

ANALISIS PENGARUH PROSES ANNEALING UNTUK MENGHILANGKAN TEGANGAN SISA AKIBAT PROSES PENGELEMAN PADA PEMBUATAN DRUM KETEL UAP

Aladin Eko Purkuncoro

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Sigura – gura No 2, Malang 65145, Indonesia
Email: aladin_smart@yahoo.com

Abstrak

Dalam industri sekarang proses pengelasan banyak digunakan di bidang manufaktur (fabrikasi) dalam aplikasi engineering, misalnya untuk pembuatan drum ketel uap. Salah satu metode pengelasan yang sering dipakai oleh perusahaan industri, yaitu metode SMAW (Shelled Metal Arc Welding). Pengelasan ini juga disebut Las Busur Listrik. Pada pengelasan banyak faktor yang perlu diperhatikan diantaranya panas yang masuk, laju pendinginan dan material yang di las. Oleh karena itu prosedur pengelasan dari pembuatan drum ketel uap harus di perhatikan salah satu harus diberi perlakuan panas, dimana perlakuan panas tersebut akan mengurangi tegangan sisa dan mengubah sifat mekanis pada material drum ketel uap. Dalam penelitian ini saya akan membandingkan sifat mekanis dari material hasil pengelasan SA 516 gr 70 yang tanpa perlakuan panas dan pengelasan yang diberi perlakuan panas menggunakan heater electric dengan suhu 625°C untuk mengurangi tegangan sisa pada material pengelasan. Sedangkan untuk mengetahui sifat mekanik dengan melakukan pengujian kekerasan, pengujian impak dan pengujian tarik. Dari penelitian didapatkan hasil sebagai berikut : material pengelasan dengan perlakuan panas mempunyai sifat lebih baik dibandingkan pengelasan tanpa perlakuan panas, dimana perlakuan panas mempengaruhi nilai kekerasan menurun, kekuatan material meningkat dan tegangan sisaberkurang.

Kata kunci : SMAW, drum ketel uap, tegangan sisa, suhu

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan industri pembuatan mesin peralatan pabrik, pembuatan peralatan bertekanan semakin meningkat. Hal ini disebabkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, kemampuan sumber daya manusia yang semakin meningkat serta kebutuhan manusianya pula yang juga semakin meningkat. Sejalan dengan perkembangan tersebut harus diikuti teknik pembuatan peralatan yang sesuai dengan prosedur dan memenuhi persyaratan teknis serta fungsional yang dibutuhkan. Ketel uap adalah suatu bejana tertutup dimana air dipanaskan dalam ketel yang akan menghasilkan uap, kemudian uap dari hasil pemanasan air tersebut dipanaskan lanjutkan. Drum pada ketel uap adalah merupakan salah satu bagian instalasi ketel uap yang berfungsi untuk menampung air dan uap air. Dalam proses pembuatan drum pada ketel uap, memerlukan persyaratan tertentu agar didapatkan kualifikasi peralatan yang mampu pakai yaitu tahan terhadap tekanan air dan temperatur tinggi, tidak mudah bocor sehingga menjamin keselamatan kerja dan dapat meningkatkan umur pakai efektif dari peralatan.

Untuk dapat memenuhi kualifikasi diatas, maka perlu tahapan proses dalam pembuatan pada drum ketel uap yang secara garis besar tahapan terdiri dari Perencanaan dan Fabrikasi. Dalam tahap perencanaan dilakukan perhitungan dan gambar design dengan standar dan spesifikasi peralatan. Standar yang digunakan adalah standard Internasional yaitu ASME (*American Society of Mechanical Engineers*). Dalam tahap fabrikasi pembuatan drum ketel uap terdiri dari banyak proses yaitu, Material, Penandaan, pemotongan, bevel, pengelasan, lulus uji las, perlakuan panas, *hydrostatik test* dan *finishing*.

Dalam proses fabrikasi yaitu meyakinkan bahan yang digunakan telah sesuai dengan dokumen desain. Diantaranya tahapan fabrikasi yang berpengaruh terhadap kemampuan dan keadaan pakai dari konstruksi drum pada ketel uap adalah proses penyambungan pelat dengan menggunakan las busur listrik, pengelasan yang digunakan dapat menimbulkan tegangan sisa yang berakibat buruk pada hasil produk. Tegangan sisa ini mempengaruhi sifat dan kekuatan dari

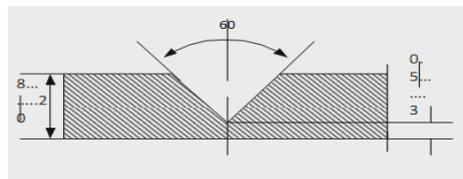
konstruksi sambungan juga dapat mempengaruhi struktur logam, terutama pada daerah pengaruh panas (HAZ), karena itu untuk mengurangi tegangan sisa akibat proses pengelasan perlu mendapat perlakuan khusus, terutama yaitu perlakuan panas. Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan yang masuk ke dalam aspek penelitian yaitu untuk mengetahui bagaimana pengaruh perlakuan panas setelah proses pengelasan pada drum ketel uap terhadap kekuatan tarik, kekuatan impact serta kekerasan material yang digunakan. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas terhadap kekuatan tarik, kekuatan impact dan kekerasan material setelah mengalami proses pengelasan pada drum ketel uap.

METODOLOGI PENELITIAN

Las

Dalam analisa ini pengelasan pada drum yang digunakan adalah menggunakan las jenis Shielded Metal Arc Welding (SMAW) yaitu pengelasan dengan las busur elektroda terbungkus. Dengan menggunakan elektroda E7018 diameter 3,2 mm atau 4 mm. Dengan parameter pengelasan:

- Kecepatan = 10 cm/min
- Ampere = 125(A)
- Voltage = 30(V)

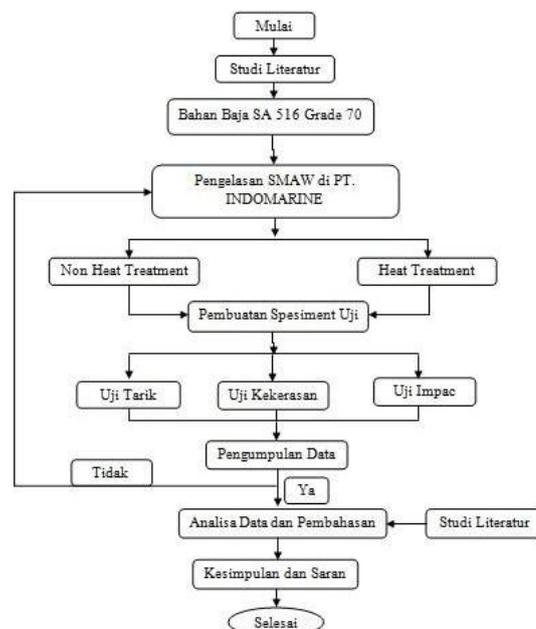


Gambar 1. Dimensi bentuk kampuh V

Pada analisa kali ini menggunakan baja dengan ketebalan 20 mm dilakukan annealing dengan parameter sebagai berikut:

- Temperatur pemanasan (*heating*) = 625°C
- Setelah suhu mencapai 426°C laju pemanasan = 150°C/jam
- Waktu penahanan temperatur (*holding*) selama 60 menit
- Laju pendinginan (*cooling*) menggunakan udara

Proses Penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

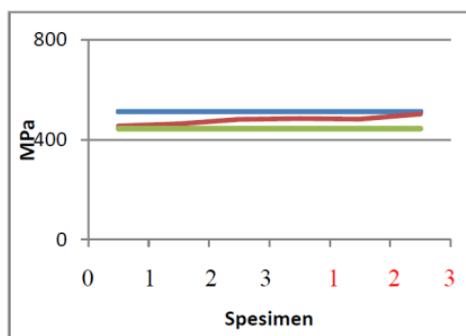
HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji tarik

Uji tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik kepada material dengan maksud untuk mengetahui atau mendeteksi kekuatan dari suatu material. Tegangan tarik yang digunakan adalah tegangan actual eksternal atau perpanjangan sumbu benda uji tarik. Pengujian tarik dilakukan dengan cara penarikan uji dengan gaya tarik secara terus-menerus, sehingga beban (perpanjangannya) terus-menerus meningkat dan teratur sampai benda uji putus dengan sendirinya, dengan tujuan menentukan nilai tarik. Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan atau material dalam pembebanan tarik, garis gaya harus berhimpit dengan garis sumbu bahan atau material sehingga pembebanan terjadi beban tarik lurus. Tetapi jika gaya tarik sudut berhimpit maka yang terjadi adalah gaya lentur. Hasil uji tarik tersebut mencatat fenomena hubungan antara tegangan-regangan yang terjadi yang terjadi selama proses uji tarik dilakukan.

Tabel 1. Data Hasil kekuatan tarik

No	Pengelasan Non Heat Treatment (MPa)	Pengelasan Heat Treatment (MPa)	Raw Material (MPa)
1	455,482	484,738	-
2	464,054	482,696	-
3	482,443	503,136	-
Rata - rata	466,993	490,190	482,633



Gambar 3. Grafik Keseragaman Data Kekuatan Tarik

Analisa Korelasi

Analisa korelasi dimaksudkan untuk mencari hubungan antara variasi suhu (x) terhadap kekuatan tarik (y) material Baja SA 516 Grade 70.

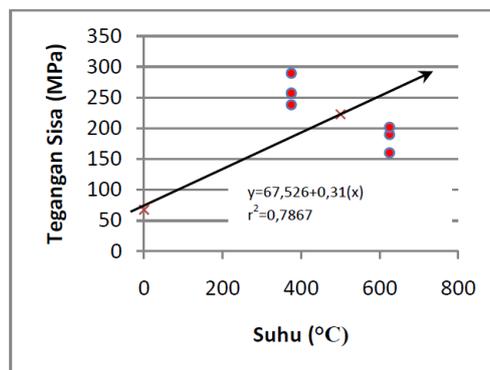
Tabel 2. Interpretasi Koefisien Korelasi Nilai

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0.80 – 1.000	Sangat kuat
0.60 – 0.799	Kuat
0.40 – 0.599	Cukup kuat
0.20 – 0.399	Rendah
0.00 – 0.199	Sangat rendah

Dari perhitungan di atas didapat korelasi (hubungan) antara variasi suhu (x) terhadap tegangan sisa (y) material Baja SA 516 Grade 70 adalah sangat kuat (sangat berpengaruh)

Dari pengujian uji tarik baja diatas didapatkan data modulus elastisitas di setiap variasi non heat treatment dan heat treatment terlihat bahwa setiap variasi mempunyai tegangan sisa yang berbeda yaitu lebih besar yang telah melalui proses heat treatment. Hal ini berarti perlakuan panas mempengaruhi tegangan sisa yang terjadi karena proses pengelasan dan juga perlakuan panas dapat

mengurangi tegangan sisa yang terjadi karena tegangan sisa akan mempengaruhi pada proses pembuatan drum ketel uap. Jika distribusi tegangan sisa masih tinggi akan mempengaruhi kekuatan drum tersebut. Tegangan sisa berkurang hingga 77,721 MPa karena telah melalui proses Heat Treatment.



Gambar 4. Grafik Regresi Tegangan Sisa

Dari pengujian tarik diatas baja yang melalui proses heat treatment lebih kuat *yield strength* dan *tensile strength*nya dan juga tegangan sisanya lebih kecil dari pada yang non heat treatment. Kekuatan luluh dari baja yang non heat treatment dan heat treatment selisih 18,461 MPa bahkan dengan *row material* (kekuatan asli) selisih jauh yaitu 103,087 MPa. Ini dikarenakan proses pengelasan maka dari itu kekuatan luluh *row material* (tidak ada pengelasan) jauh lebihrendahdaripadayangmelalui proses pengelasan. Begitu juga kekuatan tarik dari baja diatas lebih kuat yang telah di heat treatment dari pada yang non heat treatment yaitu selisih 23,197 MPa. Dan juga kekuatan tarik baja yang asli (*row material*) lebih kuat dari pada baja yang non heat treatment. Ini disebabkan pada proses pengelasan dan pendistribusian panas tidak merata yang menyebabkan tegangan sisa. Dan membuat kekuatan tarik baja tersebut berubah menjadilebih rendah, tetapi baja yang melalui proses heat treatment kekuatan tariknya hampir samadengan *row material* dikarenakan proses *annealing* yaitu *stress relief* (pengurangan tegangan sisa) dengan suhu 625°C ketika telah melalui proses *stress relief* tegangan sisa yang ada akan berkurang dan membuat kekuatan tarik baja berubah lebih kuat.

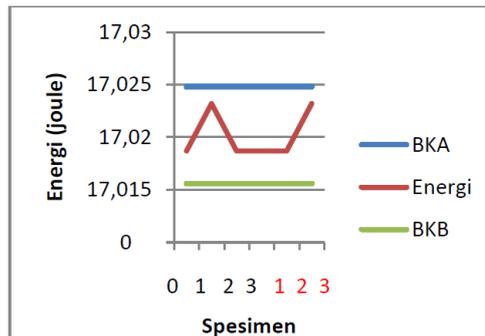
Tegangan sisa juga mempengaruhi sifat material baja tersebut diantaranya adalah terjadi retak, biasanya terjadinya retak pada waktu pembekuan logam lasan. Tegangan sisa baja terjadi akibat pengelasan adalah sebesar 261,387 MPa. Tetapi ketika baja tersebut telah melewati proses *annealing stress relief* tegangan sisa menjadi 183,666 MPa, Selisih tegangan sisa baja yang non heat treatment dan heat treatment yang terjadi sebanyak 29,73% yaitu 77,721 MPa, selisih ini sangat mempengaruhi kekuatan material bajatersebut. Jika tegangan sisa rendah akan rendah juga kemungkinan baja tersebut untuk retak atau patah. Maka dari itu baja tersebut harus melalui proses *annealing* supaya dapat digunakan untuk pembuatan drum ketel uap yang perlu sifat mekanisnya kuat dan tidak mudah retak.

Uji Impak

Pengujian impact adalah suatu pengujian yang menyatakan ketahanan benda uji terhadap pukulan yang diterimanya. Ketahanan dinyatakan dengan besar kecilnya energi yang diberikan untuk mematahkan benda ujitersebut.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Impak

Spesiment	α (°)	β (°)	Energi (Joule)	HI (Joule/mm)	
Non Heat Treatment	1	90	2	17,0187	0,2127
	2	90	1,5	17,0232	0,2128
	3	90	2	17,0187	0,2127
Rata-rata			1,83	17,0202	0,21273
Heat Treatment	1	90	2	17,0187	0,2127
	2	90	2	17,0187	0,2127
	3	90	1,5	17,0232	0,2128
Rata-rata			1,83	27,0202	0,21273



Gambar 5. Keseragaman Data Energi Impak

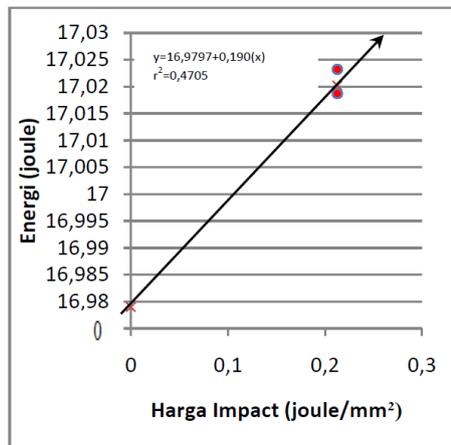
Analisa Korelasi

Analisa korelasi dimaksudkan untuk mencari hubungan antara harga impak (x) terhadap energi (y) material Baja SA 516 Grade 70.

Tabel 4. Interpretasi Koefisien Korelasi Nilai

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0.80 – 1.000	Sangat kuat
0.60 – 0.799	Kuat
0.40 – 0.599	Cukup kuat
0.20 – 0.399	Rendah
0.00 – 0.199	Sangat rendah

Dari perhitungan di atas didapat korelasi (hubungan) antara variasi suhu (x) terhadap tegangan sisa (y) material Baja SA 516 Grade 70 adalah sangat kuat (sangat berpengaruh)



Gambar 6. Grafik Regresi Uji Impak

Setelah dilakukan pengujian impak di laboratorium material dan metalurgi Teknik Mesin

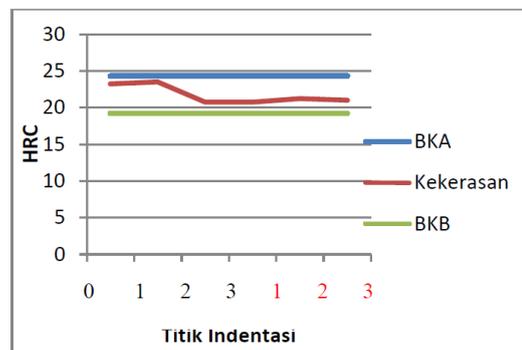
Institut Teknologi Nasional Malang. Maka hasil yang diperoleh dari pengujian dampak adalah besar sudut awal sebelum dan sesudah memukul spesimen, sehingga bisa ditentukan besarnya energi dampak persatuan luas penampang patahan spesimen dan harga dampaknya. Dilihat dari perhitungan dan grafik hasil pengujian spesimen baja non heat treatment dan heat treatment memiliki energi dan harga dampak yang sama yaitu 17,0202 jouledan harga dampak 0,21273 joule/mm². Harga dampak yang sama disebabkan karena tegangan sisa tidak berpengaruh pada material yang ulet. Tegangan sisa berpengaruh jelek terhadap patah getas dari sambungan las sedangkan dari material yang diteliti terjadi patah ulet sehingga material baja sambungan las ini dapat digunakan untuk pembuatan drum ketel uap.

Uji Kekerasan

Pengujian ini menggunakan alat Rockwell Hardness Tester CV-600A dengan beban 1471 N satuannya HRC. Identor yang digunakan dalam pengujian ini adalah identor berbentuk berbentukpyramid dengan 30°. Pengujian dilakukan disepanjang daerah logam las, daerah HAZ dan logam induk.

Tabel 5.Data Hasil Pengujian Kekerasan Non Heat Treatment

No	Spesimen	Daerah Pengukuran	Titik	Kekerasan (HRC)	Rata-rata (HRC)
1	Spesimen 1	Induk	1	20	20,5
			2	21	
			3	20,5	
		HAZ	1	22	22,33
			2	24	
			3	21	
		Las	1	21	21,16
			2	21	
			3	21,5	
2	Spesimen 2	Induk	1	19	20,33
			2	20	
			3	21,5	
		HAZ	1	24,5	20,66
			2	23	
			3	20,5	
		Las	1	20,5	21,33
			2	21,5	
			3	22	



Gambar 6. Keseragaman Data Uji Kekerasan Daerah HAZ

Tabel 6.Data Hasil Pengujian Kekerasan Heat Treatment

No	Spesimen	Daerah Pengukuran	Titik	Kekerasan (HRC)	Rata-rata (HRC)
1	Spesimen 1	Induk	1	17	17,33
			2	17	
			3	18	
		HAZ	1	20,5	20,83
			2	22	
			3	20	
		Las	1	20	19,16
			2	19,5	
			3	20	
2	Spesimen 2	Induk	1	17,5	21,17
			2	17	
			3	18	
		HAZ	1	21	19,33
			2	20,5	
			3	22	
		Las	1	19	19
			2	20	
			3	19	

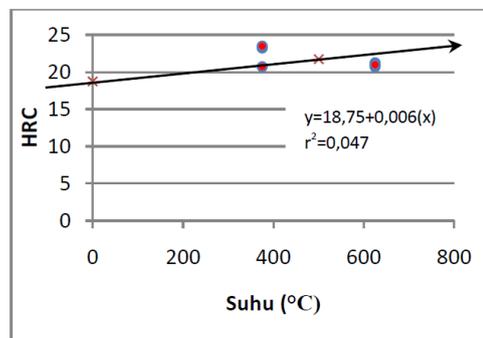
Analisa Korelasi

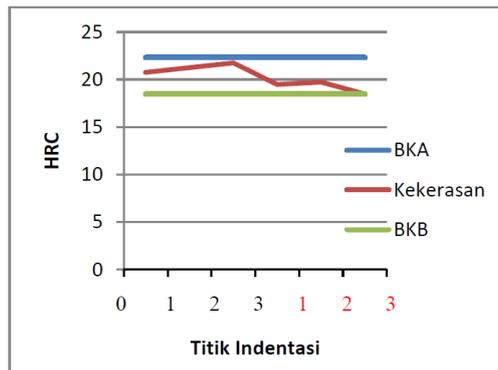
Analisa korelasi dimaksudkan untuk mencari hubungan antara harga impak (x) terhadap energi (y) material Baja SA 516 Grade 70.

Tabel 7. Interpretasi Koefisien Korelasi Nilai

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0.80 – 1.000	Sangat kuat
0.60 – 0.799	Kuat
0.40 – 0.599	Cukup kuat
0.20 – 0.399	Rendah
0.00 – 0.199	Sangat rendah

Dari perhitungan di atas didapat korelasi (hubungan) antara variasi suhu (x) terhadap tegangan sisa (y) material Baja SA 516 Grade 70 adalah sangat kuat (sangat berpengaruh)

**Gambar 7.**Grafik Regresi Kekerasan Daerah HAZ



Gambar 8. Keseragaman Data Uji Kekerasan Daerah LAS

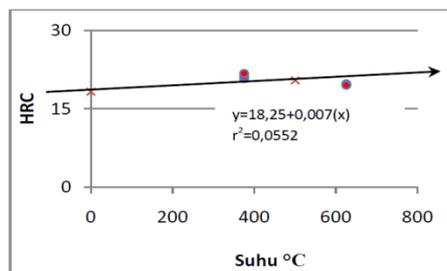
A. Analisa Korelasi

Analisa korelasi dimaksudkan untuk mencari hubungan antara harga impact (x) terhadap energi (y) material Baja SA 516 Grade 70.

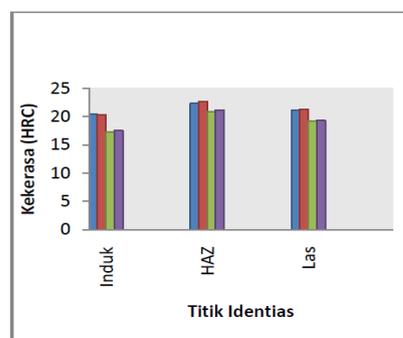
Tabel 8. Interpretasi Koefisien Korelasi Nilai

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0.80 – 1.000	Sangat kuat
0.60 – 0.799	Kuat
0.40 – 0.599	Cukup kuat
0.20 – 0.399	Rendah
0.00 – 0.199	Sangat rendah

Dari perhitungan di atas didapat korelasi (hubungan) antara variasi suhu (x) terhadap tegangan sisa (y) material Baja SA 516 Grade 70 adalah sangat kuat (sangat berpengaruh)



Gambar 9. Grafik Regresi Kekerasan Daerah LAS



Gambar 10. Grafik Perbandingan Uji Kekerasan

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa spesimen yang mengalami perlakuan heat treatment mempunyai tingkat kekerasan yang lebih rendah dari pada spesimen yang tidak

mengalami perlakuan heattreatment yaitu jika di rata-rata pada daerah logam induk sebesar 17,4 HRC, di daerah HAZ 21 HRC dan 19,25 HRC di daerah las, Ini karena proses heat treatment mengurangitegangansisa yang terjadi. Nilai kekerasan pada daerah logam lebih rendah disebabkan penggunaan logam pengisi dari lasan yang memiliki keuletanyangtinggi.Sedangkan daerah HAZ lebih tinggi dari pada daerah las disebabkan mengalami perambatan panas yang menyebabkan perpindahan karbon elektroda ke daerah HAZ. Pada pengelasan baja yang melalui heat treatment tertinggi adalah 21 ini apabila dikonversi ke dalam satuan BHN maka sebesar 232,9 BHN. Nilai kekerasan ini sudah memenuhi syarat yaitu dibawah 235 BHN dan sesuai untuk pembuatan drum ketel uap.Apabila masih diatas 235 BHN maka penghilangan tegangan sisa dianggap masih belum sempurna dan harus diulang lagi.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa perlakuan panas yang dilakukan setelah proses pengelasan pada drum ketel uap sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekerasan.Terutama pada uji tarik, kekuatan tarik lebih kuat yang perlakuan panas dari pada tanpa perlakuan panas yaitu sebesar 490,190 MPa untuk kekuatan tariknya, jika pengelasan tanpa perlakuan panas kekuatan tariknya lebih rendah dari pada raw material (kekuatan bahan asli). Kekuatan luluhnya juga lebih tinggi yang melalui proses perlakuan panas dari yang tidak melalui proses perlakuan panas yaitu sebesar 392,008 MPa dan jika dilakukan perlakuan panas setelah pengelasan pada drum ketel uap tegangan sisa juga berkurang sebesar 29,73%. Pada pengujian kekerasan yang dilakukan pada 3 titik pengaruh yang terjadi setelah perlakuan panas ialah kekerasan pada daerah HAZ, daerah las dan logam induk kekerasannya menurun dan pada pengujian impak didapatkan harga impak dan energi yang sama yaitu energi sebesar 17,0202 joule dan harga impak 0,21273 joule/mm² . Tegangan sisa hanya berpengaruh jelek pada material yang getas dari sambungan las, sedangkan material yang diteliti terjadi patah ulet.

Sehingga sambungan las ini dapat digunakan untuk pembuatan drum ketel uap. Tetapi sambungan las yang lebih baik digunakan untuk pembuatan drum ketel uap ialah sambungan las yang di heat treatment karena kekuatan mekanisnya lebih kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Davies, A. C, (1984),*The Science and Practice Of Welding*, Volume 1, Cambridge University Press, Cambridge.
- Davies, A. C, (1984), *The Science and Practice Of Welding*, Volume 2, Cambridge University Press, Cambridge.
- Harsono Wiryo & Toshi Okumura, (2008),*Teknologi Pengelasan logam*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Kearns, W.H, (2003), *Welding Process-Arc & Gas Welding and Cutting, Brazing and Soldering AWS. Welding Hand Book Seventh Edition Volume 2*, America.
- Sujana I Wayan & Widi I Komang Astana, (2013),*Metalurgi Fisik*, Institut Teknologi Nasional.Malang.
- Surdia Tata & Saito Shinroku, (1984), *Pengetahuan Bahan Teknik*. Pradya Paramita, Jakarta.