

Analisis Kekuatan Material Pengaruh *Heat Treatment* pada Hasil Pengecoran Scrap Tepang SPCE-SD sebagai Alternatif Daur Ulang Material Bantu Produksi Alat Musik *Saxophone*

Danang Harianto^{1*}, Moh. Miftachul Munir², dan Hendri Budi K.³

¹Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

Email: danangharianto24@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan besi tepang yang masih impor dari negara lain tentunya beresiko terjadi keterlambatan pengiriman sehingga menghambat proses produksi. Setiap dua minggu sekali, PT. X menjual scrap tepang sebanyak 350 kg (*List of Packing, Weight, & Measurement*) berdasarkan data penjualan scrap material tanggal 21 November 2016. Penelitian ini membahas tentang proses daur ulang material scrap besi tepang SPCE-SD menjadi besi tepang yang siap digunakan kembali untuk membantu proses produksi saxophone. Material tepang yang sudah menjadi scrap dicampur dengan baja SS400 dengan perbandingan jumlah keduanya 1:20 dileburkan bersamaan sampai suhu 1600°C. Uji komposisi material menunjukkan bahwa material hasil pengecoran menghasilkan kadar karbon 0,12% dengan kadar besi 97,7% sedangkan material tepang awalnya memiliki kadar karbon 0,03% dan besi murni 99,6%. Adanya perlakuan panas (*annealing, normalizing*) pada temperatur 880°C dengan holding time 1,5jam yang diberikan pada hasil pengecoran telah mereduksi / mengurangi nilai kekuatan tarik dan kekerasan material. Rata-rata nilai kekerasan material tepang awal sebesar 115,54HV. Sementara pada hasil pengecoran (172,66HV dan 487,8MPa), material normalizing (164,24HV dan 477,1MPa), material annealing (146,62HV dan 459,7MPa). Oleh karena itu, metode perlakuan panas yang cocok untuk membuat produk tepang hasil pengecoran adalah metode annealing. Hasil stuktur mikro material annealing yang terbentuk lebih renggang dan daerah terang (*ferrite*) mendominasi struktur.

Kata kunci : Pengecoran logam, perlakuan panas, annealing, normalizing, material SPCE-SD

1. PENDAHULUAN

Besi tepang merupakan material besi paduan dengan penamaan SPCE-SD berdasarkan JIS (*Japan Industrial Standard*). Material ini berperan penting dalam proses *kanbiki as body saxophone* untuk pembentukan *body saxophone* menjadi lebih sempurna. Dalam satu kali proses pengerjaannya menghasilkan satu buah scrap tepang yang selanjutnya tidak digunakan kembali dan dibuang (Gambar 1). Untuk mengefisienkan scrap material ini, maka pengolahan material kembali (*recycle of material*) perlu dilakukan. Mulai dari proses penghancuran dan peleburan besi tepang, perlakuan panas (*heat treatment*) yang diberikan, hingga menjadi plat besi yang siap dibentuk kembali.



Gambar 1. Besi Tepang SPCE-SD

Penelitian ini membahas mengenai proses pengolahan (*recycle*) scrap material tepang menjadi besi tepang yang siap untuk proses produksi *saxophone* kembali. Material tepang yang sudah menjadi scrap dileburkan sampai suhu rekristalisasi, kemudian diberi perlakuan panas yang berbeda (*Annealing, Normalizing*) dari kedua sample yang digunakan. Sementara, variabel-variabel penelitian yang diambil diantaranya lama waktu pemanasan / pendinginan, dan besar temperatur leleh yang diberikan.

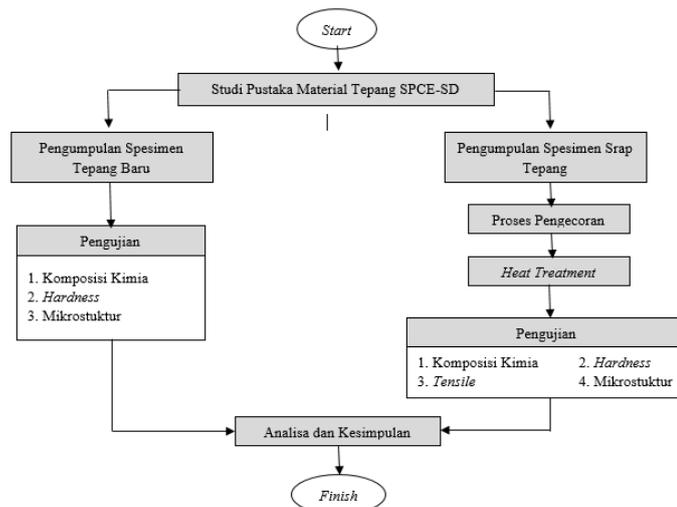
Suhariyanto (dalam Raharjo 2011 : 108) menjelaskan bahwa unsur komposisi kimia setiap spesimen mempengaruhi sifat mekanik dan karakteristiknya, sifat mekanik suatu paduan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti: komposisi kimia, perlakuan panas (*heat treatment*), proses pengecoran dan proses pengerjaan, jadi dengan merubah komposisi kimia sampai batas tertentu, maka sifat mekanik akan berubah sesuai dengan yang diinginkan. Oleh karena itu, hasil peleburan material selanjutnya akan diuji komposisi / kandungan unsur material melalui *chemical test*. Sementara untuk mengetahui keuletan dari materialnya sendiri dengan melakukan *tensile test* dan *hardness test*. Hasil dari pengujian yang dilakukan selanjutnya akan dibandingkan dengan data karakteristik material SPCE-SD yang dikeluarkan oleh JIS (*Japan Industrial Standard*) G3141.

Raharjo Samsudi, dkk (2011) dalam jurnalnya yang berjudul “Analisa Pengaruh Pengecoran Ulang Terhadap Sifat Mekanik Paduan Alumunium ADC 12” menjelaskan bahwa *remelting* atau pengecoran ulang dapat menurunkan sifat kekerasan dan menambah tingkat porositas material. Paduan alumunium ADC 12 dengan kekerasan menurun dari 95,4 HRB menjadi 71,8 HRB dan porositas dari 5,77% menjadi 34,97% dengan temperatur penuangan 700°C.

Purwono sujo, dkk (2014) dalam jurnalnya yang berjudul “Pengaruh Proses *Heat Treatment* Terhadap Perubahan Struktur Mikro dan Kekerasan Bahan *Guide Valve* Sepedamotor” menjelaskan bahwa temperatur *heat treatment* berpengaruh terhadap harga kekerasan bahan *guide valve*. Temperatur kritis (A1) besi tuang kelabu yang digunakan sebagai *guide valve* berdasarkan kandungan komposisi kimia adalah 765,585 °C (1413,635 °F). Proses *heat treatment* dibawah temperatur kritis menyebabkan penurunan harga kekerasan. Proses *heat treatment* diatas temperatur kritis menyebabkan peningkatan harga kekerasan. Struktur mikro dari besi tuang kelabu terdiri dari matrik perlit dengan serpihan grafit (*grafite flakes*) yang meyebar secara merata. Persentase karbon dan silikon sangat berpengaruh terhadap pembentukan serpihan grafit dan pembentukan matrik perlit. Proses *heat treatment* pada besi tuang kelabu untuk bahan *guide valve* berpengaruh terhadap perubahan bentuk serpihan grafit.

2. METODOLOGI

Penelitian awal yang dilakukan yaitu mencari data material SPCE-SD mengenai sifat mekanik maupun unsur komposisi kimia penyusun material berdasarkan JIS G3141 e2005. Untuk mengetahui langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut;



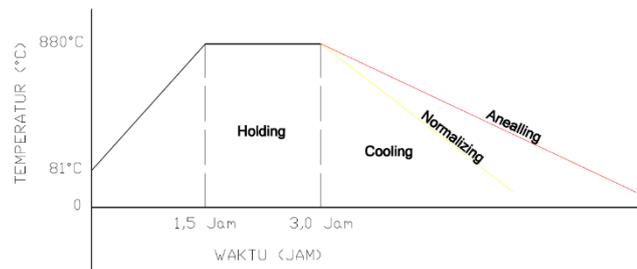
Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

2.1. Pengecoran scrap tepang

Pengecoran scrap material tepang SPCE-SD dilakukan dengan bantuan tungku pemanas dengan suhu maksimal 1600°C selama ±4 jam. Pengecoran material dilakukan di PT. Logamindo Sarimulya Sidoarjo melalui proses pengecoran *Sand Casting* (media pasir). Media pasir yang digunakan berupa pasir kwarsa yang didalamnya mengandung bahan silica. Besi tepang SPCE-SD (20kg) dicampur dengan baja SS400 (400kg) yang kemudian dileburkan secara bersamaan pada proses pengecoran material. Material hasil proses pengecoran berupa bentuk spesimen uji tarik (3 buah) dan spesimen *trial* (4 buah).

2.2. Heat treatment

Proses perlakuan panas dilakukan di Teknik Mesin ITS pada tanggal 10-11 Mei 2017 dengan menggunakan dua metode pendinginan *annealing* dan *normalizing*. Proses *heat treatment* secara garis besarnya dapat dilihat pada Gambar 3 berikut;



Gambar 3. Grafik Temperatur-Waktu Proses *Heat Treatment*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian komposisi kimia

Hasil dari pengujian material tepang SPCE-SD sebelum dan sesudah dileburkan yang dibandingkan dengan standar JIS (*Japan Industrial Standard*) *G3141 e2005*, dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini;

Tabel 1. Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Material Sebelum Proses Pengecoran								
Unsur	C	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	Fe
Kadar (%)	0,03	0,076	0,017	0,004	0,015	0,013	0,033	99,6
Material Sesudah Proses Pengecoran								
Unsur	C	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	Fe
Kadar (%)	0,125	1,24	0,013	0,006	0,011	0,291	0,004	97,7

Sumber : Pengujian *spectrometer* di Lab. Uji bahan PPNS, 2017

Berdasarkan standar yang dikeluarkan JIS G3141 e2005 bahwa material besi paduan karbon rendah (*cold-reduced carbon steel*) dibedakan atas beberapa *grade* menurut komposisi unsur penyusunnya, seperti terlihat pada Tabel 2 berikut;

Tabel 2. Komposisi Kimia *Cold-reduced Carbon Steel*

Symbol of grade	C (Carbon)	Mn (Mangan)	P (Fosfor)	S (Sulfur)
SPCC	0.15 max.	0.60 max.	0.100 max.	0.050 max.
SPCD	0.12 max.	0.50 max.	0.040 max.	0.040 max.
SPCE	0.10 max.	0.45 max.	0.030 max.	0.030 max.

Sumber : *JIS G3141 E2005*

Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa kadar karbon (C) yang ada pada material besi tepang sebesar 0,03%. Setelah melalui proses pengecoran dengan penambahan baja SS400 dengan perbandingan 1:20, maka kadar karbon material mengalami kenaikan sebesar 0,125%. Sementara JIS G3141 e2005 menjelaskan bahwa material SPCE-SD mengandung kadar karbon maksimal 0,1%. Sehingga hasil pengecoran material besi tepang dengan baja SS400 tidak lagi membentuk material SPCE-SD, namun material ini masih tergolong dalam material besi karbon rendah SPCC yang memiliki kadar karbon maksimal sebesar 0,15%.

3.2. Pengujian tarik

Pengujian tarik dilakukan berdasarkan standar JIS Z 2201 dengan menggunakan spesimen plat ketebalan 15mm. Jumlah spesimen pengujian tarik sebanyak 3 buah, yaitu spesimen hasil pengecoran, *annealing* dan *normalizing*. Hasil pengujian tarik dari ketiga spesimen dapat dilihat pada Tabel 3 berikut;

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Tarik

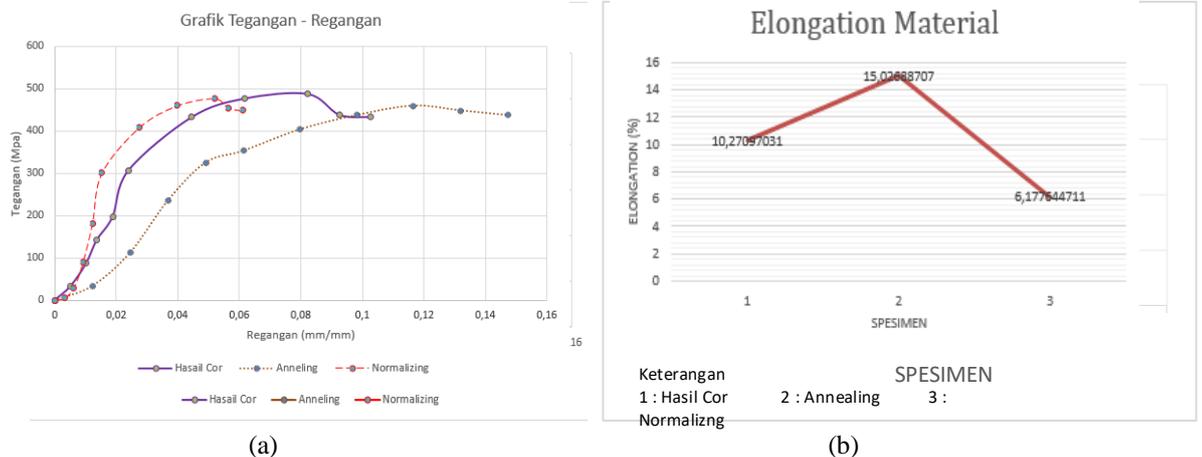
No	Specification sample				Tensile Test Result			
	W ₀ (mm)	t ₀ (mm)	A ₀ (mm) ²	L ₀ (mm)	F _{yield} Kn	F _{Ult} Kn	W ₁ (mm)	t ₁ (mm)
1	19,88	14,93	299,3	100,38	91,87	146	14,3	12,42
2	19,84	15,02	297,99	100,42	105,26	137	15,87	12,64
3	19,64	14,94	293,42	100,2	88,33	140	16,58	13,52

No	Tensile Test Result						
	A ₁ (mm)	L ₁ (mm)	Reduction of Area (%)	Elongation (%)	Yield Stress (σ _{Yield}) kN/mm ²	Ult. Stress (σ _{Ult.}) kN/mm ²	Remark
1	177,61	110,69	40,66	10,27	0,307	0,488	-
2	200,6	115,51	32,69	15,03	0,353	0,459	-
3	224,16	106,39	23,61	6,18	0,301	0,477	-

Sumber : Pengujian tarik di Teknik Mesin ITS, 2017

- Keterangan :
- a) Nomor 1 = Spesimen plat hasil pengecoran
 - b) Nomor 2 = Spesimen plat dengan perlakuan panas *annealing*
 - c) Nomor 3 = Spesimen plat dengan perlakuan panas *normalizing*

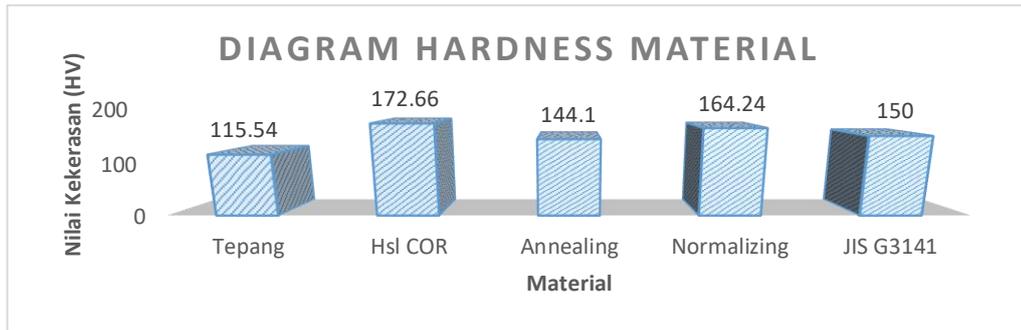
Berdasarkan perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan dan keuletan material berubah tergantung berdasarkan metode pendinginan *heat treatment* yang digunakan. Perbandingan nilai kekerasan dan keuletan material dapat dilihat dari Gambar 4 berikut;



Gambar 4. Grafik Perbandingan Tegangan-Regangan (a) dan *Elongation* (b)

3.3. Pengujian kekerasan

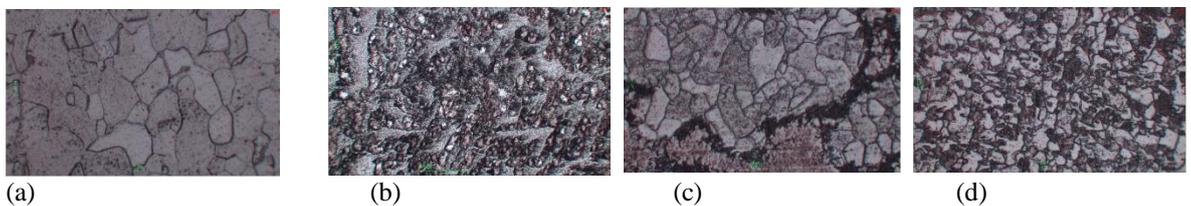
Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode mikro Vickers yang nilai indentasinya sebesar 2 kgf. Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa proses *heat treatment* dapat menurunkan nilai kekerasan material hasil cor. Nilai kekerasan pada spesimen hasil proses perlakuan panas yang memenuhi standar JIS adalah perlakuan panas metode *annealing* dengan nilai 144,1 HV, sementara standar maksimalnya sebesar 150 HV. Perbandingan hasil nilai kekerasan setiap spesimen dapat dilihat pada Gambar 5 berikut;



Gambar 5. Nilai Kekerasan Material

3.4. Pengujian mikro struktur

Hasil dari pengujian mikro struktur setiap spesimen produk dapat dilihat pada Gambar 6 dengan perbesaran gambar 500kali sebagai berikut;



Gambar 6. Hasil Pengujian Mikro Struktur Material Tegang (a), Hasil Cor (b), *annealing* (c), dan *normalizing* (d)

Berdasarkan Gambar 6 diatas menjelaskan bahwa struktur mikro produk tepang yang terbentuk lebih renggang (lunak) dibanding produk hasil pengecoran, *annealing* dan *normalizing*. Struktur pada material tepang adalah ferit (daerah terang), sementara pada spesimen yang lain masih ada struktur perlit (daerah gelap). Perbandingan struktur daerah terang (ferit) dan daerah gelap (perlit) dapat mempengaruhi keuletan dan kekerasan material (*Atlas of Mikrostructures of Industrial Alloys*).

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

7. Scrap besi tepang SPCE-SD yang semula berkadar karbon 0,04% dileburkan bersamaan dengan besi SS400 menghasilkan material baja karbon rendah dengan kadar karbon sebesar 0,125%. Proses peleburan juga meningkatkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik material. Besi tepang dengan nilai kekerasan sebesar 115,54 HV, setelah dicor kembali menjadi 172,66 HV.

8. Proses *heat treatment* pada material hasil pengecoran menyebabkan penurunan nilai kekerasan dan kekuatan tarik serta menambah nilai keuletan (*elongation*) material dengan struktur mikro material yang lebih renggang. Proses perlakuan panas dengan metode *normalizing* menghasilkan material dengan nilai kekerasan (164,24 HV), kekuatan tarik (477,12 MPa), dan *elongation* 6,17%. Sementara metode *annealing* menghasilkan material dengan nilai kekerasan (144,1 HV), kekuatan tarik (459,73 MPa), dan *elongation* 15,02%.

5. DAFTAR PUSTAKA

JIS Z 2201 Test pieces for tensile test for metallic materials. 1998.

Mehl, Robert F. 1972. *Metals Handbook : Atlas of Microstructures of Industrial Alloys*. Vol. 7. Ohio: American Society for Metals

Purwono, S., Duniawan, Agoes dan Huda, Saiful (2014) 'Pengaruh Proses Heat Treatment Terhadap Perubahan Struktur Mikro dan Kekerasan Bahan Guide Valve Sepedamotor', *E-Jurnal Teknik Mesin*, 01(2), pp.14-18.

Raharjo, S., Abdillah, Fuad dan Wanto, Yugonhindra (2011) 'Analisa Pengaruh Pengecoran Ulang Terhadap Sifat Mekanik Paduan Alumunium ADC 12', *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim*, 06(1), pp.106-111.

Yukichi, Fukuzawa. 2005. *JIS G 3141 Cold-reduced Carbon Steel Sheets and Strips, Vol. 15*. Tokyo: Japanese Standards Association