

ANALISA PENGARUH JENIS BAHAN, SUHU, DAN KECEPATAN TOOL EXPANDER TERHADAP DEFORMASI MATERIAL PADA PROSES TUBE EXPANDING

Oleh :
Wendy Triadji Nugroho *)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis bahan, temperatur, dan kecepatan *tool expander* terhadap deformasi plastis material yang terjadi pada proses *Tube Expanding*. Hasil pengujian menyatakan bahwa deformasi yang paling kecil terjadi pada material Baja Stainless Steel ASTM A 249 Grade 2 dan temperatur *tube expanding* yang paling optimal terjadi pada temperatur 89,6 derajat Fahrenheit. Sedangkan kecepatan *tool expander* yang paling optimal saat deformasi terjadi adalah 0,708 inch per second.

Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan adalah studi literatur berdasarkan penelitian terdahulu, mengambil data dari bagian *Engineering dan Production Planning Control* PT.BBI Pasuruan, melakukan simulasi pengujian dengan menggunakan Deform 3D, menganalisa data memakai *Design Of Experiment Taguchi Method*, serta menarik kesimpulan.

Hasil analisa dimanfaatkan sebagai bahan rekomendasi untuk perbaikan proses *Tube Expanding* di bagian *Engineering dan Production Planning Control* PT.BBI Pasuruan.

Kata kunci : *Deformasi plastis, Tube Expanding, Design Of Experiment Taguchi Method*

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Proses *produksi waterbox condenser* terdiri atas beberapa bagian dari komponen – komponen pendukung *waterbox condenser* tersebut, yaitu *Condenser Shell, Transition Piece, exhaust connection, waterbox*, dan komponen yang terakhir adalah *Flash box*. Komponen- komponen tersebut melalui beberapa tahap proses produksi. Pada Komponen *condenser Shell* ini tahap proses produksinya yaitu : *Jointing* (penyambungan), proses *Hole cutting* (pemotongan lubang), *foot assembly, painting* (pengecatan), *support assembly, instalasi awal, shell assembly, pengelasan, covering, tube insert, expanding, seal welding, painting*, dan proses yang terakhir adalah *packing* atau pengepakan dari produk *waterbox condenser* tersebut. (*Hitachi Engineering & services,co.ltd, 2011*).

Proses produksi yang sama untuk komponen yang lain yaitu, *transition piece, exhaust connection, waterbox , dan flash box*. Pada komponen shell masih dibagi lagi menjadi komponen – komponen atau peralatan – peralatan pendukung lainnya yaitu : *support, tube support, baffle, tube sheet, vent piping, support part, dan tube*. Masalah yang diteliti adalah proses *expansion tube nya* yang sering mengalami kegagalan proses akibat pengaruh deformasi pada proses tersebut.

2. Permasalahan

Masalah yang ingin diteliti adalah bagaimana cara menentukan jenis bahan dan nilai temperatur serta kecepatan *tool expander* paling optimal agar kegagalan proses *Tube Expanding* akibat pengaruh deformasi dapat direduksi.

3. Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian adalah :

- waktu pengambilan data adalah antara bulan Juni 2013 sampai dengan Juni 2014
- material uji dianggap homogen
- bahan yang dipakai dalam kasus ini adalah Stainless Steel ASTM B 268 grade 2, Titanium ASTM B 338 grade 2, dan stainless steel ASTM A 249 TP 317LN
- simulasi pengujian dengan menggunakan deform 3D
- analisa data memakai *Design Of Experiment Taguchi Method*

4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk menentukan jenis bahan, nilai temperatur, dan kecepatan *tool expander* yang menghasilkan deformasi terkecil.

METODOLOGI

1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2013 sampai dengan bulan Juni 2014. Sedangkan tempat penelitian adalah di bagian *Engineering dan Production Planning Control* PT.BBI Pasuruan.

2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah Stainless Steel ASTM B 268 grade 2, Titanium ASTM B 338 grade 2, dan stainless steel ASTM A 249 TP 317LN. Sedangkan peralatan yang dipakai adalah mesin *tube expanding* “Sugino” buatan Jepang.

3. Metode Pelaksanaan

3.1 Pengambilan data

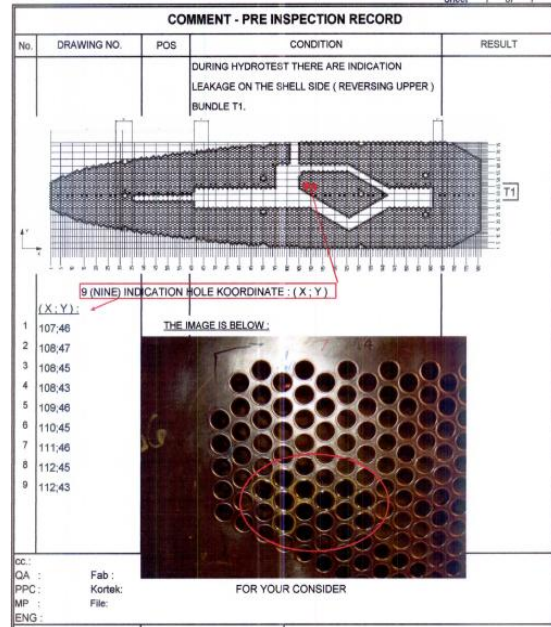
Data-data diperoleh dari pengukuran jumlah putaran atau rpm tool expander, torsi tool expander, gaya gesek (friction), berat dari tool expander, diameter dan jari-jari tool expander, dan temperatur tube expanding.

Mesin *Tube Expanding* ditunjukkan oleh gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Mesin Tube Expanding “Sugino” (sumber : Katalog sugino tube expander tool)

Gambar 2 di bawah merupakan tube yang mengalami kebocoran setelah proses expanding (ditunjukkan oleh elips berwarna merah).

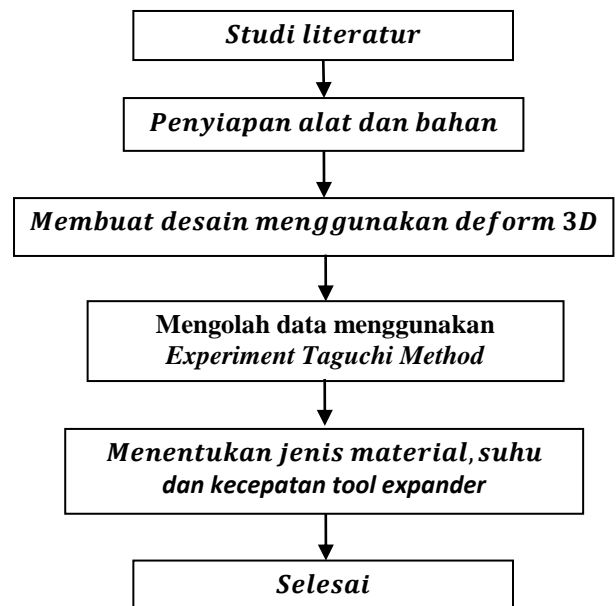


Gambar 2. Tube yang mengalami kebocoran setelah proses expanding (sumber : PT.BBI Document report)

3.2 Pengolahan data

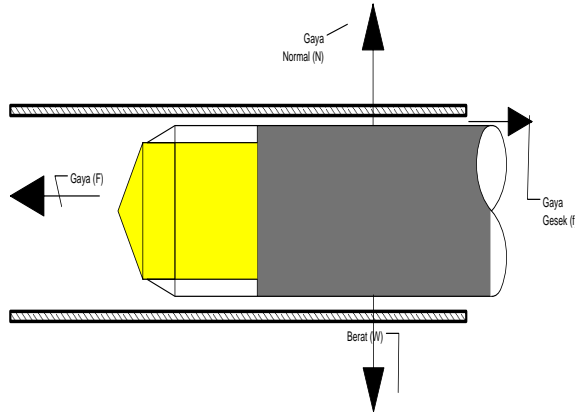
Data-data hasil pengukuran diolah dengan menggunakan simulasi pengujian deform 3D. Sedangkan analisa data memakai *Design Of Experiment Taguchi Method*.

Adapun langkah-langkah pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Metodologi penelitian

Data berat dari tool expander adalah 8.5 kg, dan gambar garis-garis gaya dalam tool expander digambarkan seperti gambar 4. dibawah ini.



Gambar 4. Gambar garis gaya Proses Tube Expanding

Persamaan-persamaan yang berkaitan dengan analisa adalah:

Menurut Sularso ;(1983), rumus untuk mencari kecepatan dengan diketahui diameter dan jumlah putaran adalah :

$$N = 1000 \times V / \pi$$

d.....(1)

Dimana,
 N = Jumlah putaran per menit
 V = Kecepatan putar tool expander
 D = Diameter tool expander

Pada simulasi software *Deform 3D*, data yang digunakan adalah kecepataannya. Dari persamaan (1), untuk mencari kecepatan tool expander adalah sebagai berikut :

$$V = \frac{n \times \pi \times \text{diameter tool}}{1000} \dots \dots \dots (2)$$

Data-data untuk Diameter Tool Expander adalah 24 mm, 24 mm dikonversi satuannya ke dalam satuan Inch (satuan yang digunakan pada software *Deform 3 D*) adalah 0.94 inch.

Persamaan Torsi adalah:

$$T = F \times r \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :
 T = Torsi dengan satuan N.m
 F = Gaya dengan satuan Newton
 r = jari-jari Tool expander dengan satuan m
 Rumus hubungan antara gaya Normal dan Gaya gesek adalah :

$$\mu = f / N \dots \dots \dots (4)$$

dimana :

μ = Koefisien gesekan antara tool expander dengan tube, dimana dalam penelitian simulasi ini, harga koefisien gesekan inilah yang akan dicari agar bisa dimasukkan ke dalam software *Deform 3D*.

f = Gaya Gesekan dalam satuan Newton

N = Gaya Normal dalam satuan Newton

DATA HASIL PENGUKURAN DAN PEMBAHASAN

1. Data Hasil Pengukuran

Tabel 1 merupakan tabel Level dan faktor dari penelitian simulasi Proses Tube expanding.

Tabel 1. Tabel Level dan Faktor proses Tube Expanding

Project "X" proses Produksi Waterbox Condenser				
No	Faktor /Level	condenser 1	condenser 2	condenser 3
1	Friction (Koefisien Friction)	1.52	0.787	0.91
2	Material	Stainless Steel ASTM B 268 gr 2	Titanium ASTM B 338 gr 2	ASTM A 249 TP 317LN
3	Speed (Inch/Second)	1.1	0.67	0.708
4	Temperatur (Fahrenheit)	86	80.6	89.6

Pada Penelitian ini metode *taguchi DOE (Design Of Experiment)* menggunakan Tabel Orthogonal array L9. Level yang diambil adalah jenis proyek produksi waterbox condenser. Penelitian ini mengambil sample 3 jenis material waterbox condenser pada salah satu project di PT.BBI Pasuruan, yaitu : Titanium, baja ASTM A249, dan Baja ASTM A268. Faktor atau parameter yang diambil adalah : friction tube expander tools, jenis material dari ke – 3 project tersebut, kecepatan tube expander tools, temperatur. Selanjutnya dibuat tabel Orthonal Array L9 seperti terlihat pada Tabel 2.di bawah ini :

Tabel 2. Orthogonal Array L9

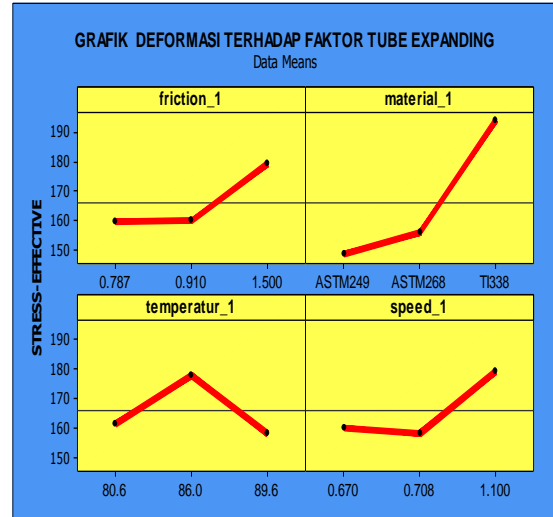
TABEL ORTHOGONAL ARRAY L9					
PERCOBAAN KE	FRICITION	MATERIAL	SPEED	TEMPERATUR(F)	DAMAGE
1	1.52	STAINLESS STEEL ASTM B 268 gr 2	1.1	86	
2	1.52	TITANIUM ASTM B 338 gr 2	0.67	80.6	
3	1.52	ASTM A 249 TP 317LN	0.708	89.6	
4	0.787	STAINLESS STEEL ASTM B 268 gr 2	0.67	89.6	
5	0.787	TITANIUM ASTM B 338 gr 2	0.708	86	
6	0.787	ASTM A 249 TP 317LN	1.1	80.6	
7	0.91	STAINLESS STEEL ASTM B 268 gr 2	0.708	80.6	
8	0.91	TITANIUM ASTM B 338 gr 2	1.1	89.6	
9	0.91	ASTM A 249 TP 317LN	0.67	86	

Output dari hasil pengolahan Simulasi dengan menggunakan metode *Taguchi* adalah grafik antara *friction*, *material*, *temperatur*, *speed*, sebagai sumbu X, dan dengan tegangan maksimal dari proses *Tube Expanding* sebagai sumbu Y. Tabel orthogonal Array ditunjukkan pada Tabel 3. dibawah ini

Tabel 3. Hasil Simulasi. *friction*, *material*, *speed*, *temperatur* (sumbu X), Tegangan efektif (Sumbu Y)

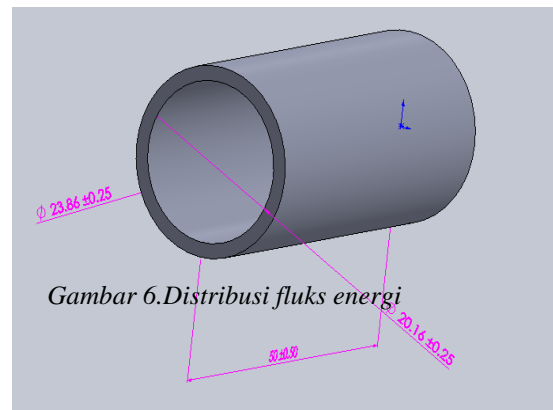
TABEL ORTHOGONAL ARRAY L9					
PERCOBAAN KE	FRICITION x Bar	MATERIAL (x bar)	SPEED (x bar)	TEMPERATUR(F) (x Bar)	STRESS- Y
1	1.52	STAINLESS STEEL ASTM B 268 gr 2	1.1	86	
2	1.52	TITANIUM ASTM B 338 gr 2	0.67	80.6	
3	1.52	ASTM A 249 TP 317LN	0.708	89.6	
4	0.787	STAINLESS STEEL ASTM B 268 gr 2	0.67	89.6	
5	0.787	TITANIUM ASTM B 338 gr 2	0.708	86	
6	0.787	ASTM A 249 TP 317LN	1.1	80.6	
7	0.91	STAINLESS STEEL ASTM B 268 gr 2	0.708	80.6	
8	0.91	TITANIUM ASTM B 338 gr 2	1.1	89.6	
9	0.91	ASTM A 249 TP 317LN	0.67	86	

Pengolahan data dengan menggunakan software Minitab 16, mendapatkan hasil sebagaimana dinyatakan oleh Gambar 5 di bawah ini.



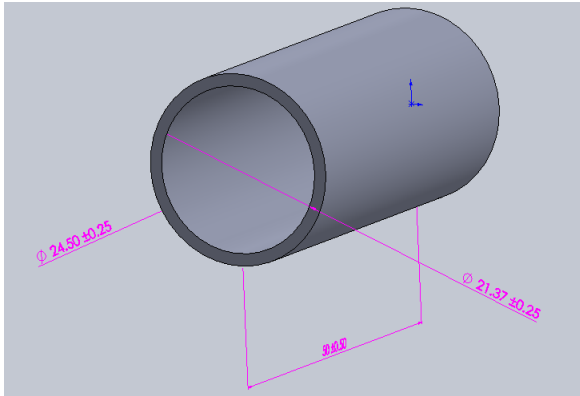
Gambar 5. Grafik Deformasi terhadap Faktor Tube Expanding

Reduction dari luas penampang *tube* untuk *tube* yang digunakan untuk alat *Heat Exchanger* adalah 6 - 8 % menurut standard *API*(*American Petroleum Institute*). Hasil dari Proses *tube expanding* ditunjukkan oleh gambar 6 dan 7 di bawah ini.



Gambar 6. Distribusi fluks energi

Gambar 6. Gambar tube sebelum direduksi diameternya dengan Proses Tube Expanding
Gambar 7. Fluks kalor radiasi



Gambar 7. Gambar tube setelah Proses Tube Expanding

2. Pembahasan

Gambar 6 dan 7 di atas merupakan hasil simulasi dari Program Minitab 16, dimana data hasil percobaan yaitu nilai *stress-effective* dirubah kedalam *Signal To Noise ratio*, dan diambil yang *Nominal the better*.

Setelah dilakukan percobaan simulasi menggunakan Program Software *Deform 3D* sebanyak 9 kali, maka diperoleh hasil simulasi proses *tube expanding* yang optimal agar tidak terjadi *deformasi material pada tube condenser*.

Grafik I, yaitu Grafik antara *Friction* dan *Stress-effective* terlihat bahwa nilai yang paling kecil terjadi *deformasi* yang optimal, *friction* antara *tool expander* dan *tube* adalah 0,787 inch.

Grafik II, Grafik antara *Material* dan *stress-effective* menyatakan bahwa *Deformasi* yang paling kecil terjadi pada *Material Baja Stainless Steel ASTM A 249 Grade 2*.

Grafik III adalah grafik antara *temperatur* dan *stress-effective* terlihat bahwa *temperatur tube expanding* yang paling optimal terjadi pada temperatur 89,6 derajat Fahrenheit.

Grafik IV, yaitu pada Grafik *kecepatan tool expander* dan *stress-effective*, maka *kecepatan tool expander* yang paling optimal saat *Deformasi* terjadi adalah 0,708 inch per second.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Hasil pengujian menyatakan bahwa *deformasi* yang paling kecil terjadi pada *Material Baja Stainless Steel ASTM A 249 Grade 2* dan *temperatur tube expanding* yang paling optimal terjadi pada temperatur 89,6 derajat Fahrenheit. Sedangkan *kecepatan tool expander* yang paling optimal saat *Deformasi* terjadi adalah 0,708 inch per second.

2. Saran

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat sebaiknya dilakukan:

- Pengecekan secara berkala terhadap Mesin Tube Expanding, agar diperoleh hasil pengujian yang presisi
- Menguji specimen yang akan digunakan apakah bahan tersebut dapat dikategorikan sebagai material yang homogen
- Melakukan verifikasi periodik terhadap data-data hasil pengukuran dengan tujuan didapat hasil yang valid
- Hasil kesimpulan penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan untuk memperbaiki proses *Tube Expanding* di bagian Engineering dan Production Planning Control PT.BBI Pasuruan

DAFTAR PUSTAKA

- Wuryandari, Triastuti, 2009, "Metode Taguchi Untuk Optimalisasi Produk pada Rancangan Faktorial"; *Jurnal Media Statistika* ;vol.2 no.2 FMIPA, UNDIP
- Sularso, 1983, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, PT.Pradnya Paramitha
- Bagchi,TP, 1993., "Taguchi Method Explained ,Practical step to Robust Design". Prentice ,Hall Of India Private Limited , New Delhi.
- Montgomery, DC, 2005., "Design And Analysis Of Experiments", sixth edition ,John Willey and Sons Inc.,Singapore.
- Ross.PJ. 1996., "Taguchi Techniques For Quality Engineering" ,second edition., McGraw Hill Companies Inc.,New York.
- Almeida., 2006., "Expansion and reduction of Thin walled tube using a Die :experimental and theoretical investigation"., Elsevier International Journal of Machine Tool and manufacture 46 ,1643-1652.
- Shakeri., 2007., "Expansion Of Circular Tubes by Rigid tubes as impact energy absorber :experimental and Theoretical investigation".,Dept.Of Mechanical Engineering of Amirkabir University of Technology.,Vol 12 No.5.Page 493- 501

Zukeri., 2010., "*Studi On Cutting operation In Turning Process By 3D simulation Using Deform 3D*". Faculty Of Mechanical and Manufacturing Engineering University Tun Husein Onn.

Uma Sakaran, 1992., "*Research Methods for Business: A Skill Building Approach*, second edition", New York: John Wiley & Sons, Inc, page. 7-19.

Boothroyd., G., W.A. Knight., 1989., "*Fundamenta of Metal Cutting and Machine Tools*". New York., Marcel Dekker Inc.

Bharati., 2012., "*Analysis Of Tube End Formability of AA 2024 Tubes using FEM*". Dept. Of Mechanical engineering, NITW, India, *International Journal of current engineering and technology*, Vol 2.No.1.