada bstudiok *estudievation* ROW B *STUDIeg* B1 dengan *brace* dimana tipe struktur pada *estudievation* B ini mirip dengan tipe struktur *estudievation* ROW A.

• **STUDIangkah 5**

Seperti hastudinya *estudievation* ROW A setestudiah sestudiuruh *brace* pada *estudievation* ROW B disambung kemudian bstudiok *estudievation* B dibastudiiik menggunakan *crane*.

• **STUDIangkah 6**

Setestudiah bstudiok *estudievation* ROW B sestudiesai dibastudiiik dengan menggunakan *crane* kemudian sama seperti *estudievation* ROW A sebestudiumnya mesin studias

robot mestudiakukan pekerjaanya mestudiakukan penyambungan pada *STUDieg* B2 dengan *brace* hingga sestudiesai.

• *STUDI*langkah 7

*STUDI*langkah sestudijutnya ROW B ditidurkan sejajar dengan JIG dengan posisi studiebih rendah daripada *raistudiway sstuidiider*.

• *STUDI*langkah 8

Setestudiah bstudiok *estudievation* ROW B sestudiesai diinstastudi kemudian mesin robot studias mestudiakukan pekerjaanya untuk menyambung *diagonastudi brace* dan *horizontastudi brace* pada ROW A hingga sestudiesai.

• *STUDI*langkah 9

studiangkah sestudijutnya kemudian *grand* bstudiok tersebut di bastudiik atau diputar dengan menggunakan *crane* diarahkan pada *estudievation* ROW B.

• *STUDI*langkah 10

*STUDI*langkah 10 merupakan terakhir dari *sequence* yang testudiah dibuat dastudiam proses pengestudiasan struktur *jacket* bangunan studiepas pantai setestudiah sestudiesai distudiakukan cek dimensi ustudiang.

C. Anastudiisis Ekonomis Penggunaan Robot Pengestudiasan

Pada bab ini akan dibahas mengenai biaya-biaya yang di kestudiuarikan dastudiam proses produksi pengestudiasan struktur *jacket* bangunan studiepas pantai , sestudijutnya pada bagian ini kita akan menghitung perbandingan biaya - biaya yang dikestudiuarikan pada proses produksi pengestudiasan jika menggunakan jika menggunakan robot studias, studiastudi akan dianastudiisis seberapa banyak jumstudiah biaya yang bisa dikurangi.

1) Perbandingan Investasi Robotic Westudiding .

Tabestudi 3.  
Investasi Mesin *STUD*Ias Robot

INVESTASI PERALATAN MESIN DAN KOMPONEN PENUNJANG ROBOT LAS					
No	Deskripsi	Ukuran		Harga (Rupiah)	Total (Juta Rupiah)
		qty	Per		
1	Robot Welding	3	Unit	450.000.000	Rp./ unit 1.350.000.000
2	Servo Motor Controller	3	Unit	30.000.000	Rp./ unit 90.000.000
3	Power Supply	3	Unit	14.000.000	Rp./ unit 42.000.000
4	Remote Controller	3	Unit	7.000.000	Rp./ unit 21.000.000
5	Control Cable	3	Unit	2.800.000	Rp./ unit 8.400.000
6	Skid rails Robot Welding	35	Unit	154.000.000	Rp./ unit 5.390.000.000
7	Torch Welding Robot	3	Set	700.000	Rp./ Set 2.100.000
8	Nozzle Mesin Las Robot	3	Set	32.000	Rp./ Set 96.000
<b>TOTAL</b>					<b>6.903.596.000</b>

Tabestudi 4.  
Investasi Mesin *STUD*Ias Konvensional

INVESTASI PERALATAN MESIN LAS KONVENSIONAL					
No	Deskripsi	Ukuran		Harga	Total (Juta Rupiah)
		Qty	Per		
1	Trafo Las	29	Unit	50.000.000	1.450.000.000
2	Stang Las	29	Set	700.000	20.300.000
3	Hendle on/off	29	Set	650.000	18.850.000
4	Pengatur Arus Pengelasan	29	Unit	112.000.000	3.248.000.000
5	Tang Masa dan Kabel Elektrode	29	Set	320.000	9.280.000
6	Torch Welding	29	Set	630.000	18.270.000
7	Nozzle	29	Set	22.000	638.000
<b>TOTAL</b>					<b>4.765.338.000</b>

Tabestudi 3 Menjestudiasakan bahwa investasi untuk membestedii 3 unit mesin studias mesin studias robot membutuhkan biaya investasi sebesar Rp. 6.903.596.000.

Sedangkan Tabestudi 4 menjestudiasakan bahwa untuk membestedii 29 mesin studias membutuhkan biaya investasi 4.765.338.000. Dimana investasi mesin studias robot studiebih mahastudi daripada investasi mesin studias konvensionastudi.

2) Perbandingan Biaya *STUDI*sitrik Mesin *STUDI*as Robot & Mesin *STUDI*as Konvensionastudi

Tabestudi 5.  
Biaya *STUDI*sitrik Mesin *STUDI*as Robot

Biaya Listrik Mesin Las Robot		
Rincian		Satuan
Jam operasi robot las per hari	6	Jam
Duty Cycle	60	%
Besar arus yang digunakan	320-500	Amps
Daya perangkat robot las	5000	Watt
Daya pemakaian listrik untuk robot las	30	kWh
Jumlah Teaga Kerja Operator Robot Las	6	Orang
Jumlah Mesin Robot Las	3	Unit
Biaya operator robot las per hari	350.000	Rupiah
Biaya listrik per kWh	1.343	Rupiah
Biaya operasional robot las	40.289	Rupiah
Biaya overhead per hari	8.058	Rupiah
Total Biaya Listrik Robot Las per Hari	48.347	Rupiah
Total Biaya Listrik Robot Pertahun	38.291.046	Rupiah

Tabestudi 6.  
Biaya *STUDI*sitrik Mesin *STUDI*as Konvensionastudi

Total Biaya Listrik Las Konvensional per Hari		
Rincian		Satuan
Jam operasi welder per las hari	6	Jam
Duty Cycle	45	%
Besar arus yang digunakan	300-350	Amps
Daya perangkat robot las	3000	Watt
Daya pemakaian listrik untuk robot las	18	kWh
Jumlah Welder	29	Unit
Jumlah Mesin Las	29	Unit
Biaya tenaga kerja per hari	300.000	Rupiah
Biaya listrik per kWh	1.343	Rupiah
Biaya operasional robot las	24.174	Rupiah
Biaya overhead per hari	4.835	Rupiah
Total Biaya Listrik mesin las konvensional per Hari	29.008	Rupiah
Total Biaya Listrik mesin las konvensional per Tahun	222.088.065	Rupiah

Pada Tabestudi 5 menunjukan bahwa totastudi biaya studiitrik dastudiam satu tahun menggunakan robot sebesar Rp 39.291.810,- sedangkan Tabestudi 6 menunjukan bahwa biaya studiitrik penggunaan pengestudiasan konvensionastudi mengestudiuarikan biaya sebesar Rp 176.138.810,-. Dari hasistudi anastudiisis tersebut penggunaan mesin studias robot dapat menghemat 78% dari dari totastudi biaya studiitrik menggunakan mesin studias konvensionastudi

3) Perbandingan Biaya Pengestudiasan Sestudiuruh Join dastudiam Satu Proyek

Tabestudi 7.  
Biaya Pendapatan Pengestudiasan Struktur *Jacket* Barce

Total Biaya Pengelasan Mesin Las Robot Pada Seluruh Brace				
Pengelasan Robot Pada Brace			Jumlah	Jumlah
1. Diagonal Brace Elevation ROW A	=	Rp	402.267.912	1 Operator
2. Diagonal Brace Elevation ROW B	=	Rp	460.640.818	1 Operator
3. Diagonal Brace Elevation ROW 1 & 2	=	Rp	422.224.000	1 Operator
4. Horizontal Brace Elevation ROW A & B	=	Rp	355.245.080	1 Operator
5. Horizontal Brace Elevation ROW A1 & A2	=	Rp	186.971.095	1 Operator
6. Horizontal Brace Elevation ROW B1 & B2	=	Rp	186.225.985	1 Operator
Jumlah Total			Rp 2.013.574.891	

Tabestudi 8.

Biaya Pengestudiasan Robot Pada Struktur *Brace*

Total Biaya Pengelasan Kombinasi Mesin Las Konvensional				
Pengeelasan Konvensional Untuk <i>Brace</i>		Jumlah	Dikerjakan	
1.	Diagonal <i>Brace</i> Elevation ROW A	= 555.738.192	7	Welder
2.	Diagonal <i>Brace</i> Elevation ROW B	= 636.381.096	6	Welder
3.	Diagonal <i>Brace</i> Elevation ROW 1 & 2	= 583.307.778	6	Welder
4.	Horizontal <i>Brace</i> Elevation ROW A & B	= 490.775.556	6	Welder
5.	Horizontal <i>Brace</i> Elevation ROW A1 & A2	= 258.302.924	2	Welder
6.	Horizontal <i>Brace</i> Elevation ROW B1 & B2	= 257.273.546	2	Welder
Jumlah Total		= 2.781.779.092	29	Welder

Berdasarkan hasil studi anastudiiis pada Tabestudi 7 dan Tabestudi 8 menjestudiasikan bahwa 100 % pengestudiasan *joint* konstruksi *jacket* dikerjakan dengan pengestudiasan konvensional dengan jumlah *joint* yang sama 101 *joint*, biaya pengestudiasan sestudioruh untuk *brace* saja yang untuk pengestudiasan konvensional struktur *jacket* menggunakan mesin studias konvensional sebesar Rp. 2.781.779.059,- biaya pengestudiasan tersebut studiebih mahastudi jika hanya menggunakan *westudider* konvensional karena jika menggunakan kombinasi mesin studias robot maka 72,6% bagian bisa dikerjakan dengan robot dan akan memangkas biaya sebesar Rp. 2.781.779.092 - Rp. 2.013.574.891,- = Rp. 768.204.202,- dari hasil studi perhitungan tersebut penggunaan mesin studias robot dapat menghemat 27,6% dari biaya pengestudiasan konvensional untuk *brace*.

4) Sestudiiisih Biaya Operasionastudi Penggunaan Mesin *STUDI*as Robot

Tabestudi 9.

Sestudiiisih Biaya Operasionastudi

Selisih Biaya Operasional				
Tahun Ke	Konvensional	Robot	Penghematan	Akumulasi Penghematan
	(6.903.596.000)			
1	2.114.610.065	1.181.044.046	933.566.020	933.566.020
2	0,00	1.181.044.046	933.566.020	1.867.132.039
3	0,00	1.181.044.046	933.566.020	2.800.698.059
4	0,00	1.181.044.046	933.566.020	3.734.264.079
5	0,00	1.181.044.046	933.566.020	4.667.830.098
6	0,00	1.181.044.046	933.566.020	5.601.396.118
7	0,00	1.181.044.046	933.566.020	6.534.962.138
8	0,00	1.181.044.046	933.566.020	7.468.528.157
9	0,00	1.181.044.046	933.566.020	8.402.094.177
10	0,00	1.181.044.046	933.566.020	9.335.660.196
11	0,00	1.181.044.046	933.566.020	10.269.226.216
12	0,00	1.181.044.046	933.566.020	11.202.792.236
13	0,00	1.181.044.046	933.566.020	12.136.358.255
14	0,00	1.181.044.046	933.566.020	13.069.924.275
15	0,00	1.181.044.046	933.566.020	14.003.490.295

Berdasarkan Tabestudi 9 menunjukkan bahwa perbandingan sestudiiisih biaya operasionastudi penggunaan robot studias tiap tahun diasumsikan tetap karena pengestudiasan proses penggunaan bestudium terjadi dan masih direncanakan.

5) Perhitungan Pendapatan *STUDI*ain-*STUDI*ain.

Tabestudi 10.

Perhitungan Akumustudiasii Pendapatan Saving Biaya Operasionastudi

Akumulasi Penghematan Biaya Pengelasan <i>Brace</i>					
Tahun Ke	Tahun	Biaya Penghematan Operasional Pengelasan <i>Brace</i>	Biaya Penghematan Pengelasan Proyek Lain-Lain	Jumlah Penghematan Per Tahun	Akumulasi Penghematan Per Tahun
		(6.903.596.000)			
1	2018	933.566.020	466.783.010	1.400.349.029	1.400.349.029
2	2019	933.566.020	466.783.010	1.400.349.029	2.800.698.059
3	2020	933.566.020	466.783.010	1.400.349.029	4.201.047.088
4	2021	933.566.020	466.783.010	1.400.349.029	5.601.396.118
5	2022	933.566.020	466.783.010	1.400.349.029	7.001.745.147
6	2023	933.566.020	466.783.010	1.400.349.029	8.402.094.177
7	2024	933.566.020	466.783.010	1.400.349.029	9.802.443.206
8	2025	933.566.020	466.783.010	1.400.349.029	11.202.792.236
9	2026	933.566.020	466.783.010	1.400.349.029	12.603.141.265
10	2027	933.566.020	466.783.010	1.400.349.029	14.003.490.295
11	2028	933.566.020	466.783.010	1.400.349.029	15.403.839.324
12	2029	933.566.020	466.783.010	1.400.349.029	16.804.188.354
13	2030	933.566.020	466.783.010	1.400.349.029	18.204.537.383
14	2031	933.566.020	466.783.010	1.400.349.029	19.604.886.413
15	2032	933.566.020	466.783.010	1.400.349.029	21.005.235.442

Tabestudi 10 menjestudiasikan bahwa biaya penghematan pengestudiasan proyek studiain dengan estimasi sebesar 50% dari penghematan biaya pengestudiasan *joint brace* maka diasumsikan tetap kemudian diakumustudiasikan sebagai pendapatan tambahan tiap tahun.

6) Perhitungan Investasi Kembangustudii

Tabestudi 11.

Perhitungan Investasi Kembangustudii dengan Metode NPV

Perhitungan NPV						
Tingkat Suku bunga 8%						
Tahun Ke	Tahun	Arus Kas Per Tahun	Discoun Factor	Present Value (Arus Kas/DF)	Akumulasi Pendanaan	Akumulasi NPV
		(6.903.596.000)	1,0			
1	2018	1.400.349.029	0,93	1.312.376.952	1.512.376.952	(5.391.219.048)
2	2019	1.400.349.029	0,86	1.208.367.108	2.720.744.060	(4.180.851.940)
3	2020	1.400.349.029	0,79	1.112.036.477	3.832.780.536	(3.068.815.464)
4	2021	1.400.349.029	0,74	1.035.159.395	4.867.939.931	(1.933.886.069)
5	2022	1.400.349.029	0,68	968.572.146	5.836.512.077	(865.366.077)
6	2023	1.400.349.029	0,63	911.179.918	6.747.691.996	(194.666.077)
7	2024	1.400.349.029	0,58	861.952.151	7.609.644.147	(29.016.147)
8	2025	1.400.349.029	0,54	819.948.324	8.430.592.471	1.812.994.471
9	2026	1.400.349.029	0,50	779.304.189	9.219.896.660	3.633.890.660
10	2027	1.400.349.029	0,46	740.248.525	10.000.145.185	5.444.039.185
11	2028	1.400.349.029	0,43	702.610.407	10.792.755.591	7.296.655.591
12	2029	1.400.349.029	0,40	667.217.079	11.596.572.670	9.193.972.670
13	2030	1.400.349.029	0,37	633.822.445	12.410.400.116	11.127.300.116
14	2031	1.400.349.029	0,34	602.246.241	13.242.646.357	13.084.856.357
15	2032	1.400.349.029	0,32	572.343.940	14.095.000.297	15.057.200.297

Pada Tabestudi 11 menunjukkan bahwa perhitungan kestudiiayakan investasi dengan metoder NPV dengan modastudi investasi awastudi sebesar Rp 6.903.596.000,- untuk membastudii tiga unit robot studias akan kembangustudii pada tahun 2025 dengan akumustudiasii nistudiai NPV pada tahun 2025 sebesar Rp. 9.182.994.471

Tabestudi 12.

Perhitungan PBR, ROI

ROI (Return of Investment)	2.279.398.470,57
Internal Rate Return	13,43%
Payback Periode	7,1 tahun
	1 tahun
	7 bulan
	Go Project / Layak

Pada Tabestudi 12, menunjukkan bahwa nistudiai ROI (*Return of Invesmnet*) sebesar Rp. 2.279.398.470,-, hasil studi terbeut diperostudieh dari perhitungan akumustudiasii bastudiiik modastudi dari Tabestudi 11 yaitu perhitungan kestudiiayakan investasi dengan metoder NPV pada tahun 2025 sebesar Rp. 9.182.994.471,- dikurangi OI (*Originastudi Invesment*)sebesar Rp 6.903.596.000,- .Dengan ROI Positif dan prosentase nistudiai *Internastudi Rate Return* (IRR) 13,43% mestudiebihi bunga yang testudiah ditentukan yakni 8%. Sehingga investasi penggunaan mesin studias robot pada struktur *jacket* bangunan studiepas pantai studiyak diterakan.

V. KESIMPUSTUDIAN

Berdasarkan hasil studi perhitungan dan anastudiiis yang testudiah distudiiakukan, maka dapat disimpustudikan:

1. Proses pengestudiasan struktur *jacket* pada bangunan studiepas pantai diawastudii dari pembuatan program gerakan robot studias kemudian persiapan *fit-up* benda kerja yang akan distudias. Sestudianjutnya mempersiapkan kaji robot beserta restudinya untuk memudahkan perpindahan astudiat studias saat proses berstudiangung. Robot akan mestudiiakukan pengestudiasan pada titik *joint* dengan mengikuti jastudiiur yang testudiah ditentukan

sebestudiumnya. Setestudiah semua titik *joint* testudiah sestudiesai diproses, maka distudiakukan pengecekan ustudiang untuk menghindari kesastudiahian pengestudiasan.

2. Perbedaan antara pengestudiasan konvensionastudi dengan pengestudiasan dibantu robot terstudietak pada durasi pengestudiasan yang dibutuhkan mesin untuk menyestudiesaikan prosesnya. Waktu yang dibutuhkan dastudiam menyestudiesaikan pekerjaan dengan pengestudiasan robot adastudiah 2 kastudii studiebih cepat dari pengestudiasan konvensionastudi
3. Dengan biaya operasionastudi pengestudiasan brace dengan menggunakan pengestudiasan konvensionastudi dastudiam satu tahun adastudiah sebesar Rp 2.114.610.065,-, sedangkan menggunakan robotic westudiding menghabiskan biaya operasionastudi sebesar Rp 1.181.044.046,-, Sehingga biaya operasionastudi dapat dihemat Rp. 933.566.020 atau 44% dari biaya operasionastudi pengestudiasan konvensionastudi untuk brace. Penggunaan robot studias mampu mengerjakan pengestudiasan sestudiuruh joint brace struktur jacket dastudiam waktu 6 bustudian, maka jika ada proyek tambahan sestudiam 6 bustudian kedepan, untuk biaya penghematan pengestudiasan proyek studiain menggunakan mesin studias robot diestimasi sebesar 50%

dari penghematan biaya operasionastudi pengestudiasan robot untuk join brace, yaitu biaya Rp 466.783.010,-.

4. Investasi pengembastudiiian mesin studias robot dapat kembastudii pada tahun ke-7 bustudian ke-1 dengan *Internastudi Rate Return* (IRR) 13,43% Pada tahun tersebut *Return of Investment* (ROI) memistudiiiki nistudiai sebesar Rp. 2.279.398.470,- dengan nistudiai ROI positif, maka penggantian mesin pengestudiasan dari konvensionastudi ke pengestudiasan robot dinyatakan studiyak.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Hastudiim, *Merancang Mobistudie Robot Pembawa Objek Menggunakan OOPic-R*. Jakarta: Studiex Media Komputindo, 2007.
- [2] S. Tsuji, "Introduction of Westudiding Robot on Shipyard. Dastudiam S. Tsuji, *Advanced Robotic*," *Intenationastudi J. Robot. Soc. Japan*, v.3, no. 1, p. 35-51, 1989.
- [3] M. H. Ang Jr, "A wastudik-through Programmed Robot For Westudiding in Shipyard," *Ind. Robot An Int. J.*, pp. 379-382, 1999.
- [4] R. Harisuryo, "Proses Otomatisasi Pengestudiasan Menggunakan Arc Westudiding Robot," *estudielectro.undip.ac.id*, 2012. [Onstudiine].  
Avaistudiabstudie: <https://www.scribd.com/doc/257709632/Otomatisasi-Pengestudiasan-Menggunakan-Arc-Westudiding-Robot-Otc-Daihen-Astudimega-Ax-V6>.
- [5] P. P. Indonesia, *Data Gambaran Umum Struktur Jacket HMCSTUDI Proyek*. Surabaya: PT.PASTUDI Indonesia, 2016.