

Analisis Tegangan Lentur ST 42 Pada Proses Pengelasan Melalui Proses Pendinginan yang Bervariasi

Samnur⁽¹⁾, Mursalim⁽²⁾ dan Ridwan D. Mahande⁽³⁾

⁽¹⁾Dosen Teknik Mesin Universitas Negeri Makassar

⁽²⁾Guru SMK Negeri 1 Pitumpanua

⁽³⁾Dosen Univ. PEPABRI Makassar

Jl. Dg. Tata Raya, Kampus UNM Parangtambung Makassar 90224

e-mail : samnur74@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya perbedaan tegangan lentur ST 42 yang disambung dengan proses pengelasan setelah melalui proses pendinginan dengan media pendingin yang bervariasi. Data dalam penelitian ini diperoleh melalui pengujian bending dengan menggunakan mesin uji universal di Laboratorium Uji Bahan Teknik Mesin UNM terhadap spesimen ST 42 yang sebelumnya telah melalui proses penyambungan dengan las kemudian didinginkan dengan media pendingin yang berbeda. Kampuh las yang akan diuji adalah kampuh las V yang merupakan jenis kampuh las yang paling banyak dipakai dalam dunia konstruksi dan media pendingin yang digunakan adalah media pendingin air, oli dan udara. Metode analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan keadaan atau karakteristik data sampel untuk masing-masing variabel penelitian, sedangkan analisis inferensial menggunakan analisis anava satu jalur untuk $n_1 = n_2 = n_3$, dengan terlebih dahulu melakukan uji persyaratan analisis, yaitu uji normalitas berupa uji Chi-Kuadrat dan uji homogenitas. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan tegangan lentur maksimum dari spesimen dengan jenis pendinginan yang berbeda tersebut, namun berdasarkan hasil analisis data, perbedaan tersebut tidak signifikan atau perbedaannya sedikit sehingga disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada tegangan lentur ST 42 yang disambung dengan proses pengelasan setelah melalui proses pendinginan dengan media pendingin yang bervariasi.

Kata Kunci : Uji Bending, Tegangan Lentur

I. Pendahuluan

Dunia rekayasa dan perencanaan konstruksi baja serta teknik pengelasan telah dipergunakan secara luas dalam penyambungan batang-batang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Luasnya penggunaan teknologi ini disebabkan karena bangunan dan mesin yang dibuat dengan mempergunakan teknik penyambungan lebih ringan dan proses pembuatannya lebih sederhana, sehingga biaya keseluruhannya lebih murah. Lingkup penggunaan teknik

pengelasan dalam konstruksi cukup luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa saluran, rel kereta api, dan lain-lain.

Konstruksi hasil pengelasan dalam penggunaannya biasanya di bawah pengaruh gaya atau pembebanan; sebagai contoh konstruksi jembatan yang sebagian besar komponennya dirakit dengan sambungan las. Dalam situasi seperti ini sangat perlu untuk mengetahui karakteristik dari material untuk mendesain komponen-komponen dari bahan tersebut

sehingga tidak akan terjadi deformasi dan kerusakan pada material. Sifat mekanis dari material menggambarkan hubungan antara respon atau deformasi bahan terhadap beban atau gaya yang bekerja. Sifat-sifat mekanis yang penting adalah: kekuatan (*strength*), kekerasan (*hardness*), keuletan (*ductility*) dan ketangguhan (*stiffness*).

Sambungan las terjadi oleh adanya proses penyatuan antara dua logam induk dan diisi oleh logam pengisi berupa kawat yang meleleh karena adanya arus listrik dan tegangan yang besar. Arus dan tegangan listrik tersebut dirubah menjadi energi panas yang cukup tinggi sehingga menyebabkan logam induk dan logam pengisi mencair. Selama proses ini berlangsung, maka terjadi proses pemanasan pada logam yang dilanjutkan dengan proses pendinginan setelah pengelasan selesai. Adanya proses pemanasan ini menyebabkan terjadinya perubahan struktur logam pada daerah di sekitar lasan yang lebih dikenal dengan istilah daerah pengaruh panas (*Heat Affected Zone/HAZ*). Perubahan struktur logam ini akan mempengaruhi sifat mekanis logam yang disambung dengan proses pengelasan, sehingga akan mempengaruhi kualitas dan umur pemakaian konstruksi las tersebut. Kualitas dan umur pemakaian konstruksi pengelasan dianalisis dengan melakukan berbagai macam pengujian misalnya pengujian sinar X, ultrasonik, pengujian tarik maupun pengujian lengkung.

Kekuatan hasil las biasanya dianalisis dengan menggunakan pengujian tarik atau pengujian kekakuan/pengujian lengkung (*bending*) pada sambungan las. Penelitian sebelumnya tentang kekuatan lengkung sambungan las telah dilakukan oleh Istawakkal (2003). Dalam penelitian ini yang dikaji adalah kekuatan lengkung sambungan las kampuh V namun belum memberikan hasil yang optimal dibandingkan dengan material yang normal

(tanpa pengelasan). Peneliti lain Aslim Muda Azis (2006) juga melakukan pengujian kekuatan tarik sambungan las kampuh V untuk dua merek kawat las yang berbeda. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah tidak adanya perbedaan kekuatan tarik hasil las dari kedua macam kawat las tersebut. Peneliti lain Arsyad (2005) juga melakukan penelitian tentang kekuatan lengkung bahan yang diberi perlakuan panas kemudian didinginkan dalam media pendingin oli dengan kekentalan (*viskositas*) yang bervariasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ada perbedaan kekuatan lengkung untuk bahan yang diberi perlakuan panas kemudian didinginkan dengan oli yang memiliki viskositas yang berbeda.

1. Perlakuan panas pada baja

Prosedur perlakuan panas konvensional untuk baja pada dasarnya terdiri atas pemanasan dan pendinginan kontinu dan cepat untuk spesimen austenit dalam beberapa media pendingin, seperti air, oli atau udara. Sifat optimum dari baja yang telah di quench dan kemudian ditemper dapat dicapai hanya jika, selama proses pencelupan (*quenching heat treatment*), spesimen telah membentuk kandungan martensit yang cukup banyak, terbentuknya perlit atau bainit juga akan menghasilkan kombinasi yang lebih baik terhadap sifat-sifat mekanis.

Selama proses pencelupan, tidak mungkin untuk mendinginkan spesimen secara seragam antara bagian luar dan bagian dalam spesimen, dimana bagian luar akan lebih cepat dingin. Sehingga austenit akan bertransformasi dengan variasi temperatur, sehingga memungkinkan terbentuk sejumlah mikrostruktur dan sifat yang bervariasi terhadap posisi dalam spesimen.

Keberhasilan perlakuan panas pada baja untuk menghasilkan struktur mikro martensit yang dominan pada penampang

tergantung pada tiga faktor utama: (1) komposisi paduan, (2) jenis dan karakter media pendingin, dan (3) ukuran dan bentuk spesimen. Untuk poin yang pertama akan dijelaskan terpisah pada pengujian jomini.

2. Pengaruh Media Pendingin, Ukuran dan Bentuk Spesimen.

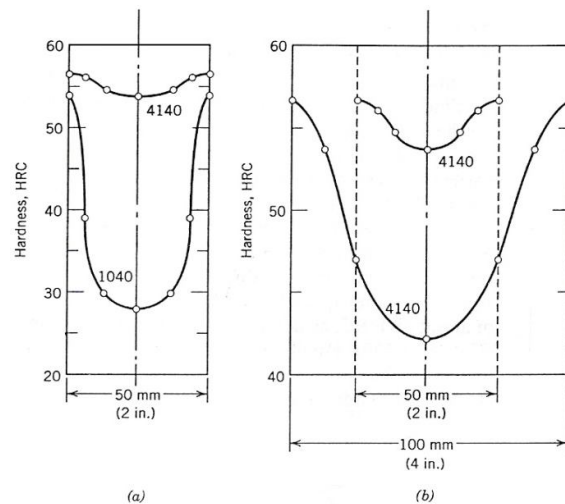
Laju pendinginan spesimen tergantung pada laju ekstraksi energi, yang merupakan fungsi karakteristik dari media pendingin yang bersentuhan dengan permukaan spesimen, begitu juga dengan ukuran dan bentuk spesimen.

Keefektifan pendinginan diindikasikan dengan laju pendinginan; semakin cepat pendinginannya semakin efektif. Dari ketiga media pendingin (air, oli dan udara), air merupakan media pendingin yang paling cepat, disusul oli dan udara. Derajat agitasi dari media pendingin mempengaruhi cepatnya panas dipindahkan. Dengan meningkatkan kecepatan media pendingin yang melewati permukaan spesimen, maka media pendingin semakin efektif. Untuk baja karbon tinggi, media pendingin air terlalu cepat sehingga tidak terlalu bagus karena bisa menyebabkan retakan. Pendinginan dengan udara untuk baja karbon biasa bisa mengakibatkan terbentuknya struktur perlit secara keseluruhan.

Selama proses pendinginan spesimen baja, energi panas ditransfer ke permukaan sebelum dilepaskan ke media pendingin. Konsekuensinya, laju pendinginan bagian dalam dan luar spesimen bervariasi terhadap jarak dan tergantung pada ukuran dan bentuk spesimen.

Kurva kemampukerasan (*hardenability*) pada Gambar 1 untuk media pendingin yang bervariasi, dapat digunakan untuk keperluan pemilihan material baja paduan khusus untuk keperluan spesifik. Untuk komponen yang digunakan untuk aplikasi tegangan tinggi,

maka fasa martensit yang harus dihasilkan dalam proses perlakuan panas minimal 80%.



Gambar 1 Profil kekerasan bahan dalam arah radial untuk (a) material baja 1040 dan 4140 berdiameter 50 mm dan (b) spesimen baja 4140 yang dicelup dalam air berdiameter 50 mm dan 100 mm (Callister, 1997)

3. Pengujian kekakuan

Tujuan utama pengujian ini adalah melihat sifat kaku dari spesimen terhadap pembebanan yang diberikan. Dalam kasus ini beban diberikan pada penampang melintang bahan kemudian yang dilihat adalah besarnya kelengkungan/defleksi yang dialami material.

Pengujian ini dapat dilakukan baik pada daerah elastis maupun sampai bahan uji patah. Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah sama dengan alat uji tarik (*Universal Testing Machine*) pada seksi uji bending.

Pengujian kekakuan dapat dilakukan untuk material getas maupun material ulet. Untuk material getas lebih cocok digunakan uji kekakuan karena material getas sangat susah untuk diuji tarik, karena hanya dengan deformasi yang sedikit saja, material sudah mengalami

putus. Sementara untuk bahan ulet, pengujian ini cenderung dilakukan untuk melihat adanya retakan-retakan/cacat pada permukaan bahan.

Pada pengujian ini bahan uji bisa berbentuk batang persegi empat pejal maupun batang bulat pejal yang diberikan beban penekan tepat pada pertengahan batang dan pada kedua ujungnya diberi tumpuan, sehingga biasa juga dikenal dengan istilah teknik pembebanan tiga titik (*three-point loading technique*). Pada titik pembebanan di tengah batang, permukaan luar spesimen bagian atas akan mengalami tegangan tekan (ada perpendekan dimensi), sementara pada permukaan luar spesimen bagian bawah akan mengalami tegangan tarik (ada perpanjangan dimensi) dan pada pertengahan spesimen (bagian sumbu spesimen) tetap normal.

Besarnya tegangan dihitung berdasarkan ketebalan spesimen, momen lentur, dan momen inersia penampang bahan uji baik untuk penampang bahan persegi empat maupun penampang bulat. Tegangan tarik maksimum terjadi pada permukaan terluar spesimen bagian bawah sejajar dengan sumbu beban penekan.

Besarnya tegangan lentur yang terjadi pada spesimen secara umum dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{M.c}{I} \quad (1)$$

Keterangan :

- M = momen lentur maksimum
- C = jarak ke sumbu spesimen
- I = momen inersia penampang
- σ = tegangan lentur
- δ = defleksi
- L = lebar spesimen uji
- D = tebal spesimen uji
- R = jari-jari spesimen

Harga momen lentur, pusat sumbu, momen inersia dan tegangan lentur untuk kedua jenis bentuk penampang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel1. Harga momen lentur, pusat sumbu, momen inersia dan tegangan lentur untuk penampang bulat dan persegi empat.

Penampang	M	c	I	σ
Persegi empat	$\frac{F.L}{4}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{b.d^3}{12}$	$\frac{3F.L}{2b.d^2}$
Bulat	$\frac{F.L}{4}$	R	$\frac{\pi R^4}{4}$	$\frac{F.L}{\pi R^3}$

Sumber : Callister, 1997

Hubungan antara defleksi δ dengan modulus elastis bahan E diperlihatkan pada persamaan berikut:

$$\delta = \frac{FL^3}{48EI} \quad (2)$$

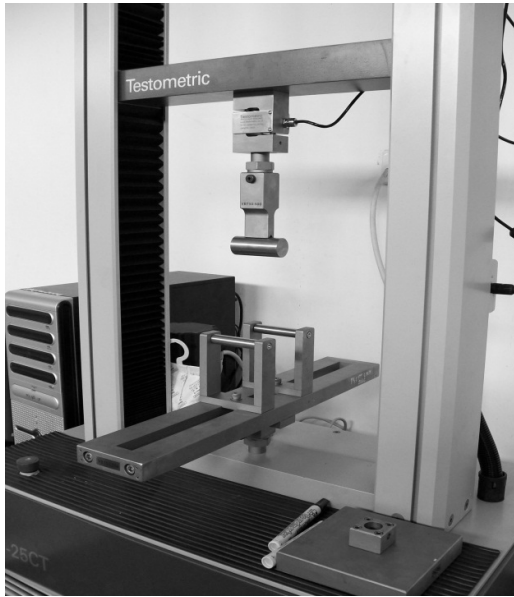
II. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah:

- a. Besi strip ST 42 ukuran 6m x 25,4 mm x 6 mm yang kemudian dibuat dalam bentuk potongan-potongan spesimen uji kekakuan dengan ukuran untuk setiap potongan panjang 100mm x lebar 25,4mm x tebal 6mm. Jumlah potongan sampel untuk setiap kelompok media pendingin sebanyak 20 potong atau 10 pasang setelah melalui proses las.
- b. Elektroda las tipe E 6013 diameter 3,2 mm.
- c. Media pendingin berupa oli (Mesran SAE 40), air dan udara

Tahapan selanjutnya adalah proses pengujian kekakuan untuk mengetahui besarnya tegangan lentur untuk setiap spesimen berdasarkan ketiga kelompok media pendingin tersebut di atas. Pengujian dilakukan pada mesin uji universal (*universal testing machine*) type

M500 25CT. Mesin uji universal ini dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar2 Mesin Uji Universal (*Universal Testing Machine*) yang telah disetting untuk pengujian kekakuan

Metode analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan keadaan atau karakteristik data sampel untuk masing-masing variabel penelitian dengan menggunakan teknik deskriptif yang meliputi harga minimum, harga maksimum, rata-rata (Mean) dan standar deviasi (SD), sedangkan analisis inferensial digunakan analisis anava satu jalur untuk $n_1 = n_2 = n_3$, dengan terlebih dahulu melakukan uji persyaratan analisis, yaitu uji normalitas berupa uji Chi-Kuadrat dan uji homogenitas.

III. Hasil dan Diskusi

Besarnya tegangan lentur maksimum yang didapatkan dari tiga kelompok spesimen uji berdasarkan jenis pendinginan setelah melalui pengujian

pada mesin uji universal Type M500 25CT, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Tegangan Lentur Maksimum

No.	Tegangan Lentur Maksimum (N/mm ²)		
	Pendingin Air	Pendingin Oli	Pendingin Udara
1	604.96	751.65	590.36
2	637.63	640.16	579.26
3	744.80	631.18	519.40
4	685.98	738.90	561.43
5	704.88	742.20	532.28
6	698.74	702.28	526.16
7	606.85	736.06	498.38
8	645.35	708.19	582.19
9	731.34	679.37	557.60
10	524.46	594.66	492.38

Berdasarkan data hasil penelitian dan analisis deskriptifnya, diperoleh informasi bahwa rata-rata tegangan lentur maksimum yang terbesar dimiliki oleh spesimen dengan pendingin oli sebesar 692,47 N/mm² sedangkan rata-rata tegangan lentur maksimum yang terkecil dimiliki oleh spesimen dengan pendingin udara sebesar 543,94 N/mm² dan air mempunyai rata-rata tegangan lentur sebesar 658.50 N/mm². Akan tetapi jika ditinjau dari standar deviasinya, spesimen dengan pendingin air memiliki standar deviasi yang tertinggi sebesar 67.81 dan spesimen dengan pendingin udara memiliki standar deviasi yang terendah yaitu 35.19 serta spesimen dengan pendingin oli memiliki standar deviasisebesar 54.37.

Berdasarkan data di atas, dapat dilihat perbedaan rata-rata ketiga jenis spesimen tersebut. Spesimen pendingin air dan oli memiliki perbedaan rata-rata tegangan lentur maksimum sebesar 33,97 N/mm² sedangkan spesimen pendingin air

dan udara memiliki perbedaan rata-rata tegangan lentur maksimum sebesar $114,56 \text{ N/mm}^2$ dan sedangkan spesimen pendingin oli dan udara memiliki perbedaan rata-rata tegangan lentur maksimum sebesar $148,53 \text{ N/mm}^2$.

Berdasarkan hasil analisis infrensialnya, diperoleh suatu informasi bahwa hasil uji normalitas dan uji homogenitas menunjukkan data setiap kelompok pengujian berdistribusi normal dan mempunyai kesamaan varians yang memenuhi persyaratan untuk dilakukan pengujian hipotesis.

Pada hasil pengujian hipotesis diperoleh kesimpulan bahwa nilai dari tegangan lentur ST 42 yang disambung dengan proses pengelasan setelah melalui proses pendinginan dengan media pendingin yang bervariasi ternyata tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

Meskipun dari hasil statistik diperoleh bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap tegangan lentur ST 42 yang disambung dengan proses pengelasan setelah melalui proses pendinginan dengan media pendingin yang bervariasi (hipotesis ditolak), namun berdasarkan data mentah dan pengamatan selama pengujian di lapangan, penulis dapat mengambil kesimpulan bahwa terdapat perbedaan dari ketiga jenis spesimen tersebut meskipun hanya sedikit (tidak signifikan). Ada beberapa hal yang mempengaruhi hasil penelitian ini antara lain:

1. Bahan penelitian ini merupakan baja yang umum dipakai untuk konstruksi yang jika diberi perlakuan, perubahan sifatnya tidak akan terlalu jauh berbeda.
2. Proses pengelasan; tidak dapat dijamin bahwa proses pengelasan akan selamanya konstan karena yang dipakai dalam proses pengelasan bukan tenaga mesin melainkan tenaga manusia. Selain itu, tegangan dan arus listrik yang dipakai hanya diperkirakan dan tidak stabil karena fasilitas

laboratorium untuk mesin las tidak memakai stabilizer.

3. Proses pendinginan setelah pengelasan, yaitu pada saat dicelupkan ke dalam media pendingin, permukaan spesimen sesekali tidak bersentuhan langsung dengan media pendingin (air dan oli) karena biasanya terdapat gelembung-gelembung udara dalam media pendingin tersebut dan hal itu juga sangat mempengaruhi laju pendinginan pada spesimen. Selain itu, suhu media pendingin tidak bisa dijamin konstan karena ditempatkan pada media yang tidak mengalir.

Selain tegangan lentur maksimum, kita juga dapat meninjau ketiga spesimen dari defleksi maksimum yang terjadi. Pada saat pengujian di lapangan, sangat jelas perbedaan ketiga jenis spesimen tersebut. Spesimen yang didinginkan dengan air memiliki tingkat defleksi yang paling rendah sedangkan spesimen yang didinginkan dengan udara memiliki tingkat defleksi yang paling tinggi dan spesimen yang didinginkan dengan oli memiliki tingkat defleksi sedang.

Hal ini menunjukkan bahwa selain material pengisi pada saat pengelasan, proses pendinginan juga sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Perubahan fasa cair ke padat berlangsung cepat pada spesimen yang didinginkan dengan air sehingga yang banyak terbentuk pada spesimen adalah martensit yang menyebabkan spesimen menjadi getas. Pada spesimen yang didinginkan dengan oli, perubahan fasa cair ke padat berlangsung lebih lambat sehingga spesimen tidak terlalu getas. Perubahan fasa cair ke padat berlangsung lambat pada spesimen yang didinginkan dengan udara sehingga yang banyak terbentuk pada spesimen adalah bainit yang menyebabkan spesimen menjadi ulet.

Berdasarkan hal tersebut di atas, diperoleh informasi bahwa kualitas hasil pengelasan itu bukan hanya tergantung

pada keterampilan dalam mengelas dan material pengisinya tapi juga tergantung pada proses pendinginannya. Apabila diinginkan suatu bahan hasil pengelasan yang lebih getas, maka proses pendinginan yang lebih baik ditempuh adalah dengan menggunakan air. Sebaliknya, jika diinginkan suatu bahan hasil pengelasan yang lebih ulet, maka proses pendinginan yang lebih baik ditempuh adalah dengan udara bebas.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh di lapangan, dapat dilihat perbedaan rata-rata spesimen dengan jenis pendinginan yang berbeda tersebut. Spesimen pendingin air dan oli memiliki perbedaan rata-rata tegangan lentur maksimum sebesar 33,97 N/mm², spesimen pendingin air dan udara memiliki perbedaan rata-rata tegangan lentur maksimum sebesar 114,56 N/mm², dan spesimen pendingin oli dan udara memiliki perbedaan rata-rata tegangan lentur maksimum sebesar 148,53 N/mm². Berdasarkan hasil yang diperoleh, sebenarnya terdapat perbedaan tegangan lentur maksimum dari spesimen dengan jenis pendinginan yang berbeda tersebut, namun berdasarkan hasil analisis data, perbedaan tersebut tidak signifikan atau perbedaannya sedikit sehingga disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada tegangan lentur ST 42 yang disambung dengan proses pengelasan setelah melalui proses pendinginan dengan media pendingin yang bervariasi.

Berdasarkan penelitian ini juga, diperoleh informasi bahwa kualitas hasil pengelasan itu bukan hanya tergantung pada keterampilan dalam mengelas dan material pengisinya tapi juga tergantung pada proses pendinginannya. Apabila diinginkan suatu bahan hasil pengelasan yang lebih getas, maka proses pendinginan yang lebih baik ditempuh adalah dengan

menggunakan air. Sebaliknya, jika diinginkan suatu bahan hasil pengelasan yang lebih ulet, maka proses pendinginan yang lebih baik ditempuh adalah dengan udara bebas.

Kepustakaan

- Arikunto, Suharsimi. 1998. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta:Rineka Cipta.
- Arsyad. 2005. *Analisis Pagaruh Perlakuan Panas terhadap Kekuatan Lengkung Baja ST37 Media Pendingin Oli dengan Viskositas Bervariasi*. Makassar: Universitas Negeri Makassar.
- Aslim Muda Azis. 2006. *Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Baja ST37 pada Jenis Kawat Las yang Berbeda*. Makassar: Universitas Negeri Makassar.
- Callister, W.D. 1997. *Material Science and Engineering*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Furqon. 1999. *Statistika Terapan Untuk Penelitian*. Cetakan Kedua. Jakarta: Alfabeta.
- Istawakkal. 2003. *Analisis Tegangan Lengkung Sambungan Las Kampuh V pada Baja ST37*. Makassar: Universitas Negeri Makassar.
- Samnur. 2006. *Pengujian dan Pemeriksaan Bahan*. Makassar: Lembaga Penerbit Universitas Negeri Makassar.

