

# ANALISA SISA UMUR PEMAKAIAN (REMAINING LIFE ASSESMENT) AIR RECEIVER COMPRESSOR TANK MENGGUNAKAN METODE ULTRASONIC TEST

Fuad Khoirul<sup>1</sup>, Muh Amin<sup>2</sup>, Muhammad Subri<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Pengurangan ketebalan material *pressure vessel* terjadi karena faktor korosi. Salah satu kontrol untuk mengetahui ketebalan material dengan menggunakan metode ultrasonic test. Hasil dari pengukuran ketebalan digunakan untuk menentukan nilai *corrothion rate*. Hasil perhitungan dari *corrothion rate* digunakan untuk menghitung sisa umur pakai dari *pressure vessel*.

**Kata Kunci:** *Pressure Vessel, Ultrasonic Test, Corrothion Rate.*

## PENDAHULUAN

Pada proses produksi suatu industri tidak lepas dari penggunaan peralatan *pressure vessel* terutama *air receiver compressor tank*, seperti industri perminyakan, kimia, makanan, pembangkit dll. *Pressure vessel* pasti memiliki waktu pemakaian sampai *pressure vessel* tersebut tidak dapat digunakan kembali.

Pada masa pemakaian dari *pressure vessel* kemungkinan terjadi kegagalan akan terjadi jika tidak dilakukan kontrol dan perawatan secara berkala. Beberapa penyebab terjadi kegagalan terjadi karena kelelahan bahan, terjadi korosi dan faktor dari luar lainnya. Salah satu kontrol untuk mengantisipasi kegagalan *pressure vessel* yaitu dengan menganalisa ketebalan material dari waktu ke waktu sehingga dapat diketahui seberapa besar terjadi pengurangan material akibat terjadi korosi.

Metode *non destruktive test* dapat digunakan untuk melakukan pengukuran terhadap *pressure vessel* yaitu *ultrasonic test*. Dengan memanfaatkan gelombang *ultrasound* sehingga ketebalan material dapat dideteksi.

---

<sup>1,2,3</sup> Prodi S1 Teknik Mesin UNIMUS

## METODOLOGI

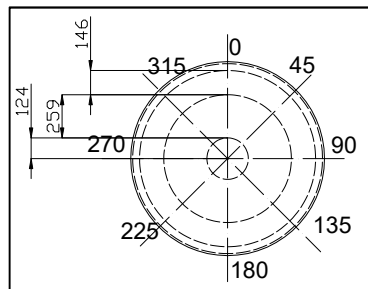
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan *ultrasonic test* untuk mengetahui ketebalan material pada setiap bagian dari pressure vessel. Dari data ketebalan tersebut dapat diketahui pengurangan ketebalan pada setiap titik pengambilan.

Data ketebalan tersebut kemudian dianalisa dengan menggunakan perhitungan, untuk mengukur nilai corrosion rate dari setiap titik. Setelah itu dapat diketahui sisa umur pemakaian terkecil dari titik-titik pengambilan ketebalan.

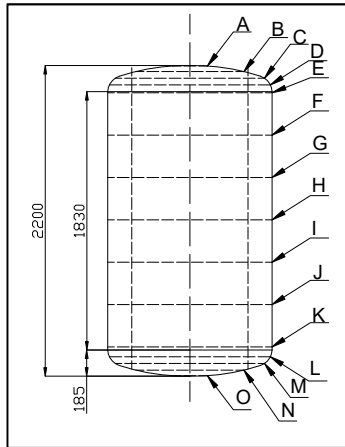
Pressure yang digunakan adalah air receiver tank untuk media udara. Bahan yang digunakan dari air receiver tank JIS G3101 SS400. Alat untuk melakukan ultrasonic test dengan menggunakan DM5E probe normal sudut  $0^{\circ}$  type EN 501. Alat ini memiliki dual sensitivity sehingga tidak membaca ketebalan dari cat yang menempel pada pressure vessel. Pengukuran dilakukan dengan cara menempelkan probe kepada material dengan media couplant (cairan) sehingga gelombang ultrasound dapat membaca ketebalan dari material pressure vessel.

### a. Pengambilan Ketebalan

Pengambilan ketebalan dilakukan pada bagian *head* dan *shell*. Jumlah titik pengambilan sebanyak 120 titik. Data yang diperoleh dari pengambilan ketebalan dalam satuan mm. Lokasi pengambilan ketebalan seperti gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1. Pembagian lokasi pada titik circumferential.



Gambar 2. Pembagian lokasi pada titik longitudinal

b. Perhitungan *corrothion rate*

*Corrothion rate* dapat diketahui dengan menghitung menggunakan rumus dari API 510 tahun 2014 7.1.1.1 percepatan laju korosi:

$$Corrosion\ Rate\ (LT) = \frac{t_{initial} - t_{actual}}{\Delta T(years)}$$

Dimana:

$t_{initial}$  = nilai hasil pengukuran ketebalan material ketika *pressure vessel* mulai terkena korosi (mm)

$t_{previous}$  = nilai hasil pengukuran ketebalan material ketika *pressure vessel* dilakukan pemeriksaan sebelumnya (mm)

$t_{actual}$  = nilai hasil pengukuran ketebalan material pada saat dilakukan pemeriksaan terakhir (mm)

*Corrosion Rate (CR)* = nilai besarnya laju korosi pada material (mm/tahun)

c. Menghitung nilai *remaining life*

Remaining life ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Remaining\ Life\ (RL) = \left( \frac{t_{actual} - t_{required}}{Corrosion\ Rate\ (CR)} \right)$$

Dimana:

$t_{actual}$  = hasil pengukuran ketebalan material pada saat dilakukan pemeriksaan terakhir (mm)

$t_{required}$  = nilai ketebalan yang dipersyaratkan pada design calculation yang tidak termasuk *corrosion allowance* dan toleransi ketebalan dari pabrikan (mm)

*Remaining Life (RL)* = Sisa umur penggunaan (tahun)

Ketebalan yang dipersyaratkan ( $t_{requirement}$ ) untuk shell dihitung berdasarkan *longitudinal stress* dengan rumus 1.1 dan *circumferential stress* dengan rumus 1.2.

$$t = \frac{PR}{2SE+0.4P} \quad \text{atau} \quad P = \frac{SEt}{R-0.4t} \quad (1)$$

$$t = \frac{PR}{SE-0.6P} \quad \text{atau} \quad P = \frac{SEt}{R+0.6t} \quad (2)$$

Dimana:

t = ketebalan minimum *shell* yang diperlukan, inches (mm)

P = tekanan desain *internal*, psi (kPa)

R = jari-jari dalam *shell*, inches (mm)

S = tegangan ijin maksimum, psi (kPa)

E = efisiensi sambungan las

Sedangkan nilai ketebalan yang dipersyaratkan untuk *elliptical head* dapat dihitung dengan menggunakan rumus 3.

$$t = \frac{PD}{2SE-0.2P} \quad \text{atau} \quad P = \frac{2SEt}{D+0.2t} \quad (3)$$

Dimana:

t = ketebalan minimum *head* yang diperlukan, inches (mm)

P = tekanan desain *internal*, psi (kPa)

D = Diameter dalam *head*, inches (mm)

S = tegangan ijin maksimum, psi (kPa)

E = efisiensi sambungan las

## HASIL DAN PEMBAHASAN

*Air receiver tank* yang digunakan untuk udara kompresor memiliki data seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data air receiver tank.

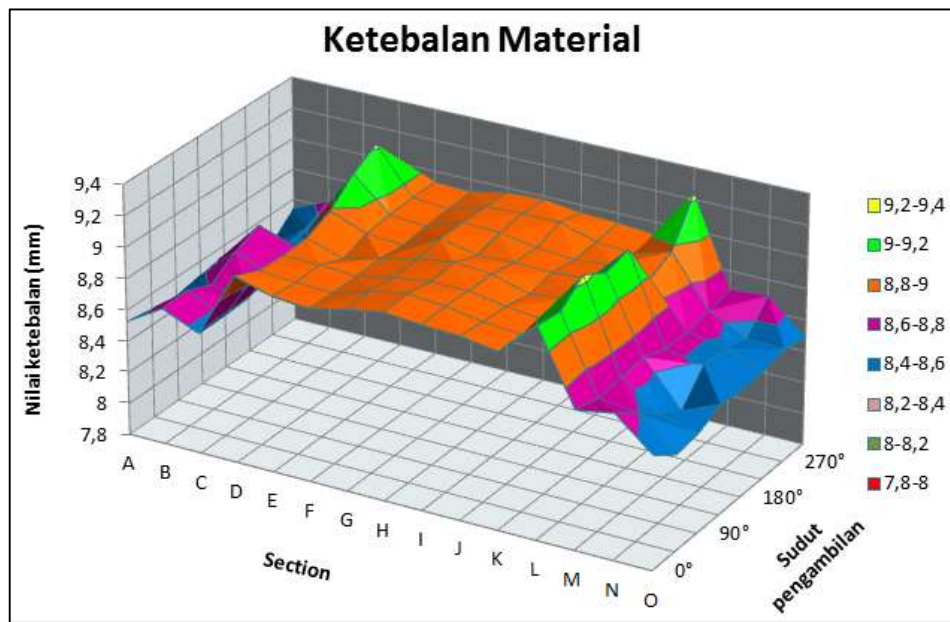
No	Deskripsi	Rincian Data
1	Jenis / Bentuk	Bejana Tekan / Silindris Vertikal
2	Tahun Pembuatan	2001
3	Dimensi	1165 mm (ID) x 1800 mm (L) x 10,0 mm (t)
4	<i>Head type</i>	<i>Elliptical Head</i>
5	Tekanan Design	10 kg/cm <sup>2</sup>
6	Suhu Operasi	32 <sup>0</sup> C
7	Material	<i>Carbon Steel (JIS G 3101 SS41)</i>
8	Tebal <i>Shell</i>	10 mm
9	Tebal <i>shell</i> diperlukan	7,352 mm
10	Tebal <i>Head</i>	10 mm
11	Tebal <i>head</i> diperlukan	7,352 mm
12	Media	Udara

### Ketebalan

Hasil dari pengambilan data pada *air receiver tank* didapatkan data ketebalan material *air receiver tank* pada bagian *head* dan *shell*. Variasi ketebalan yang terjadi di bagian *head* memiliki skala yang lebih besar dibandingkan pada bagian *shell*. Data hasil pengambilan ketebalan material dapat dilihat pada Tabel 1 dan grafik 3 untuk penyebaran ketebalan material.

Tabel 2. Tabel data pengukuran *air receiver tank*.

Longitudinal ( $t_{ax}$ )		Circumferencial ( $t_{az}$ )								$t_0$	$\Delta T$ (Years)
		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°		
Top Head	A	8,53	8,49	8,48	8,51	8,52	8,45	8,40	8,54	10,00	16
	B	8,67	8,68	8,61	8,72	8,79	8,54	8,56	8,64	10,00	16
	C	8,57	8,57	8,58	8,62	8,70	8,53	8,52	8,52	10,00	16
	D	8,99	8,92	8,91	8,92	8,99	9,13	9,22	8,93	10,00	16
Shell	E	8,92	8,90	8,91	8,84	8,90	8,92	8,93	8,93	10,00	16
	F	8,90	8,89	8,89	8,90	8,88	8,90	8,91	8,92	10,00	16
	G	8,95	8,96	8,94	8,95	8,98	8,98	8,98	8,97	10,00	16
	H	8,99	9,00	8,97	8,99	8,93	8,97	8,99	8,98	10,00	16
	I	8,97	8,98	8,97	8,97	8,94	8,93	8,99	8,95	10,00	16
	J	8,96	8,94	8,93	8,90	8,93	8,91	8,92	8,94	10,00	16
	K	8,92	8,92	8,90	8,93	8,95	8,93	8,90	8,92	10,00	16
Bottom Head	L	9,14	9,12	9,24	9,15	9,19	8,90	8,97	9,24	10,00	16
	M	8,68	8,64	8,66	8,68	8,62	8,62	8,65	8,68	10,00	16
	N	8,72	8,61	8,49	8,40	8,58	8,58	8,53	8,70	10,00	16
	O	8,52	8,41	8,43	8,50	8,48	8,49	8,52	8,49	10,00	16
Minimum		8,52	8,41	8,43	8,40	8,48	8,45	8,40	8,49		



Gambar 3. Grafik penyebaran ketebalan pada *air receiver tank*.

Dari Tabel 1 didapatkan ketebalan *top head* antara 8,40 mm sampai dengan 9,22 mm sehingga terjadi perbedaan sebesar 0,82 mm. Sedangkan untuk bagian *shell* memiliki ketebalan antara 8,94 mm sampai dengan 9,00 mm penyimpangan yang terjadi sebesar 0,16 mm. Bagian *bottom head* memiliki ketebalan antara 8,40 mm sampai dengan 9,24 mm sehingga terjadi perbedaan sebesar 0,84 mm. Perbedaan ketebalan yang besar pada bagian *head* dari pada yang terjadi pada *shell* menunjukkan bahwa pengurangan material yang terjadi pada *head* tidak merata.

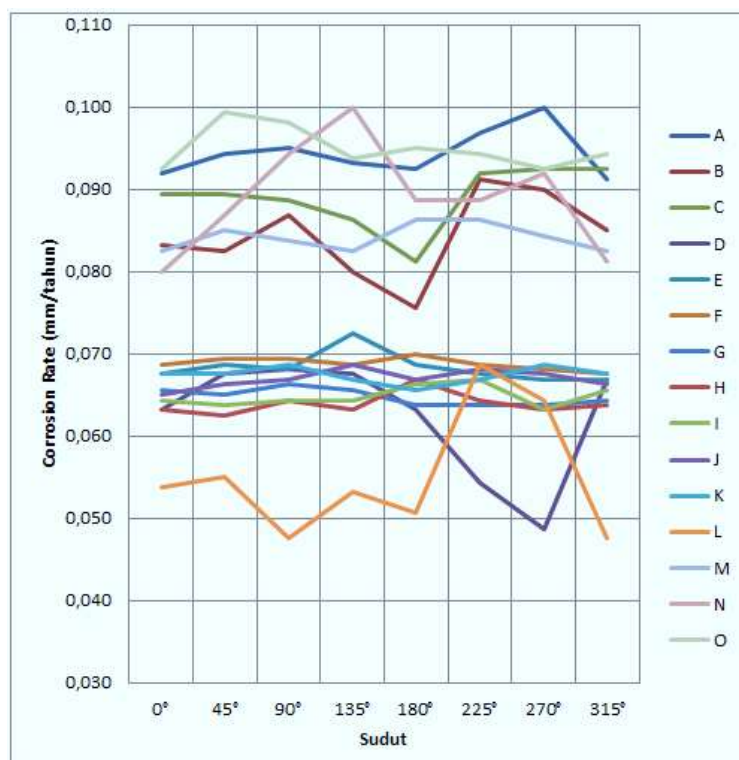
a. Menghitung Nilai Corrosion Rate

Data ketebalan pada *air receiver tank* dihitung untuk mengetahui nilai *corrosion rate* yang terjadi pada *air receiver tank*. Umur dari *air receiver tank* dari proses pembuatan selama 16 tahun. Sedangkan ketebalan awal yang digunakan sebesar 10 mm baik di bagian *head* dan bagian *shell*.

Tabel 3. Nilai Corrosion Rate.

Lokasi		Corrosion rate								Mak	Min.
		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°		
Top Head	A	0,092	0,094	0,095	0,093	0,093	0,097	0,100	0,091	0,100	0,091
	B	0,083	0,083	0,087	0,080	0,076	0,091	0,090	0,085	0,091	0,076
	C	0,089	0,089	0,089	0,086	0,081	0,092	0,093	0,093	0,093	0,081
	D	0,063	0,068	0,068	0,068	0,063	0,054	0,049	0,067	0,068	0,049
Shell	E	0,068	0,069	0,068	0,073	0,069	0,068	0,067	0,067	0,073	0,067
	F	0,069	0,069	0,069	0,069	0,070	0,069	0,068	0,068	0,070	0,068
	G	0,066	0,065	0,066	0,066	0,064	0,064	0,064	0,064	0,066	0,064
	H	0,063	0,063	0,064	0,063	0,067	0,064	0,063	0,064	0,067	0,063
	I	0,064	0,064	0,064	0,064	0,066	0,067	0,063	0,066	0,067	0,063
	J	0,065	0,066	0,067	0,069	0,067	0,068	0,068	0,066	0,069	0,065
	K	0,068	0,068	0,069	0,067	0,066	0,067	0,069	0,068	0,069	0,066
Bottom Head	L	0,054	0,055	0,048	0,053	0,051	0,069	0,064	0,048	0,069	0,048
	M	0,083	0,085	0,084	0,083	0,086	0,086	0,084	0,083	0,086	0,083
	N	0,080	0,087	0,094	0,100	0,089	0,089	0,092	0,081	0,100	0,080
	O	0,093	0,099	0,098	0,094	0,095	0,094	0,093	0,094	0,099	0,093

Grafik 4 menunjukkan nilai *corrothion rate* secara nilai *corrothion rate* terbesar rata-rata terjadi pada bagian *head* dengan nilai tertinggi sebesar 0,100 mm/tahun. Sedangkan nilai terendah juga terjadi pada bagian *head* sebesar 0,048 mm/tahun.



Gambar 4. Grafik Corrosion Rate Air Receiver Tank

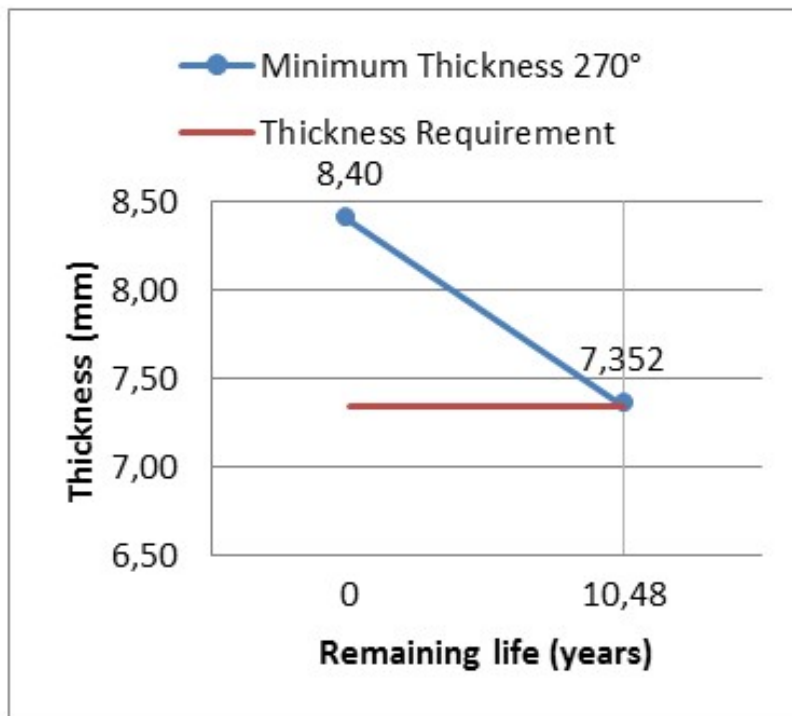
b. Menghitung Nilai *Remaining Life*

Dalam menentukan *remaining life* dengan menggunakan hasil dari perhitungan *corrothion rate*. Hasil dari perhitungan *remaining life* pada setiap bagian dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai *remaining life* dari hasil pengambilan ketebalan pada *air receiver tank* didapatkan perkiraan minimal umur dari *air receiver tank* berdasarkan section A - O kisaran 10,48 – 23,97 tahun. Untuk *remaining life* terkecil 10,48 tahun memiliki ketebalan material pada saat pengujian sebesar 8,40 mm.



Tabel 4. Nilai remaining life air receiver life.

Lokasi		Remaining life (years)								Minimum Remaining life (Years)
		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
Top Head	A	12,82	12,06	11,87	12,43	12,63	11,33	10,48	13,02	10,48
	B	15,86	16,10	14,48	17,10	19,01	13,02	13,42	15,15	13,02
	C	13,63	13,63	13,84	14,70	16,59	12,82	12,63	12,63	12,63
	D	25,95	23,23	22,87	23,23	25,95	32,70	38,32	23,60	22,87
Shell	E	23,23	22,52	22,87	20,52	22,52	23,23	23,60	23,60	20,52
	F	22,52	22,17	22,17	22,52	21,83	22,52	22,87	23,23	21,83
	G	24,35	24,74	23,97	24,35	25,54	25,54	25,54	25,13	23,97
	H	25,95	26,37	25,13	25,95	23,60	25,13	25,95	25,54	23,60
	I	25,13	25,54	25,13	25,13	23,97	23,60	25,95	24,35	23,60
	J	24,74	23,97	23,60	22,52	23,60	22,87	23,23	23,97	22,52
	K	23,23	23,23	22,52	23,60	24,35	23,60	22,52	23,23	22,52
Bottom Head	L	33,27	32,15	39,75	33,84	36,31	22,52	25,13	39,75	22,52
	M	16,10	15,15	15,62	16,10	14,70	14,70	15,38	16,10	14,70
	N	17,10	14,48	12,06	10,48	13,84	13,84	12,82	16,59	10,48
	O	12,63	10,65	10,99	12,25	11,87	12,06	12,63	12,06	10,65



Gambar 5. Grafik Hubungan *Thickness Reduction* Terhadap *Remaining Life* pada Sudut 270° Section A.

## KESIMPULAN

1. Ketebalan material *air receiver tank* terjadi penurunan secara keseluruhan pada saat dilakukan pengujian. Nilai ketebalan tertinggi sebesar 9,24 mm sedangkan nilai ketebalan terendah 8,40 mm dari ketebalan awal sebesar 10,00 mm dan *minimum requirement* sebesar 7,352 mm.
2. Perkiraan *remaining life* dari *air receiver tank* tertinggi sebesar 39,75 tahun dan terendah sebesar 10,48 tahun.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bassani Pablo Vinicius. 2009. *Pressure Vessel Failure Analysis*. Gramado: ABCM
- Bardal, E, and Drugli, J.M. 2004. *Corrosion Detection and Diagnosis*, in *Materials Science and Engineering*.
- Bruce L. Bramfitt. 2006. *Chapter 1 Carbon & Alloy Steel*. Pennsylvania: International Stell Group Inc.
- Charles J. Hellier. 2003. *Handbook of Nondestructive Evaluation*. New York: The Mc Graw-Hill.
- Davis J.R. 2000. *Corrosion: Understanding The Basics, Chapter1 The Effects And Economic Impact Of Corrosion*. Ohio: ASM International.
- Dennis R, Moss. 2004. *Pressure Vessel Design Manual*. Oxford: Gulf Professional Publishing is an imprint of Eisevier.
- Eugene F. Megyesy. 1972. *Pressure Vessel Handbook Twelfth Edition*. Oklahoma: Pressure Vessel Publishing,inc.
- Gandy D. 2007. *Carbon Steel Handbook*. . Callifornia: Electric Power Research Institute.
- International Atomic Energy Agency. 2013. *Training Guidelines in Non-Destructive Testing Techniques: Manual for Visual Testing at Level 2*. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- Nabhani Farhad, Ladokun Temilade, Askari Vahid. 2012. *Reduction of stresses in Cylindrical Pressure Vessels Using Finite Element Analysis*. Middlesbrough: Teesside University, School of Science and Engineering.
- The American Petroleum Institute. 2000. *API Recommended Practice 579, Fitness for Service, First Edition*. Washington D.C.: The American Petroleum Institute.
- The American Petroleum Institute. 2000. *Pressure Vessel Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration*. Washington D.C.: The American Petroleum Institute.

- The American Society of Mechanical Engineers. 2013. *ASME BPVC Section IID – Material*. New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- The American Society of Mechanical Engineers. 2013. *ASME BPVC Section VIII Division 1 : Rules For Construction Of Pressure Vessels 2013 Edition*. New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- Shivprakash Iyer, Andrea J. Schokker, Sunil K. Sinha. 2002. *Ultrasonic Imaging–A Novel Way To Investigate Corrosion Status Inpost-Tensioned Concrete Members*. Pennsylvania: Indian Institute of Science.
- Vishal V Prof.. Saidpatil#1,Prof. Arun S. Thakare. 2014. *Design & Weight Optimization of Pressure Vessel Due to Thickness Using Finite Element Analysis* International Journal of Emerging Engineering Research and Technology Volume 2, Issue 3, June 2014, PP 1-8.

PENULIS:

1. FUAD KHOIRUL  
Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang  
Jl. Kasipah No. 12 Semarang
  
2. MUH AMIN  
Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang  
Jl. Kasipah No. 12 Semarang  
e-mail: [amin@unimus.ac.id](mailto:amin@unimus.ac.id)  
Website: <http://muh-amin.com>
  
3. MUHAMMAD SUBRI  
Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang  
Jl. Kasipah No. 12 Semarang  
e-mail: [subrimakkasau@gmail.com](mailto:subrimakkasau@gmail.com)