

Pengaruh Kromium dan Perlakuan Panas pada Baja Fe-Ni-Cr terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro

Meilinda Nurbanasari¹, Dodi Mulyadi²

¹Dosen Tetap Jurusan Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Nasional, Bandung
Jl. PHH. Mustapha No. 23, Bandung 40124 (telp: 022-7272215, ext 139)

²Alumni Jurusan Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Nasional, Bandung
¹email: meilinda@itenas.ac.id

Intisari

Baja paduan Fe-Ni-Cr banyak digunakan pada industri kimia, dan *power plant* dan memiliki sifat ketahanan korosi, mampu mesin, dan mampu las yang baik. Kekurangan dari baja paduan ini adalah tidak tahan terhadap serangan ion klorida dan mudah terjadi penggetasan apabila terespos dalam waktu lama pada temperatur tinggi. Baja paduan Fe-Ni-Cr merupakan baja yang tidak dapat dikeraskan dengan cara perlakuan panas (*non hardenable alloy*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh unsur paduan Cr dan perlakuan panas pada baja Fe-Ni-Cr terhadap struktur mikro dan kekerasan. Baja Fe-Ni-Cr diperoleh melalui proses pengecoran dan proses perlakuan panas dilakukan dengan dua temperatur yang berbeda.

Hasil pengujian menunjukkan kekerasan baja 22Cr – 18Ni pada kondisi *as cast* memiliki kekerasan 670,8 VHN. Variasi komposisi unsur Cr juga memberikan dampak terhadap sifat mekanik yaitu semakin rendah kadar Cr pada baja Fe-Ni-Cr, semakin tinggi harga kekerasannya. Perlakuan panas memberikan pengaruh terhadap penurunan harga kekerasan (571,4 VHN) untuk baja paduan 18Cr – 18 Ni dengan temperatur pemanasan 900 °C dan waktu tunggu 4 jam. Secara umum, analisa struktur mikro pada kondisi *as cast* menunjukkan terbentuknya dendrit dan kromium karbida. Proses perlakuan panas juga memberikan perubahan terhadap struktur dendrit dan juga kromium karbida.

Katakunci: perlakuan panas, baja austenitic, kekerasan, struktur mikro

1. Pendahuluan

Baja paduan Fe-Ni-Cr banyak digunakan pada industri oli, gas, petrokimia dan pembangkit tenaga. Baja ini termasuk dalam kategori baja paduan tinggi dengan sifat yang diunggulkan yaitu memiliki ketahanan korosi yang baik dan kekuatan yang tinggi. Namun demikian, penggunaan dalam waktu yang lama dapat menyebabkan baja tersebut mengalami degradasi sifat mekanik. Kegagalan yang telah dilaporkan antara lain yaitu degradasi struktur mikro (Barbosa, Nascimento et al. 2005; Ejaz and Tauqir 2006), dan penggetasan fasa sigma (Kington and Noble 1991; Elmer, Palmer et al. 2007). Umumnya kerusakan tersebut dipengaruhi oleh perubahan struktur mikro baik akibat temperatur, gaya, dan juga lingkungan kerja. Umumnya struktur mikro baja Fe-Ni-Cr terdiri atas matrik austenit dan karbida $M_{23}C_6$ diantara koloni dendrit (Blair 1990). Baja paduan Fe-Ni-Cr merupakan baja yang tidak dapat dikeraskan dengan cara perlakuan panas. Pemanasan yang dialami oleh baja tersebut sampai dengan temperatur 1200 °C dapat menyebabkan *carbide coarsening* dan karbida larut dalam matriks (Honeycombe and Bhadeshia 1995). Selain itu, jika baja paduan tersebut terekspos pada temperatur tinggi akan terbentuk fasa sigma dan dapat menyebabkan terjadinya penggetasan (Babakr, Al-Ahmari et al. 2008). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh unsur paduan kromium pada baja Fe-Ni-Cr dan temperatur pemanasan terhadap perubahan struktur mikro dan kekerasan untuk melihat kemungkinan terjadinya penggetasan.

2. Metode Penelitian

Baja paduan yang dibuat adalah *ferro-nickel-chrom* (Fe - Ni – Cr) dengan komposisi Ni dijaga konstan sedangkan unsur Fe dan Cr memiliki komposisi yang bervariasi. Komposisi masing - masing logam paduan yang diteliti dapat dilihat pada Tabel.1.

Paduan dibuat dengan proses pengecoran menggunakan tungku *single arc melting fimace* dengan gas pelindung Argon. Elektroda yang digunakan adalah tungsten, laju gas argon 5 liter/menit dan arus

100 Amp. Bentuk baja yang dicor dapat dilihat pada Gambar 1 dan hasil penimbangan berat baja yang dicor dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi kimia logam paduan yang diteliti.

Paduan	Komposisi								Total berat (gr)
	Fe		Cr		Mo		Ni		
	% wt	gram	% wt	gram	% wt	gram	% wt	gram	
18Cr/18Ni	64	12,8	16	3,2	2	0,4	18	3,6	20
20Cr/18Ni	62	12,4	18	3,6	2	0,4	18	3,6	20

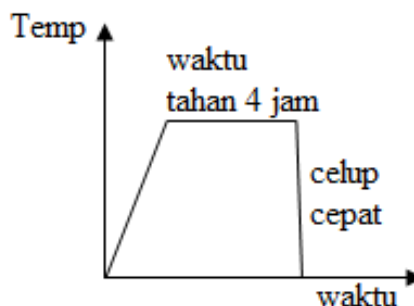
Tabel 2 Berat paduan hasil peleburan.

Paduan	Berat baja paduan (gram)	
	sebelum dilebur	setelah dilebur
18 Cr - 18 Ni	20	18,5
20 Cr - 18 Ni	20	18,3



Gambar 1: Baja paduan Fe-Ni-Cr hasil cor.

Pengurangan berat pada baja hasil cor disebabkan terbentuknya *slag* selama proses pembuatan baja. Baja hasil cor memiliki diameter sekitar 20 mm dan ketebalan sekitar 7 mm. Pengujian komposisi kimia pada baja yang dicor dilakukan dengan metode XRF pada tiga unsur yaitu, Cr, Ni dan C. Setelah dilakukan proses pengecoran, seperempat benda kerja diambil untuk analisa struktur mikro dan uji kekerasan dalam kondisi *as cast* dan tiga perempat bagian sampel lainnya dipotong menjadi 2 bagian untuk dilakukan proses perlakuan panas. Proses perlakuan panas dilakukan dengan tahapan seperti pada Gambar 2:



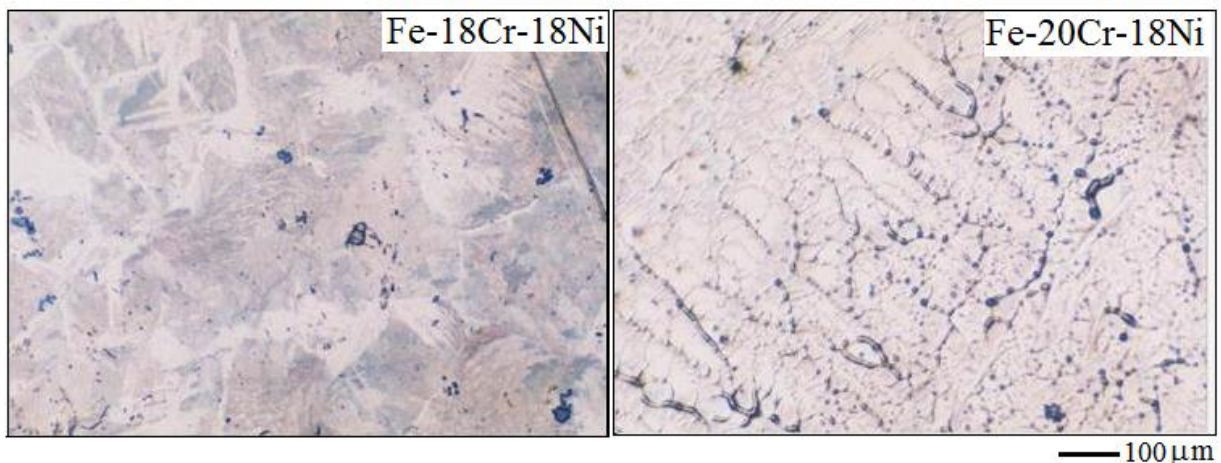
Gambar 2: Proses perlakuan panas.

Perlakuan panas dilakukan dengan bervariasi temperatur pemanasan yaitu 900°C, dan 1100°C, kemudian masing-masing dilakukan waktu penahanan (*holding time*) selama 4 jam dan dilanjutkan dengan celup cepat ke air. Sampel untuk analisa struktur mikro dimounting dengan menggunakan resin kemudian dilanjutkan dengan *grinding* dan *polishing* sesuai dengan standar preparasi sampel metalografi. Larutan etsa yang digunakan adalah *Vilella's reagent* dengan komposisi 1 gr asam *picric*, 10 ml HCl, 100 ml alkohol. Pengamatan struktur mikro dilakukan pada mikroskop optik Nikon. Harga kekerasan diperoleh melalui pengujian mikro Vickers menggunakan beban 200 gram dan waktu penekanan 30 detik. Data pengujian kekerasan rata-rata setiap kondisi diambil berdasarkan 3 kali pengujian.

2. Hasil dan Diskusi

2.1 Analisa Struktur mikro

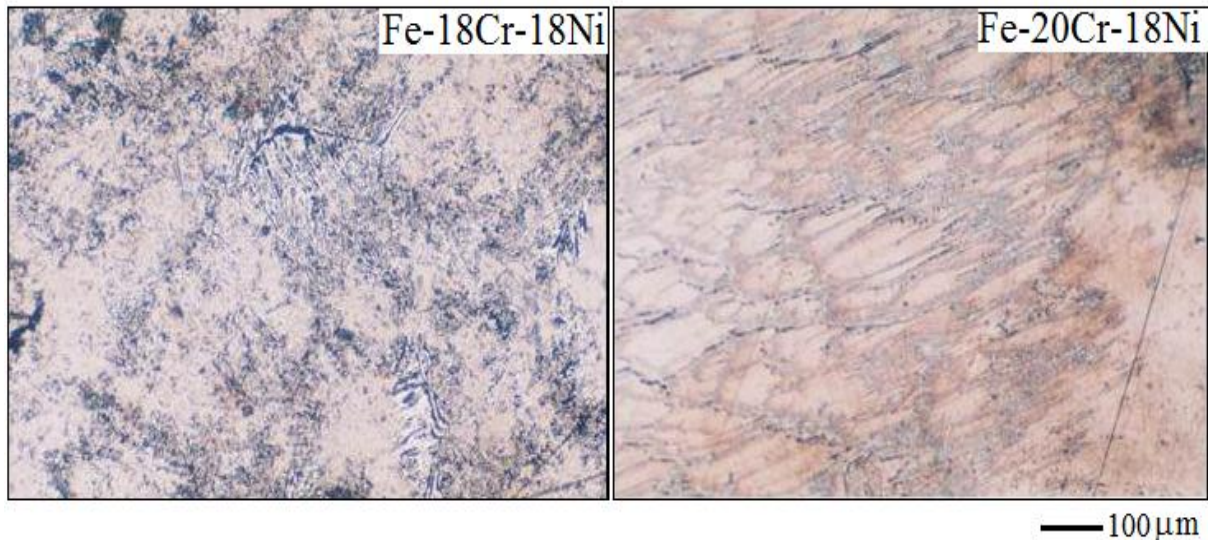
Pengujian komposisi kimia pada baja 18Cr-18Ni yang dicor menunjukkan bahwa kandungan Cr = 18,2 %wt dan Ni = 18,5% wt, sedangkan baja 20Cr-18Ni memiliki Cr = 20,3 %wt dan Ni = 20,3 %wt. Kandungan karbon kedua jenis baja tersebut adalah sekitar 0,24-0,27 % wt. Struktur mikro baja paduan Fe-Ni-Cr dalam kondisi *as cast* dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut:



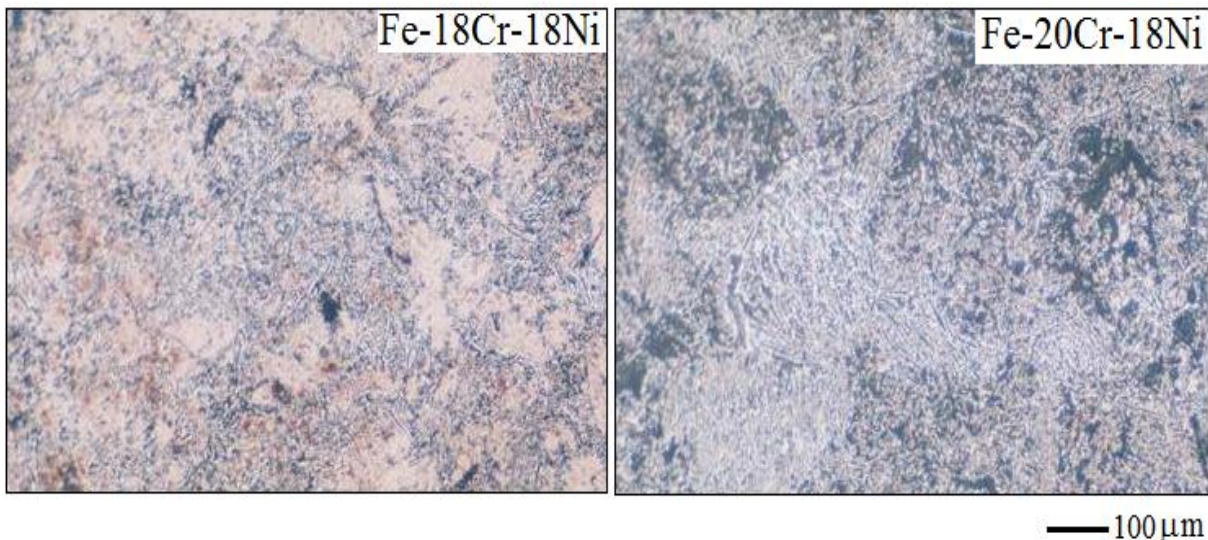
Gambar 3. Analisa struktur mikro baja Fe-Ni-Cr dalam kondisi *as cast*.

Struktur mikro kondisi *as cast* pada kedua jenis paduan memiliki kesamaan yaitu terbentuk jaringan karbida di antara struktur dendrit. Kandungan kromium yang tinggi, menghasilkan tipe karbide $M_{23}C_6$ (Honeycombe and Bhadeshia 1995). Terbentuknya dendrit merupakan tipikal produk hasil cor. Gambar 4 dan 5 berikut adalah struktur mikro baja yang telah mengalami perlakuan panas.

Gambar 4 dan 5 memperlihatkan struktur mikro baja yang telah mengalami perlakuan panas (*as quenched*). Analisa kualitatif terhadap struktur mikro baja yang telah mengalami perlakuan panas memperlihatkan adanya pengurangan jumlah karbida dibandingkan dengan kondisi *as cast*. Pemanasan pada temperatur 1100 °C juga menunjukkan fenomena yang sama dibandingkan dengan pemanasan pada temperatur 900 °C. Hal ini menunjukkan bahwa selama proses pemanasan berlangsung terjadi proses pertumbuhan karbida dan kemudian karbida larut ke dalam matrik secara difusi yang merupakan fungsi dari temperatur dan waktu. Untuk melihat kemungkinan fasa yang terbentuk pada struktur mikro kedua jenis baja dilakukan analisa dengan diagram fasa Fe-Ni-Cr (Gambar 6).



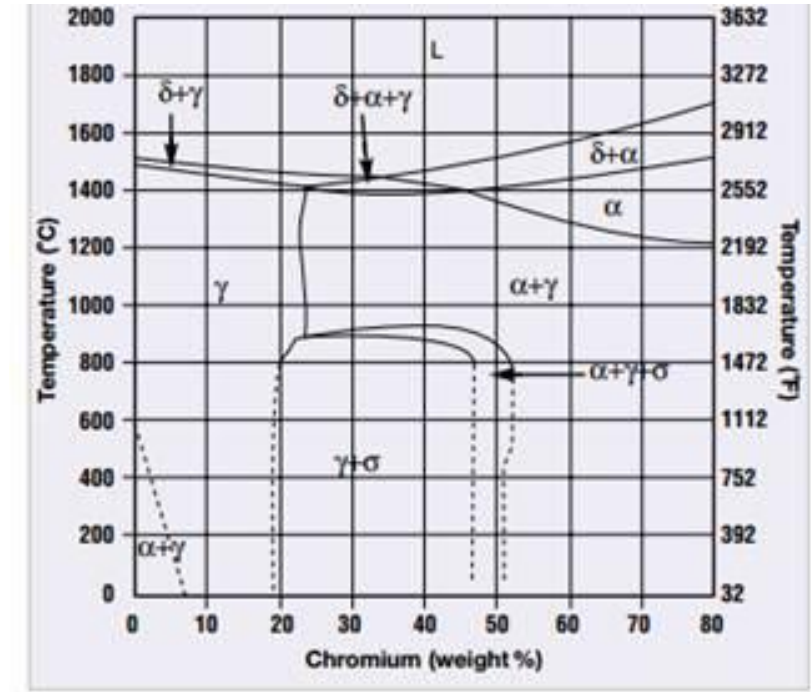
Gambar 4. Analisa struktur mikro baja Fe-Ni-Cr setelah perlakuan panas ($T= 900\text{ }^{\circ}\text{C}$)



Gambar 5. Analisa struktur mikro baja Fe-Ni-Cr setelah perlakuan panas ($T= 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Berdasarkan diagram fasa (Gambar 6) dapat dilihat bahwa fasa ferit dapat terbentuk pada kedua jenis komposisi baja. Jika dilihat pada struktur mikro hasil perlakuan panas indikasi terbentuknya ferit pada dapat terlihat (warna putih pada Gambar 4). Hadirnya fasa ferit akan mempengaruhi sifat mekanik, yaitu menurunkan harga kekerasan baja. Pengamatan terhadap keberadaan fasa sigma tidak dapat dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik mengingat ukurannya yang kecil. Investigasi lebih lanjut tentang keberadaan fasa sigma perlu dilakukan dengan mikroskop elektron.

Seperti yang sudah disampaikan sebelumnya, struktur mikro pada kondisi as cast memperlihatkan terbentuknya struktur dendrit. Struktur dendrit ini semakin jauh berkurang dan cenderung menghilang setelah baja mengalami perlakuan panas.



Gambar 6. Diagram fasa Fe-Ni-Cr (Peckner and Bernstein 1977).

3.2 Kekerasan

Tabel 3 adalah hasil pengujian keras sampel kondisi *as cast* dan setelah mengalami perlakuan panas.

Tabel 3. Harga kekerasan pada baja

Komposisi paduan (% wt)	Kekerasan (HV)		
	As cast	Perlakuan panas	
		900 °C	1100 °C
18Cr-18Ni	606,2	571,4	563,3
20Cr-18Ni	670,8	551,1	537,1

Hasil pengujian kekerasan (Tabel 3) menunjukkan bahwa penambahan komposisi 2 %wt Cr menyebabkan peningkatan harga kekerasan, Kenaikan harga kekerasan ini diduga berkaitan dengan terbentuknya fasa sigma. Walaupun analisa struktur mikro dengan mikroskop optik tidak menemukan adanya fasa sigma, tetapi mengacu kepada diagram fasa Fe-Cr-Ni (Gambar 6) fasa sigma sangat mungkin terjadi. Secara umum sampel yang telah mengalami perlakuan panas memiliki harga kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan kondisi *As-Cast*. Hal ini disebabkan proses pemanasan yang dilakukan pada 900 °C dan 1100 °C menyebabkan pelarutan karbida dan pembesaran butir austenit.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dapat disimpulkan:

- Semakin rendah kadar Cr pada baja Fe-Ni-Cr, semakin tinggi kekerasannya
- Nilai kekerasan tertinggi pada kondisi *as cast* terjadi pada paduan 22 Cr – 18 Ni, yaitu 670,8 HV.
- Harga kekerasan tertinggi setelah mengalami proses perlakuan panas pada temperatur 900°C, *holding time* 4 jam, terjadi pada paduan 20 Cr – 18 Ni, yaitu sebesar 571,4 HV.

Daftar Pustaka

- Babakr, M., A. Al-Ahmari, et al. (2008). "Sigma Phase Formation and Embrittlement of Cast Iron-Chromium-Nickel (Fe-Cr-Ni) Alloys." *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering* 7: 127-145.
- Barbosa, C., J. L. Nascimento, et al. (2005). "Microstructural aspects of the failure analysis of nickel base superalloys components." *Engineering Failure Analysis* 12: 348-361.
- Blair, M. C. (1990). *Cast Stainless Steels - Metals Handbook*. Ohio, Materials Park, ASM International.
- Ejaz, N. and A. Tauqir (2006). "Failure due to structural degradation in turbine blades." *Engineering Failure Analysis* 13: 452-463.
- Elmer, J. W., T. A. Palmer, et al. (2007). "In situ observations of sigma phase dissolution in 2205 duplex stainless steel using synchrotron X-ray diffraction." *Materials science and Engineering A* 459: 151-155.
- Honeycombe, R. W. K. and H. K. D. H. Bhadeshia (1995). "Steels, "Microstructure and Properties." Butterworth Heinemann, Oxford 2nd edition.
- Kington, A. V. and F. W. Noble (1991). "phase embrittlement of a type 310 stainless steel." *Materials science and Engineering A* 138(2): 259-266.
- Peckner, D. and I. M. Bernstein (1977). *Handbook of Stainless Steels*. New York, McGraw-Hill Book Company.