

# The effect of tempering temperature in las connection (SMAW) at carbon steel pipes AISI 1018 on mechanical properties

Sri Mulyo Bondan Respati<sup>1</sup>, Helmy Purwanto<sup>1</sup>, Afifudin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim  
Jl. Menoreh Tengah X No.22, Sampangan, Gajahmungkur, Semarang 50232  
Email korespondensi: bondan@unwahas.ac.id

---

## Abstrak

*Pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam atau lebih dengan cara mencairkan sebagian dari logam induk. Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tempering pada pipa baja karbon hasil pengelasan SMAW (shield metal arc welding) terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan mikrostruktur. Tujuan dari proses tempering adalah untuk menghilangkan tegangan dalam dan mengurangi kekerasan. Material yang digunakan pada kajian ini adalah pipa baja karbon rendah berdiameter 2 inchi, dengan variasi suhu tempering antra 400°C, 450°C 500°C, 550°C dan 600°C. Nilai kekuatan tarik paling tinggi pada spesimen tanpa temper sebesar 489,85 MPa, sedangkan nilai uji tarik paling rendah terdapat pada spesimen dengan temper 400°C sebesar 391,13 MPa. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah HAZ pada spesimen tanpa temper sebesar 58 HRB dan nilai kekerasan terendah terdapat pada spesimen dengan temper 550°C pada daerah logam las sebesar 34,7 HRB. Sedangkan pengaruh tempering terhadap struktur mikro pada hasil pengelasan pada daerah logam induk dengan pengaruh temper 550°C tampak struktur ferit dan perlit yang halus dan rapat.*

**Kata kunci:** kekerasan, kekuatan tarik, pipa baja karbon, SMAW, tempering.

## Abstract

*Welding is the process of connecting two or more metals by melting some of the parent metal. The purpose of this study was to determine the effect of tempering on carbon steel pipes as a result of SMAW welding (shield metal arc welding) on tensile strength, hardness and microstructure. The purpose of the tempering process is to eliminate internal stresses and reduce hardness. The material used in this study is a 2 inch diameter low carbon steel pipe, with variations in tempering temperature between 400 °C, 450 °C 500 °C, 550 °C and 600 °C. The highest tensile strength value in the non-tempering specimens was 489.85 MPa, while the lowest tensile test value was found in the specimens with tempering 400 °C of 391.13 MPa. The highest hardness value is found in the HAZ region in specimens without tember of 58 HRB and the lowest hardness value is found in specimens with tempered 550 °C in the weld metal area of 34.7 HRB. While the effect of tempering on the microstructure on the welding results on the parent metal area with the effect of temper 550 °C is a fine and dense structure of ferrite and pearlite.*

**Keywords:** hardness, tensile strength, carbon steel pipe, SMAW, tempering.

---

## 1. Pendahuluan

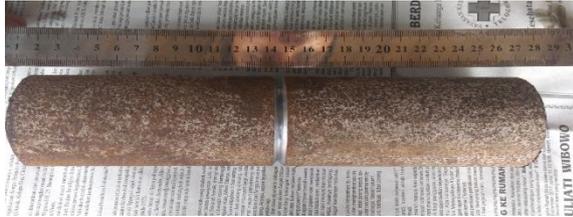
Teknologi pengelasan dengan seiring perubahan waktu proses produksi yang dipakai dalam dunia industri khususnya bidang kontruksi bangunan, perkapalan dan pembuatan mesin peralatan pabrik. Pengelasan dapat didefinisikan sebagai penyambungan dua buah logam atau lebih dengan cara mencairkan sebagian logam. Menurut *Deutsche Industrie Normen* (DIN) mendefinisikan las sebagai ikatan metalurgi pada sambungan logam ataupun logam paduan yang dilaksanakna dalam keadaan lumer atau cair. Pengelasan SMAW atau sering disebut sebagai las busur listrik adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar atau logam induk dan elektroda sebagai bahan pengisi. Pengelasan pada logam tidak semua memiliki sifat mampu las yang baik. Baja karbon rendah dapat dilas dengan semua metode pengelasan yang ada dan mempunyai kepekaan retak sangat rendah bila dibanding dengan

baja karbon lainnya [1]. Salah satu baja karbon rendah yang digunakan pada industri minyak adalah pipa. Pipa merupakan media atau alat yang digunakan untuk mengalirkan fluida yang bertekanan ataupun tanpa tekanan. Kajian mengenai pengelasan cukup banyak dilakukan untuk mengukur hasil lasan. Mizhar dan Pandiangan (2014) [2] membahas pengaruh masukan panas struktur mikro, kekerasan dan ketangguhan hasil lasan SMAW pipa 2,5 inchi, Bahwa pengaruh masukan panas sangat mempengaruhi dari hasil lasan. Hasil lasan yang lebih keras dari logam induk membuat ketahanan korosi yang lemah [3]. Sehingga perlu ditemper untuk

menurunkan kekerasannya. *Temper* untuk menurunkan kekerasan juga pernah dilakukan oleh Jaya (2018) [4]. Hasilnya yaitu semakin tinggi suhu *tempering* semakin rendah kekerasannya. Dengan ini maka dilakukan suatu analisis pengaruh *tempering* pada pipa baja karbon lasan SMAW terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro.

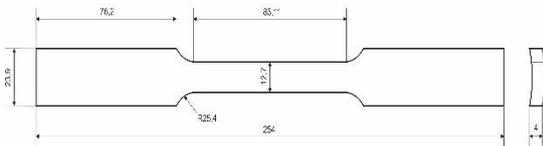
**2. Metode**

Bahan yang digunakan dalam kajian ini adalah pipa baja karbon 2 inci dengan tebal dinding pipa 4 inci seperti pada Gambar 1.



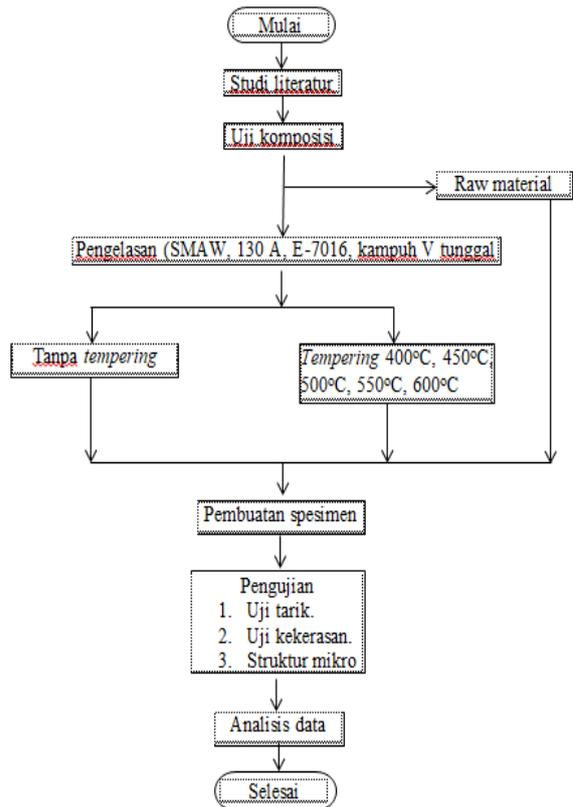
**Gambar 1.** Pipa baja karbon sebelum dilas.

Pada kajian ini menggunakan las busur listrik. Dalam melakukan pengelasan diperlukan energi panas yang diperoleh dari energi listrik (AC/DC) besarnya arus dari busur listrik sebesar 130 A. Bentuk sambungan lasan berbentuk kampuh V tunggal merupakan sambungan yang dipakai pada pipa dengan sambungan *fitting* [5]. Untuk standar spesimen uji tarik pipa baja karbon diambil dari ASME Section IX [6]. Spesimen uji tarik dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Spesimen uji tarik ASME-IX.

Diagram alur yang digunakan dalam kajian ini ditunjukkan pada Gambar 3.

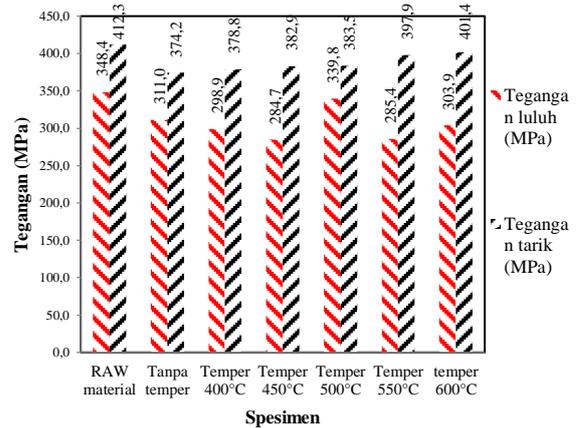


**Gambar 3.** Diagram alur.

**3. Hasil dan Pembahasan**

**Hasil Pengujian Tarik**

Nilai hasil pengujian tarik hasil pengelasan dengan variasi tempering, material pipa baja karbon seperti terlihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik tegangan tarik dan tegangan luluh.

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi setelah melalui proses pengelasan dan *temper* pada spesimen dengan temper 600°C dengan nilai kekuatan tarik sebesar 401,4 MPa dan nilai terendah pada spesimen *temper* 400°C dengan nilai kekuatan tarik 378,8 MPa. Sedangkan nilai tegangan luluh tertinggi terdapat pada setelah melalui

pengelasan dan *temper* terdapat pada spesimen *temper* 500°C sebesar 339,8 MPa dan tegangan luluh terendah pada *temper* 450°C. Disebabkan karena berkurangnya kandungan mangan (Mn) dan Silikon (Si) akibat dari proses *temper*.

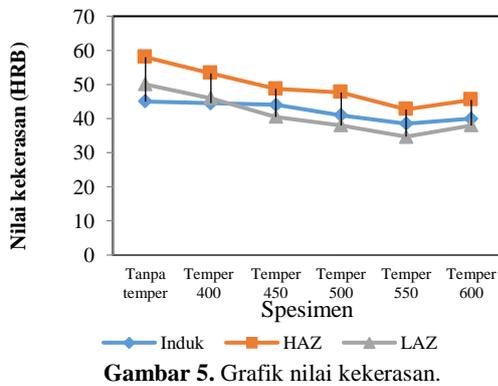
**Hasil Pengujian Kekerasan**

Pengujian kekerasan dilakukan pada 3 bagian yaitu pada bagian logam induk (*base metal*), daerah las (*weld metal*) dan pada daerah HAZ. Setiap daerah dilakukan 3 kali pengujian. Nilai kekerasan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil pengujian kekerasan.

Spesimen	Induk			rata-rata	HAZ			rata-rata	Las			rata-rata
	1	2	3		1	2	3		1	2	3	
RAW material	71	45	50,5	55,5								
Tanpa temper	41	44	50	45	60,5	58	55,5	58,0	45	50	55	50,0
Temper 400	46	42,5	45	44,5	50	54	56	53,3	43	45	50	46
Temper 450	45	48	39	44	52	48	46	48,7	40	38	43,5	40,5
Temper 500	49	35,5	38,5	41	48	47	48	47,7	37	40	37	38,0
Temper 550	40	42	33,5	38,5	45	43	40	42,7	37	32	35	34,7
Temper 600	41	39	40	40,0	46	45	45,5	45,5	40	39	35	38,0

Pada Tabel 1, kekerasan *raw material* pipa baja karbon sebelum dilakukan perlakuan yaitu 55,5 HRB. Setelah dilakukan pengelasan kekerasan logam induk menjadi 45 HRB, hal itu disebabkan karena logam induk mendapat pengaruh dari panas. Untuk lebih jelas perubahan kekerasan pada masing-masing spesimen dapat ditunjukkan pada Gambar 5.

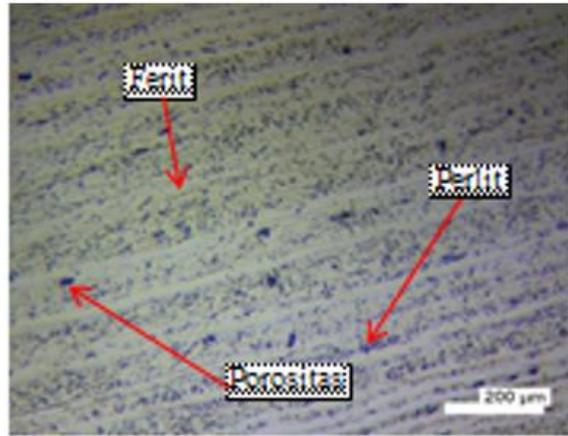


**Gambar 5.** Grafik nilai kekerasan.

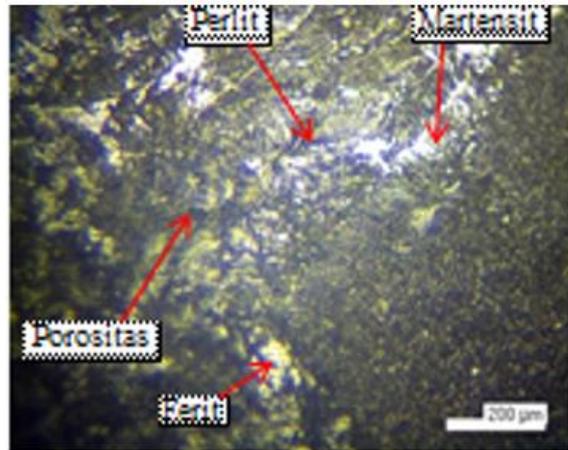
**Hasil Pengujian Mikro**

Pada Gambar 6(a) tampak struktur ferit yang ditunjukkan berwarna putih yang paling mendominasi dan cenderung lunak sementara perlit yang berwarna gelap dan sedikit porositas karena adanya perubahan suhu yang lambat dan adanya kotoran atau debu yang terjebak pada material. Adapun pada Gambar 6(b) adalah hasil struktur mikro pada daerah HAZ dengan perlakuan *temper* 400°C struktur mikronya terdapat fasa martensit dan membuktikan perubahan suhu lebih cepat berubah dibandingkan dengan spesimen yang dilakukan *temper* 450°C dan 600°C martensit terlihat lebih rapat pada daerah HAZ, pada spesimen

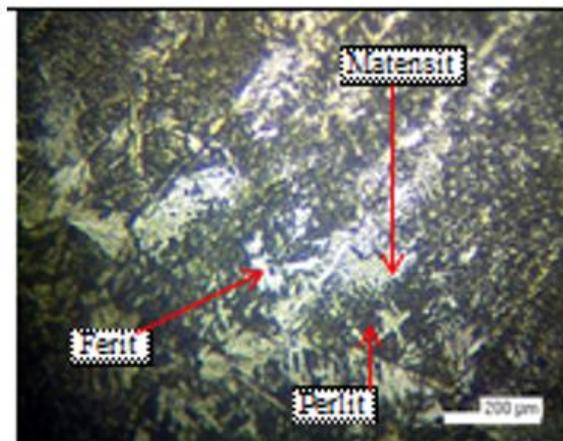
*temper* 400°C berbentuk seperti jarum-jarum yang jumlahnya sedikit dan bagian pinggirnya berwarna hitam. Sedangkan fasa ferit masih mendominasi tetapi tidak seperti Gambar 6(a). Pada spesimen *temper* 450°C yang terlihat pada Gambar 6(c) menunjukkan struktur martensit lebih banyak dibandingkan dengan spesimen *temper* 400°C, dikarenakan perubahan suhu spesimen 450°C lebih lama dibandingkan spesimen 400°C. Sedangkan pada spesimen 500°C yang terlihat pada Gambar 6(d) adanya porositas karena adanya kotoran atau debu yang terjebak pada material [7].



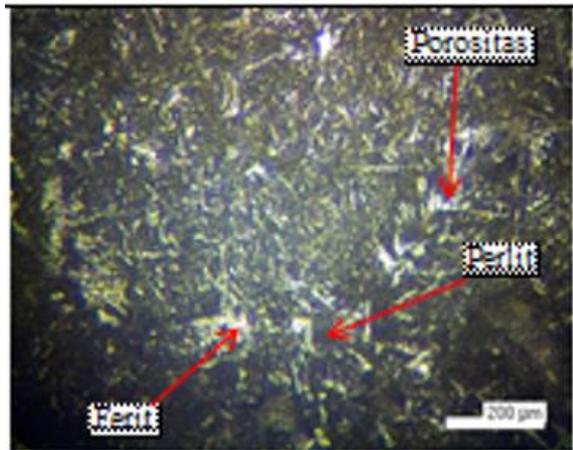
(a)



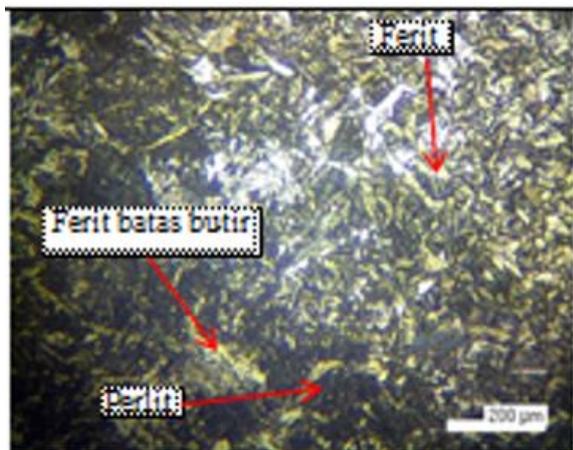
(b)



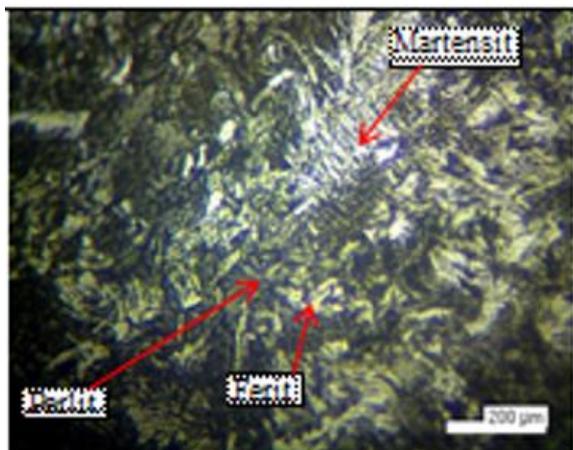
(c)



(d)



(e)

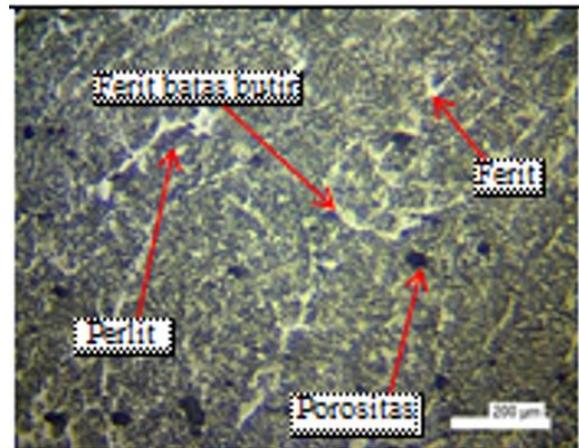


(f)

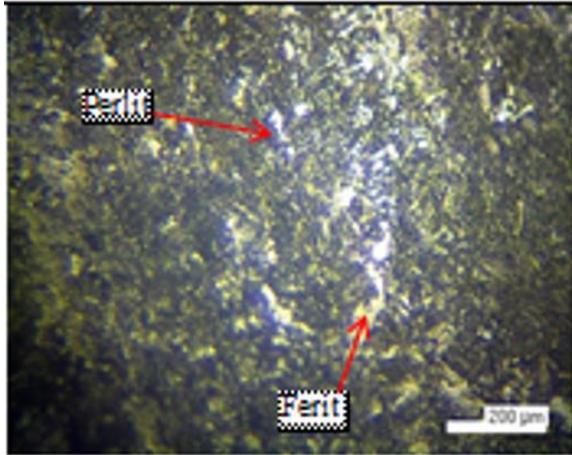
**Gambar 6.** Daerah HAZ (a) tanpa temper, (b) temper 400°C, (c) temper 450°C, (d) temper 500°C, (e) temper 550°C dan (f) temper 600°C.

Pada spesimen *temper* 550°C yang terlihat pada Gambar 6(e) adanya ferit batas butir walaupun hanya sedikit karena pendinginannya lebih lambat dari suhu *temper* 500°C. Sedangkan pada spesimen *temper* 600°C adanya struktur martensit yang disebabkan oleh panas yang sangat tinggi.

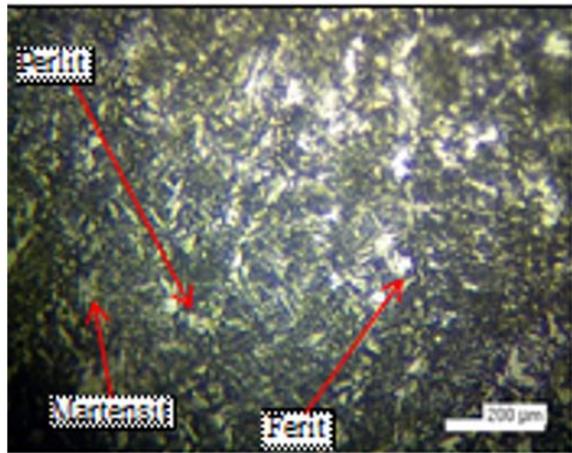
Menurut Sonawan dan Suratman [8], logam las terdiri dari logam las dan bahan tambahan dari elektroda, karena logam las dalam pengelasan kemungkinan besar menjadi pemisah komponen yang menjadikan struktur tidak homogen sehingga menimbulkan terjadinya fasa bainit yang menurunkan ketangguhan dan cenderung lunak dicirikan dengan struktur mikro logam las adalah *columnar grains* yang berasal dari logam induk. Pada Gambar 7(a) yang merupakan struktur mikro daerah las tanpa *temper* tampak terlihat fasa batas butir yang menurut Setiawan dan Wardana [7] ferit batas butir karena adanya pengaruh panas terhadap material logam las dengan perubahan suhu yang lambat maka akan terlihat *columnar grains* di sekitar batas butir. Dikarenakan nilai uji tarik mengalami kenaikan, sedangkan pada Gambar 7(b) fasa ferit masih banyak dan besar disebabkan laju waktu suhu mengalami perubahan dalam kandungan unsur-unsur lain dibandingkan spesimen tanpa *temper*. Pada Gambar 7(c), tampak fasa martensit mendominasi yang disebabkan oleh terjebaknya karbida seperti jarum-jarum kecil kehitaman. Sedangkan pada *temper* 500°C fasa martensit lebih sedikit dibandingkan pada spesimen *temper* 450°C. Sedangkan pada Gambar 7(e) dan 7(f), struktur jenis fasa penyusunnya hampir sama namun pada perlakuan *temper* 600°C terdapat fasa martensit. Pada *temper* 550°C fasa yang mendominasi adalah fasa ferit.



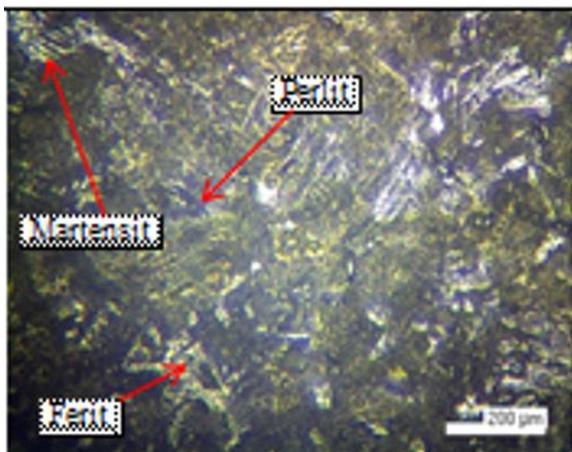
(a)



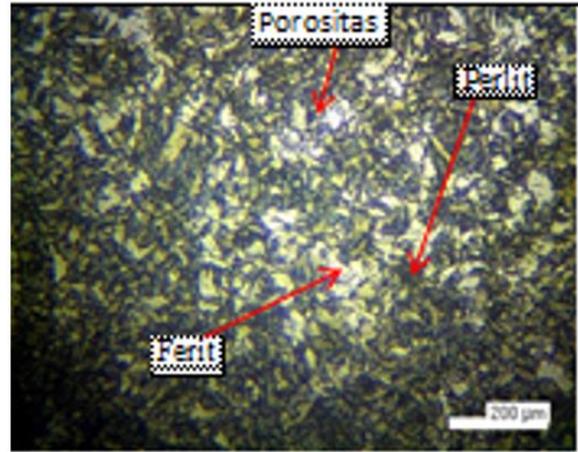
(b)



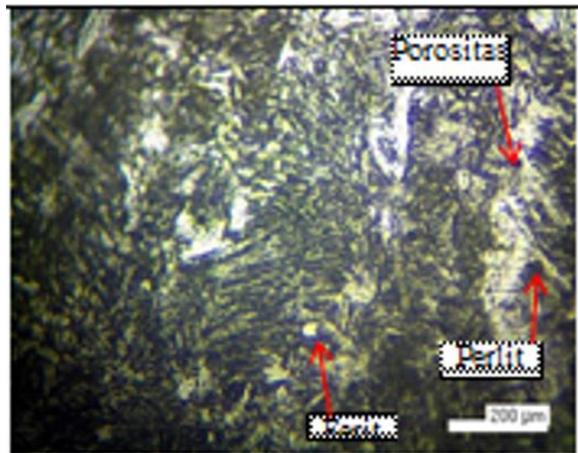
(c)



(d)



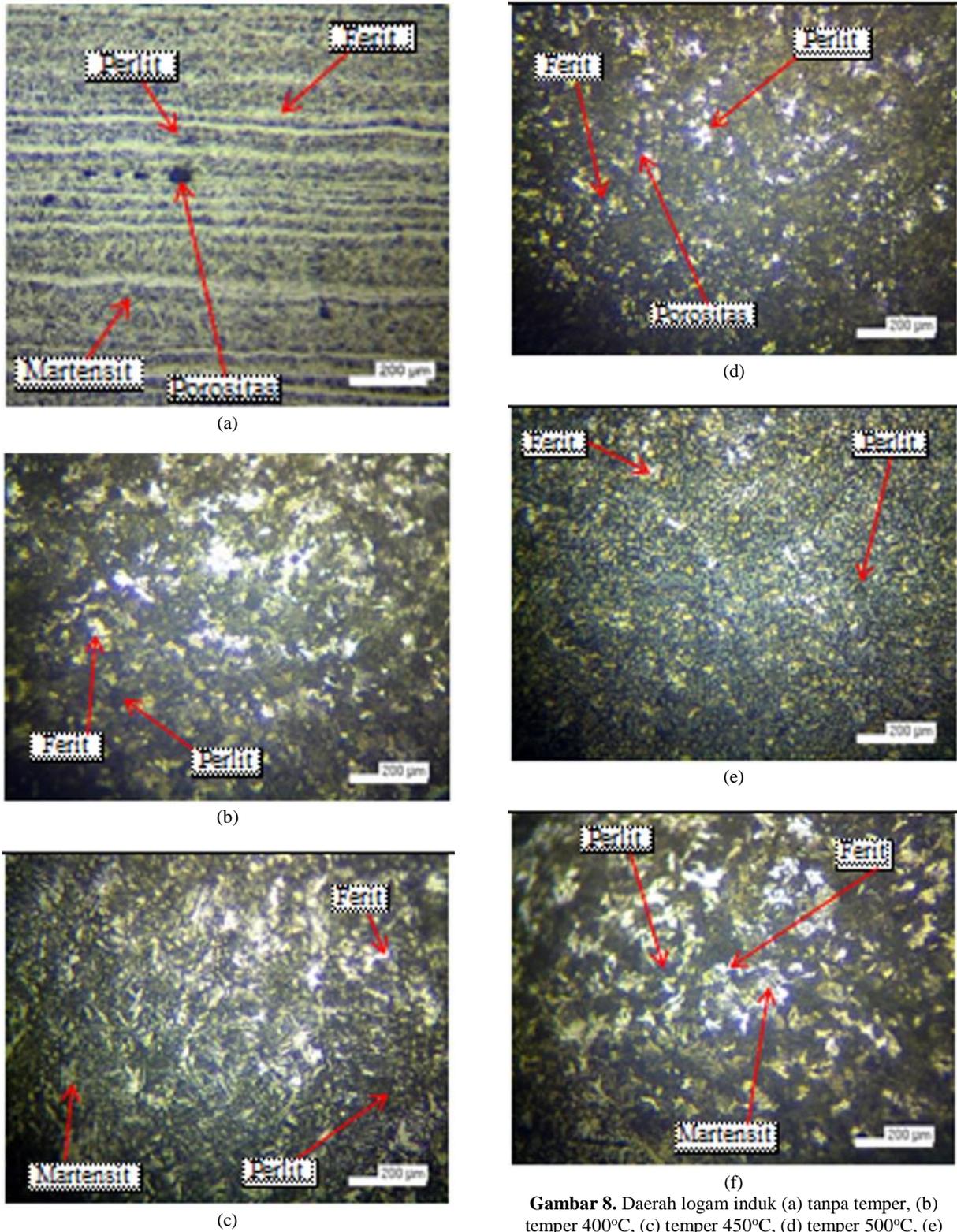
(e)



(f)

**Gambar 7.** Daerah las (a) tanpa temper, (b) temper 400°C, (c) temper 450°C, (d) temper 500°C, (e) temper 550°C dan (f) temper 600°C.

Gambar 8(a) tampak berstruktur martensit dan ferit yang paling mendominasi yang berbentuk seperti jarum, sedangkan perlit dan ferit banyak dan rapat sehingga memiliki uji tarik yang paling baik, berbeda dengan spesimen *temper* 400°C pada Gambar 8(b) di mana struktur mikronya tampak masih banyak perlit yang berwarna kehitaman, pada spesimen 400°C memiliki kekuatan tarik paling rendah. Sedangkan pada Gambar 8(c), struktur yang paling mendominasi adalah martensit, sedangkan pada spesimen 500°C yang ditunjukkan pada Gambar 8(d), struktur mikronya hampir sama dengan perlakuan *temper* 400°C namun pada *temper* 500°C struktur mikronya lebih rapat dan halus. Pada *temper* 550°C yang ditunjukkan pada Gambar 8(e), struktur mikro sama seperti spesimen *temper* 400°C dan 500°C namun pada *temper* 550°C struktur mikronya lebih terlihat lebih jelas dan susunannya terlihat sangat rapat, sedangkan pada Gambar 8(f), fasa ferit masih banyak dan besar karena disebabkan laju waktu suhu mengalami perubahan yang cukup tinggi, dikarenakan suhu yang signifikan proses pengelasan dan *temper*.



**Gambar 8.** Daerah logam induk (a) tanpa temper, (b) temper 400°C, (c) temper 450°C, (d) temper 500°C, (e) temper 550°C dan (f) temper 600°C.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil analisa kekutan tarik, kekerasan dan struktur mikro pada pengaruh *tempering* pada pipa baja karbon hasil pengelasan SMAW dapat diambil kesimpulan bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi pada suhu *temper* 600°C sebesar 401,4 MPa dan nilai

terendah pada suhu *temper* 400°C sebesar 378,8 MPa. Sesuai dengan tujuan dari proses *tempering*, semakin tinggi suhu *temper* maka nilai kekerasan suatu material akan menurun. Pengaruh *temper* pada struktur mikro pada hasil pengelasan pada daerah logam induk dengan pengaruh *temper* 550°C tampak struktur perlit dan ferit yang rapat dibandingkan dengan pengaruh *temper* lainnya.

#### Daftar Pustaka

- [1] Wiryosumarto, H., dan Okumura, T., 2000, Teknologi Pengelasan Logam, cetakan kedelapan, Jakarta: pradya Paramita.
- [2] Mizhar, S., Pandiangan, I. H., 2014, pengaruh masukan panas terhadap struktur mikro, kekerasan dan ketangguhan pada pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) dari pipa baja diameter 2,5 inci, Jurnal Dinamis Vol. II. No. 14 Medan
- [3] Yudi, G. A., Respati, S.M.B., Syafa'at, I., 2018, Analisis Laju Korosi Baja ST 60 Pasca Proses Las GTAW dengan Variasi Arus Las 80, 100, 120 A dan Direndam pada Larutan HCl Bersuhu 40° Celcius, Jurnal Ilmiah Momentum, Vol. 15. No. 1, Hal. 44-50
- [4] Jaya, M. A., Respati, S. M. B., Purwanto, H., 2018, Pengaruh Suhu Tempering Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Mikrostruktur Pada Sambungan Las Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Baja Pegas Daun, Jurnal Ilmiah Momentum. Vol 14. No. 1 Hal. 16-22.
- [5] Saragih, P., 2012, pengaruh posisi pengelasan terhadap kekuatan takik dan kekerasan pada sambungan pipa, Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan. Fakultas Teknik Unimed. Vol. 14. No. 1.
- [6] ASME (American Society of Mechanical Engineers) 1998.
- [7] Setiawan, A. dan Wardana, Y. A. Y., 2006, Analisa Ketangguhan dan Struktur Mikro pada Daerah Las dan HAZ Hasil Pengelasan Sumerged Arc Welding pada Baja SM 490, Jurnal Teknik Mesin Vol. 8, No. 2, hal. 57 – 6
- [8] Sonawan, H. dan Suratman, R., 2004, Pengelasan Logam, Alfabeta, Bandung.