MENINGKATKAN KEKUATAN SAMBUNGAN LAS *Q&T STEEL* LOKAL DENGAN *MGMAW* TANPA PENERAPAN *PH* DAN *PWHT*

Yurianto [1)], Pratikto [2)], Rudy Sunoko [3)] Wahyono Suprapto [4)]

[1),2),3),4)]Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono, Malang, Jawa Timur, Indonesia
[1)]Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH. Kampus Tembalang Semarang Jawa Tengah Indonesia
Email: yurianto@undip.ac.id dan yurianto_narimin@yahoo.com

Abstrak. *Quenched and tempered steel lokal adalah baja kekuatan dan kekerasan tinggi tanpa kandungan unsur boron yang dibuat oleh bangsa Indonesia untuk komponen yang menuntut kekuatan dan kekerasan tinggi. Baja ini sulit dilas (peka terhadap retak panas las) karena kandungan carbon 0.3581% dengan kesetaraan carbon ± 0.8055%, kekerasan rata-rata 403 BHN. Untuk menghindari resiko ini, diterapkan pemanasan awal dan perlakuan panas pasca pengelasan (syarat pengelasan baja kekuatan dan kekerasan tinggi) untuk menurunkan perbedaan temperatur antara logam dasar dan panas masuk. Penelitian bertujuan untuk meningkatkan kekuatan sambungan las quenched and tempered steel lokal yang dilas tanpa pemanasan awal dan perlakuan panas pasca pengelasan. Metode yang digunakan adalah observasi pada sambungan las dengan metalografi optik, uji kekerasan mikro dan uji takik sebelum dan setelah water quenching. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan dan ketangguhan masing-masing wilayah berkaitan dengan temperatur austenitisasi.*

***Kata kunci**: austenitisasi, water quenching, martensite, kekerasan, daerah terpengaruh panas*

1. Pendahuluan

Quenched & Tempered Steel (*Q&T Steel*) adalah baja kekuatan dan kekerasan tinggi buatan Indonesia, bahan awal adalah *hot rolled plate steel* yang di *quench* dengan media pendingin air dan di *temper*. Penggunaan *Q&T Steel* adalah untuk komponen yang menuntut kekuatan dan kekerasan tinggi (produk komersial dan militer). Dengan *carbon* ± 0,3581% dan kesetaraan *carbon* ± 0.8055% membuatnya sulit dilas [1, 2], dan rentan pada retakan. Untuk menghindari resiko retak, sebelum pengelasan dilakukan *preheating (PH)* dan setelah pengelasan dilakukan *post weld heat treatment (PWHT)*. Kedua perlakuan panas ini merupakan syarat sebelum pengelasan *Q&T Steel*, namun kenyataan dilapangan selesai pengelasan didinginkan dengan air.

Dalam penelitian ini, rumusan masalah yang diangkat adalah "apakah kekuatan sambungan las tanpa *PH* dan *PWHT* (didinginkan dengan air) bisa meningkat ?.

Penelitian ini bertujuan meningkatkan kekuatan sambungan las *Q&T Steel* lokal hasil pengelasan *manual gas metal arc welding* (*MGMAW*) tanpa mererapkan *PH* dan *PWHT*.

Bahan adalah *Q&T Steel* local, yang tergolong *medium carbon and carbon-manganese steels* [3, 4, 5, 6] dengan kandungan unsur seperti dalam Tabel 1. Pengelasan dilakukan tiga lapis, tanpa *PH* dan *PWHT* dengan *welding procedure specification* pada Tabel 2, kampuh las seperti dalam Gambar 1.

Tahapan penelitian adalah melakukan observasi metalografi (optik), kekerasan mikro dan takik (*Charpy*) pada sambungan las sebelum dan setelah mendapatkan perlakuan panas *quenching* dengan variasi temperatur: 750^{o}C; 800^{o}C; 850^{o}C; 900^{o}C dengan media pendingin air. Uji takik dipusatkan pada daerah terpengeruh panas (*heat affected zone – HAZ*), benda uji ditunjukkan dalam Gambar 2.

2. Pembahasan

Hasil penelitian yang sudah dilakukan, masing-masing ditunjukkan dalam Gambar 3 – Gambar 7 berupa metalografi. Sementara hasil observasi kekerasan dan *impact energy (IE)* masing-masing ditunjukkan dalam Gambar 8 dan Gambar 9.

Umumnya baja paduan dengan *carbon* > 0,20% dianggap sebagai baja yang bisa diperlakukan panas (*heat treatable steels*). Baja dengan *carbon = (0,1 - 0,3)%* biasanya bisa dilas tanpa *PH*, *PWHT,* atau elektroda yang khusus [7]. *Carbon* dalam baja ≤ 0,3% akan meningkatkan temperatur *eutectoid* [8].

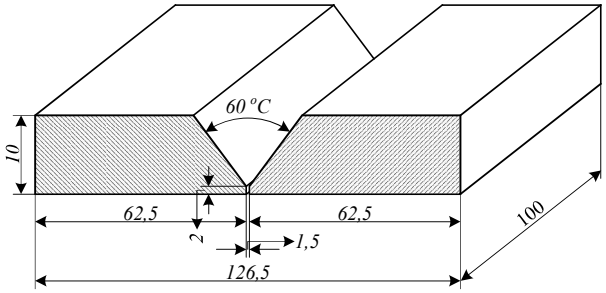
Tabel 1 Komposisi kimia *Q&T Steel* yang diteliti

Unsur	C	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Si	V	Fe
wt%	0.3581	0.7589	0,0739	1.2274	0.1997	0.4221	0.2547	0,0054	96.6998

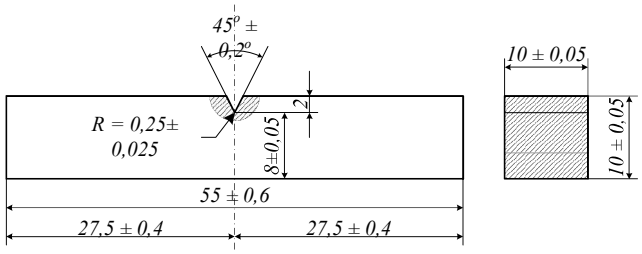
Tabel 2 *Welding procedure*

Baja	: *Q&T Steel*
Tebal	: 8 mm
Logam pengisi	: *AWS E71-T1*
Diameter kawat	: 1.2 mm
Polaritas	: *DC+*
Gas pelindung	: CO_2

Teknik	: *String*
Amperage	: (145 – 175) *A*
Voltage	: (22 – 23) *volts*
Travelling speed	: (4.5 – 5.0) mm/menit
Perlakuan panas	: Tanpa perlakuan panas
Posisi	: 1G



Gambar 1. *V butt joint* dalam penelitian ini



Gambar 2. Benda uji takik menurut *ASTM E*

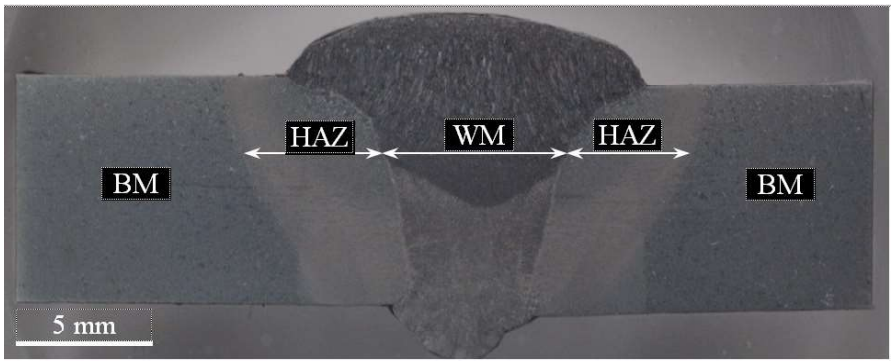
Kandungan *carbon* yang lebih tinggi didalam logam dasar (*base metal - BM)* akan meningkatkan kepekaan terhadap retak yang disebabkan oleh *hydrogen* (*hydrogen induced cracking - HIC)* didalam *HAZ.*

Gambar 3a menunjukkan struktur makro untuk sambungan las *standard* (sebelum *water quenching*). Nampak jelas perbedaan antara struktur *BM*, *HAZ*, *fusion line (FL)* dan *weld metal (WM)*. Gambar 3b – 3e menunjukkan struktur mikro dari *BM*, *HAZ*, *FL* dan *WM*. Pada *BM* nampak struktur *martensite* (berupa serpihan tajam), zona ini mempunyai kekerasan (kekuatan) paling tinggi. Zona yang lain mempunyai kekerasan lebih rendah, dan perbedaan kekerasan ini akan memacu timbulnya keretakan. Sementara profil kekerasan ditunjukkan dalam Gambar 8.

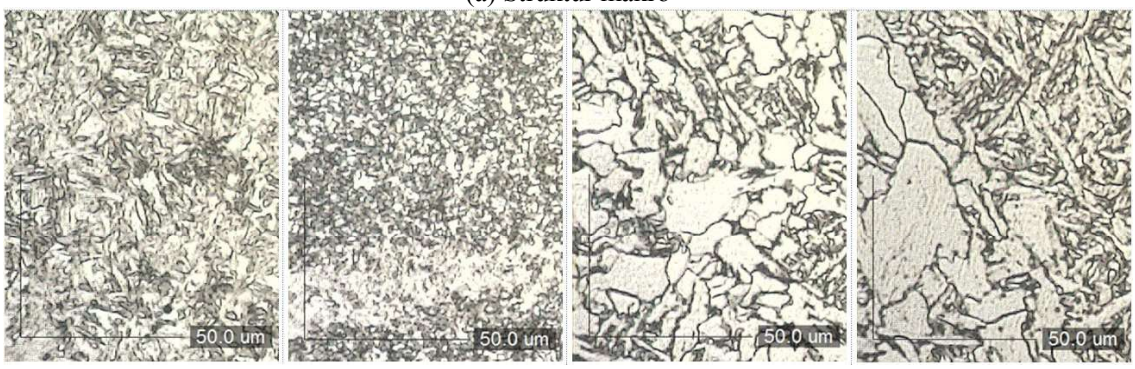
Gambar 4a menunjukkan struktur makro setelah *water quench 750°C*. Batas lapis pertama dan kedua tidak nampak, demikian juga *HAZ*. Yang masih nampak adalah batas antara *BM* dan *WM*. Struktur makro *WM* nampak lebih halus. Struktur *HAZ* nampak lebih kasar dan kekerasannya lebih tinggi dibanding *BM*. *FL* nampak lebih halus berbentuk *witmanstaeten*, dan kekerasannya meningkat (Gambar 4d). Gambar 4e menunjukkan struktur mikro *WM* yang lebih kasar dan kekerasannya naik.

Gambar 5a menunjukkan struktur makro setelah *water quench 800°C*, struktur lebih halus. Batas *WM* nampak kabur (terjadi penghalusan struktur butiran). Kekerasan *BM* dan *HAZ* meningkat dan *WM* mengalami penurunan kekerasan. Gambar 5b – 5e, kekerasan *BM, HAZ, FL* meningkat (*WM* menurun).

Gambar 6a menunjukkan struktur makro (*quenched 850°C*), nampak batas antara *BM* dan *WM* yang



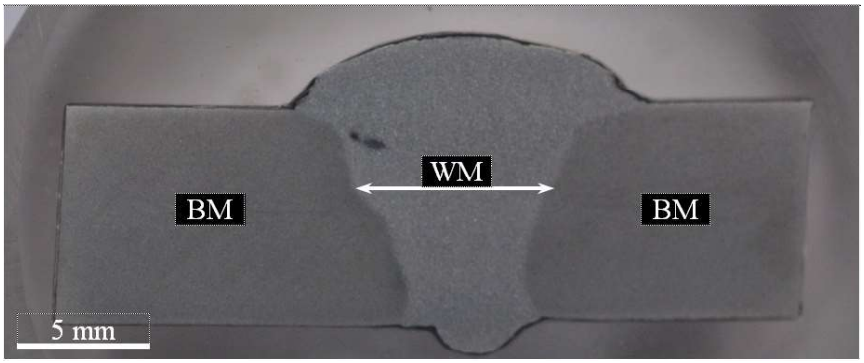
(a) Struktur makro



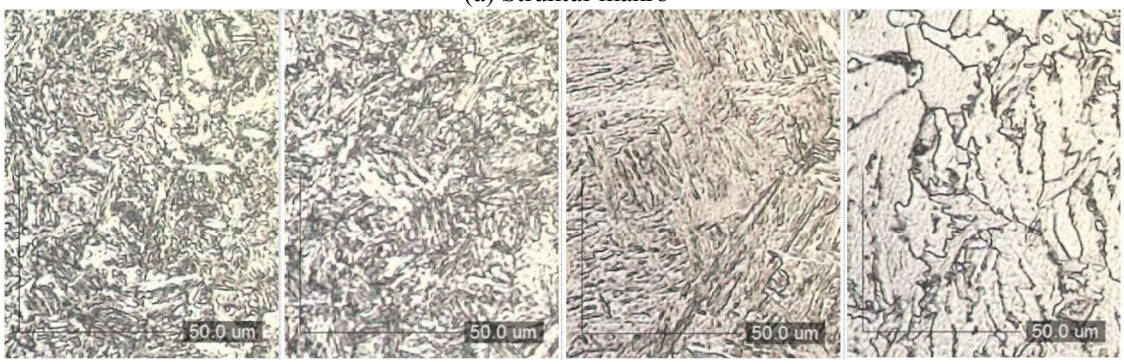
(b) *BM* (c) *HAZ* (d) *FL* (e) *WM*

(406 BHN = 1401 MPa) (358 BHN = 1235 MPa) (209 BHN = 721 MPa) (198 BHN = 683)

Gambar 3. Struktur makro dan mikro kondisi *standard*. Etsa 97% alkohol + 3% HNO_3.



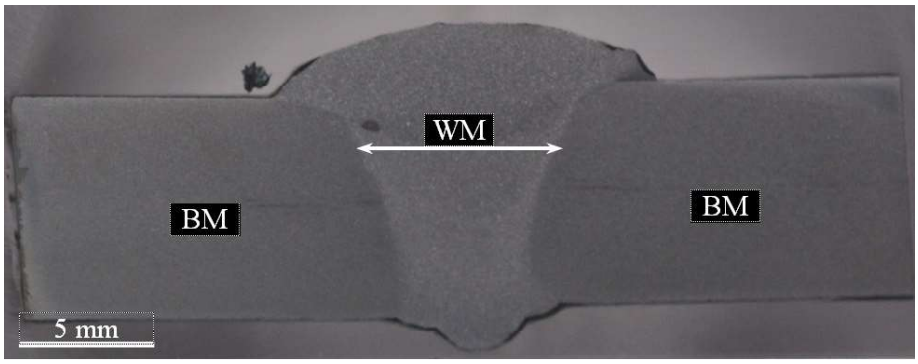
(a) Struktur makro



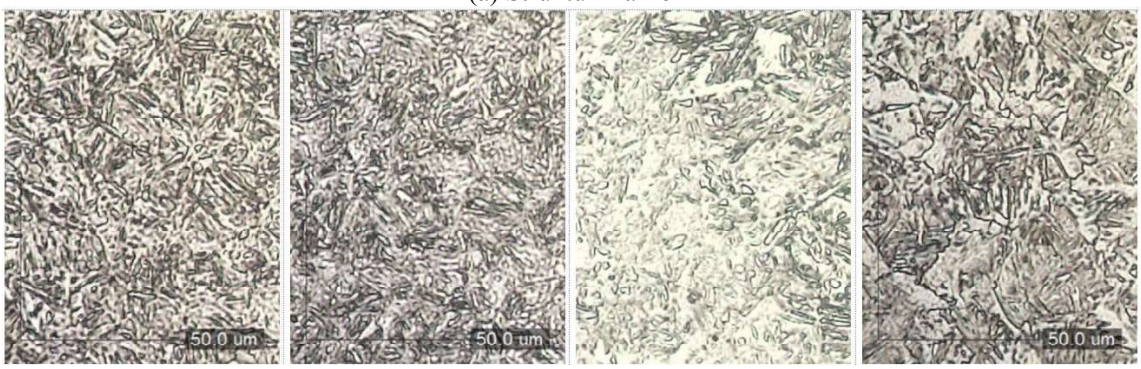
(b) *BM* (c) *HAZ* (d) *FL* (e) *WM*

(426 BHN = 1470 MPa) (466 BHN = 1608 MPa) (421 BHN = 1452 MPa) (284 BHN = 980 MPa)

Gambar 4. Struktur makro dan mikro setelah *quench* 750^{o}C. Etsa 97% alkohol + 3% HNO_3.



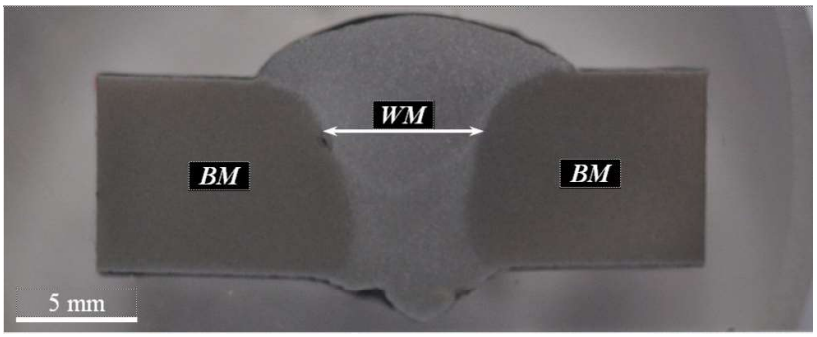
(a) Struktur makro



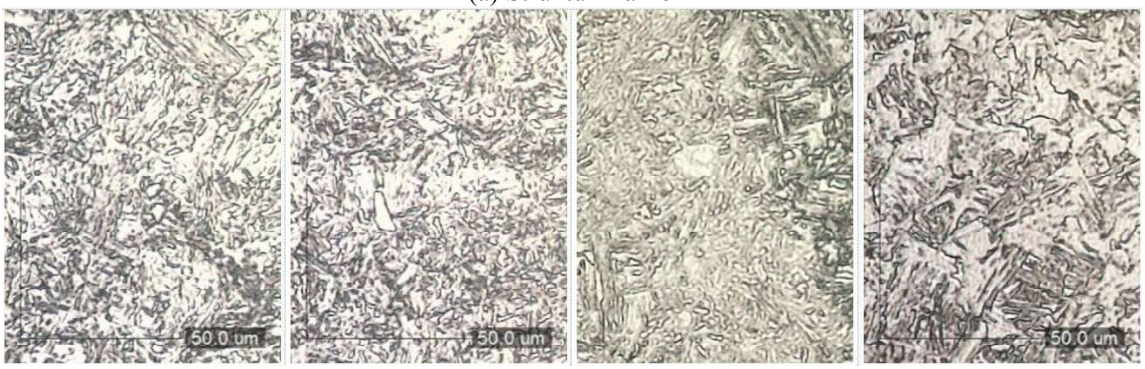
(b) *BM* (c) *HAZ* (d) *FL* (e) *WM*

(521 BHN = 1797 MPa) (506 BHN = 1746 MPa) (415 BHN = 1432 MPa) (264 BHN = 911 MPa)

Gambar 5. Struktur makro dan mikro setelah *quench* 800^{o}C. Etsa 97% alkohol + 3% HNO_3.



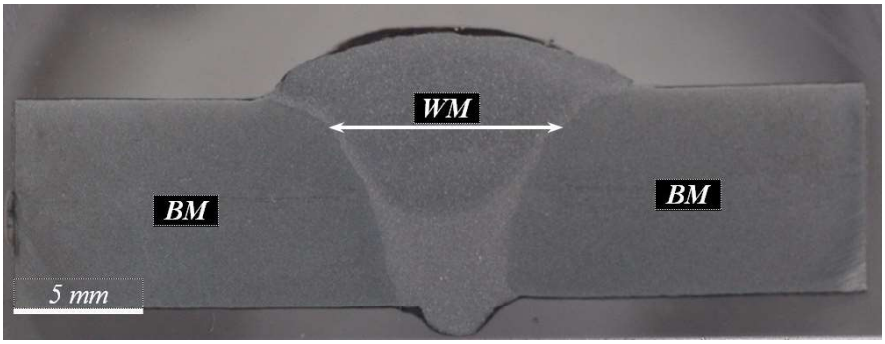
(a) Struktur makro



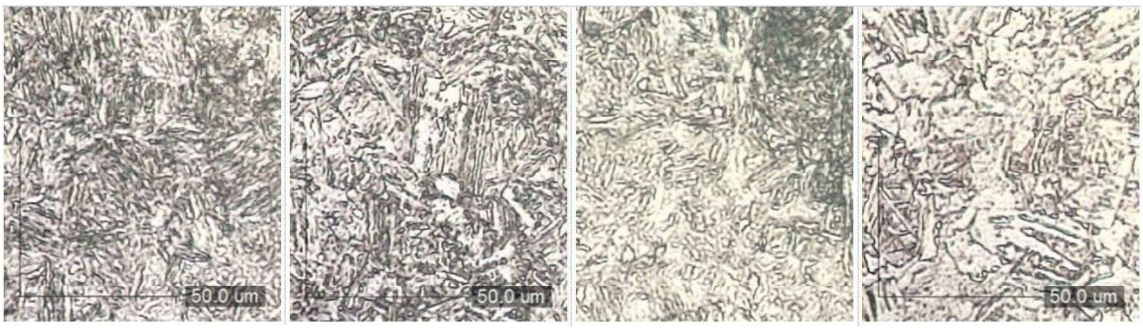
(b) *BM* (c) *HAZ* (d) *FL* (e) *WM*

(543 BHN = 1873 MPa) (522 BHN = 1801 MPa) (431 BHN = 1487 MPa) (240 BHN = 828 MPa)

Gambar 6. Struktur makro dan mikro setelah *quench* 850^{o}C. Etsa 97% alkohol + 3% HNO_3.



(a) Struktur makro



b *BM* c *HAZ* d *FL* e *WM*
(522 BHN= 1801 MPa) (518 BHN = 1787 MPa) (409 BHN = 1411 MPa) (230 BHN = 794 MPa)

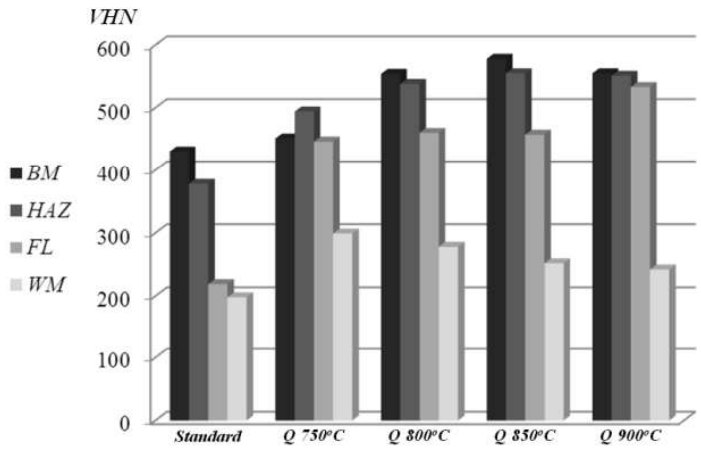
Gambar 7. Struktur makro dan mikro setelah *quench* 900^{o}C. Etsa 97% alkohol + 3% HNO_3.

tipis karena adanya penghalusan struktur butiran. Gambar 6b menunjukkan struktur mikro yang relatip tidak berubah, namun kekerasan meningkat. Gambar 6c menunjukkan struktur *HAZ* yang lebih kasar dan kekerasan meningkat. Gambar 6d, bentuk struktur mikro tetap namun kekerannya meningkat. Gambar 6e menunjukkan struktur mikro *WM* yang tetap kasar namun terjadi penurunan kekerasan.
Gambar 7a menunjukkan struktur makro setelah *water quench 900^{o}C*, batas antara *BM* dan *WM* kabur (penghalusan struktur butiran). Struktur mikro *BM* (struktur *martensite*) terjadi penurunan kekerasan. Kekerasan struktur mikro *HAZ* menurun (Gambar 7c). Kekerasan struktur mikro *FL* menurun (Gambar 7d). Gambar 7e menunjukkan struktur mikro *WM* dengan kekerasan meurun. Kekerasan masing-masing zona menurun.
Gambar 8 adalah profil kekerasan *BM* dan *HAZ* yang meningkat seiring meningkatnya temperatur *quenching* hingga *quenching* 850^{o}C, dan sedikit menurun pada *quenching* 900^{o}C. Kekerasan *WM* cenderung menurun seiring meningkatnya temperatur austenitisasi.
Gambar 9 menunjukkan profil energi yang deserap (*IE), IE* tertinggi terjadi pada *HAZ* dengan temperatur *quenching* 750^{o}C, *IE* menurun seiring dengan meningkatnya temperatur austenitisasi.

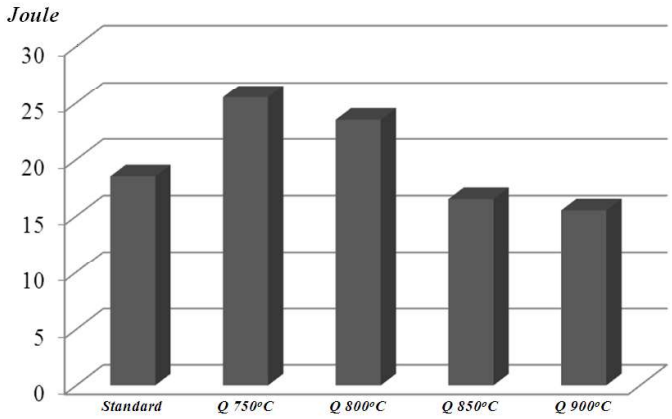
3 Simpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada *water quenching* dengan temperatur austenitisasi yang semakin tinggi akan meningkatkan kekerasan (kekuatan) pada *BM*, *HAZ*.
2. Pada *water quenching* dengan temperatur austenitisasi yang semakin tinggi akan menurunkan kekerasan *WM* (karena strukturnya kasar dan rapuh).
3. Pada *water quenching* dengan temperatur austenitisasi 750^{o}C diperoleh *IE* tertinggi, dan *IE* menurun dengan meningkatnya temperatur austenitisasi (> 750^{o}C).
4. Penerapan *water quenching* pada sambungan las berlapis akan meningkatkan kekerasan sambungan



Gambar 8. Kekerasan pada sambungan las



Gambar 9. *IE* pada *HAZ*

las apabila *WM* dihilangkan dan ditutup dengan lapisan baru (dengan menghilangkan *WM*), sehingga dalam sambungan las hanya terdiri dari struktur butiran halus.

Daftar Pustaka

[1] Datta, R; Mukerjee, D;Jha, S;Narasimhan, K;Veeraraghavan, R., 2002, Weldability characteristics of shielded metal arc welded high strength quenched and tempered plates, Journal of Materials Engineering and Performance; Feb 2002; 11, 1; ProQuest Science Journals, pg. 5

[2] Yurianto, et al., 2015, Sifat Mampu Las Hot Rolled Plate Steel, Prosiding Seminar Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, ISSN 2407-4845.

[3] _____, 1996, ASM Handbook, Volume 6, Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys, Copyright ASM International, hal 246-247.

[4] Jefferson, T. B., 1997, Jefferson's WELDING ENCYCLOPEDIA 1997, Eighteenth Edition, Edited by Robert L. O'brien, American Welding Society.

[5] Norman Bailey, 1994, Weldability of ferritic steels, Abington Publishing, Abington Hall. Abington. Cambridge, hal 140 – 144.

[6] _____, 1993, ASM Handbook, Volume 1, Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys, ASM International, hal. 246-247, 397.

[7] Jefferson, T. B., 1972, Metals and How to Weld Them, Welding Engineer Publication, Inc., hal 111 – 113; 163 – 164.

[8] Earvolino, L.P., Sprung, I., Hanschka, R.M., (1986), The Effect of Carbon Content on the Need to Postweld Heat Treat Low-Alloy Steel Castings, Welding Journal, Volume 65(5), 41 – 46.