

# PERBAIKAN KETANGGUHAN MATERIAL BAJA COR PADUAN Ni-Cr-Mo MELALUI PROSES TEMPERING GANDA

BENY BANDANADJAJA<sup>1</sup>, M. ACHYARSYAH<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Politeknik Manufaktur Negeri Bandung  
Jl Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung - 40135  
Phone/Fax : 022. 250 0241 / 250 2649  
Email: [benybj@polman-bandung.ac.id](mailto:benybj@polman-bandung.ac.id)

## Abstrak

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan material baja yang memiliki ketangguhan tinggi. Ketangguhan material baja cor menjadi sifat yang cukup penting untuk ditingkatkan. Hal ini diperlukan agar dalam aplikasinya bahan baja mampu meredam atau menahan beban impak tanpa menjadi rusak atau retak. Sifat ketangguhan merupakan kombinasi antara kuat tarik dan elongasi, kekuatan tinggi dengan elongasi yang tinggi pula akan menghasilkan ketangguhan material yang cukup baik. Sifat baja cor pada kondisi as-cast sangatlah getas atau memiliki elongasi yang sangat rendah. Hal tersebut terjadi karena adanya pembentukan struktur Widmanstatten saat pendinginan. Sifat getas tersebut perlu diperbaiki melalui proses lanjut berupa perlakuan panas. Perlakuan panas normalising yang dilakukan untuk baja cor secara umum sudah mampu meningkatkan ketangguhan material. Namun material baja cor masih mungkin untuk lebih ditingkatkan ketangguhannya. Peningkatan ketangguhan material dapat dicapai dengan membuat struktur butir yang lebih halus. Melalui metode tempering ganda setelah proses normalising, struktur butir dapat dibuat lebih halus. Hal yang perlu diteliti adalah berapa temperatur yang tepat untuk diterapkan pada proses tempering ganda. Dengan demikian diharapkan sifat mekanik material khususnya ketangguhan material dapat ditingkatkan sampai ke batas tertingginya. Langkah penelitian yang dilaksanakan untuk mencapai tujuan meliputi perancangan komposisi material dan proses, pengecoran sampel material, perlakuan panas, pengujian mekanik dan pemeriksaan metalografi. Proses perlakuan panas yang diterapkan adalah proses normalising yang dilanjutkan dengan variasi temperatur untuk proses tempering gandanya. Variasi temperatur tempering dilakukan untuk mendapatkan kombinasi sifat mekanik yang terbaik. Hasilnya diperoleh bahwa material baja berkekuatan tinggi (*High Tensile Steel*) dengan paduan Ni, Cr dan Mo dapat mencapai porsi elongasi yang meningkat tanpa diikuti dengan penurunan kekuatan tarik secara menerus dengan penerapan proses perlakuan panas tempering ganda tersebut. Pada kondisi as-cast material baja memiliki sifat yang sangat getas yaitu elongasi dibawah 5% dan harga impak dibawah 20 J/cm<sup>2</sup>. Proses perlakuan panas yang paling tepat menghasilkan peningkatan ketangguhan terbaik dengan kombinasi kekuatan tarik dan elongasi yang tertinggi adalah proses Normalising diikuti oleh Tempering I 650 °C dilanjutkan dengan Tempering II di temperatur 650 °C. Sifat mekanik yang dapat dicapai yaitu kekuatan tarik sebesar 683 Mpa kekuatan yield sebesar 525 Mpa dan elongasi sebesar 20%. Ketangguhan material juga diuji melalui pengujian impak dan diperoleh harga impak sebesar 142 J/Cm<sup>2</sup>.

**Kata kunci:** Baja Cor, Perlakuan Panas, Tempering Ganda, Paduan Ni, Cr dan Mo, Ketangguhan

## 1. Pendahuluan

Untuk aplikasi beban impak ketangguhan material merupakan sifat yang cukup penting untuk diperhatikan. Sifat ketangguhan merupakan kombinasi antara kuat tarik dan elongasi. Kekuatan tinggi dengan elongasi yang tinggi pula akan menghasilkan ketangguhan material yang cukup baik. Sifat baja cor pada kondisi as-cast sangatlah getas dimana elongasinya sangat rendah. Hal tersebut terjadi karena adanya pembentukan struktur Widmanstatten saat pendinginan. Struktur Widmanstatten merupakan struktur yang

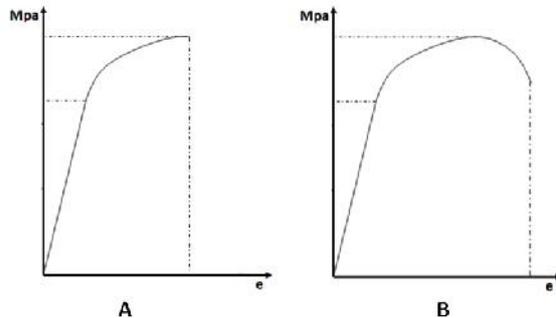
berbentuk kasar dan relatif ukurannya besar dalam skala mikro. Oleh karena itu untuk material baja cor selalu memerlukan proses lanjut berupa perlakuan panas. Perlakuan panas yang umum dilakukan untuk baja cor adalah Normalising. Normalising yang dilakukan untuk baja cor sudah cukup untuk meningkatkan ketangguhan material, dimana elongasi material sudah dapat ditingkatkan. Butir kasar Widmanstatten dapat diperhalus melalui proses normalising tersebut.

Material baja cor masih mungkin untuk lebih ditingkatkan ketangguhannya. Peningkatan

ketangguhan material dapat dicapai dengan membuat struktur butir yang lebih halus lagi setelah Normalising. Proses lanjut yang dapat dilakukan adalah tempering. Proses tempering yang dilakukan dapat beberapa kali. Melalui metode tempering ganda setelah proses normalising, struktur butir dapat dibuat lebih halus. Hal yang perlu diteliti adalah berapa temperatur yang tepat untuk diterapkan pada proses tempering ganda. Dengan demikian diharapkan sifat mekanik material khususnya ketangguhan material dapat ditingkatkan sampai ke batas tertingginya, hal inilah yang menjadi tujuan dalam penelitian yang telah dilakukan.

## 2. Metodologi

Metode penelitian yang digunakan berupa perancangan material dan proses perlakuan panas, kemudian dilanjutkan dengan verifikasi eksperimental untuk mendapatkan hasil terbaik. Konsep perancangan pemrosesan material ditunjukkan pada Gambar 1. Ketangguhan merupakan kombinasi kekuatan dan elongasi material. Material B dengan kekuatan yang sama dengan material A namun dengan elongasi yang lebih besar maka akan menghasilkan ketangguhan yang lebih baik.



Gambar 1. Konsep Rancangan Sifat Material

Dalam meningkatkan sifat elongasi material digunakan metode modifikasi sifat melalui perlakuan panas. Material hasil cor akan diberi perlakuan normalising kemudian diikuti dengan proses tempering ganda. Tempering I pada 650 °C. Selanjutnya diikuti dengan tempering II dengan variasi tempering 650 °C, 450 °C dan 250 °C.

Material sampel dicor dengan komposisi AISI 4340 dalam bentuk Y Block. Kemudian dipotong dan dibuat sampel uji untuk perlakuan panas. Setelah mengalami proses perlakuan panas kemudian dilakukan pengujian struktur mikro, pengujian tarik, kekerasan dan impak.

Hasilnya dianalisis dan dapat diperoleh kesimpulan.

Dengan demikian sampel uji yang diperoleh menjadi sebagai berikut:

- Sampel 1 → Material as-cast
- Sampel 2 → Material as-normalising
- Sampel 3 → Material Normalising-tempering 650
- Sampel 4 → Material Normalising-tempering 650-tempering 650
- Sampel 5 → Material Normalising-tempering 650-tempering 450
- Sampel 6 → Material Normalising-tempering 650-tempering 250

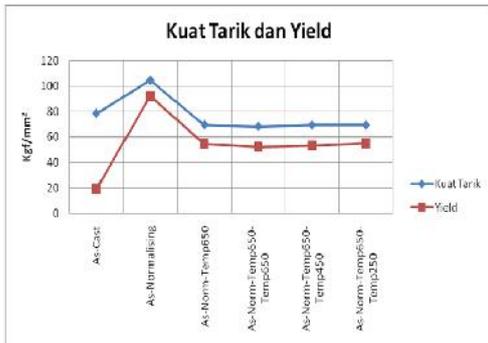
## 3. Hasil dan Pembahasan

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja cor paduan Ni-Cr-Mo. Komposisi material seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

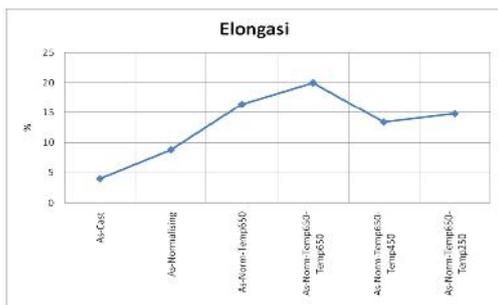
Tabel 1. Komposisi Material

| C         | Si        | Mn        | P         |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.37-0.44 | 0.20-0.35 | 0.70-0.90 | ≤ 0.02    |
| S         | Cr        | Ni        | Mo        |
| ≤ 0.015   | 0.70-0.95 | 1.65-2.0  | 0.30-0.40 |

Gambar 2 menunjukkan hasil yang dicapai dari pengujian tarik. Nampak nilai kuat tarik dan yield tertinggi pada kondisi as-normalising. Selanjutnya kondisi tempering dan double tempering relatif sama. Namun bila dilihat pada Gambar 3. hasil elongasinya, terdapat kondisi yang berbeda. Elongasi tertinggi dapat dicapai pada kondisi tempering ganda as-normalising-tempering650-tempering650. Dengan demikian bila dilihat dari kebutuhan kekuatannya maka kondisi ini dapat terpenuhi. Kondisi elongasi tinggi dapat menghasilkan sifat ketangguhan yang baik. Maka material akan tahan terhadap beban impak dan tidak mudah retak.

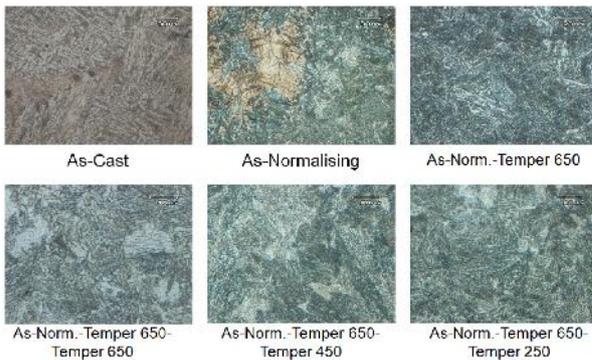


Gambar 2. Grafik Kuat Tarik, Kuat Yield



Gambar 3. Grafik Elongasi

Nampak pula pada Gambar. 3 elongasi menurun setelah diberikan tempering ganda 450 dan 250. Hal ini terjadi karena pada temperatur tersebut terjadi temper embrittlement (penggetasan akibat temper). Oleh karenanya temperatur tersebut harus dihindari agar tidak terjadi penggetasan akibat proses temper.

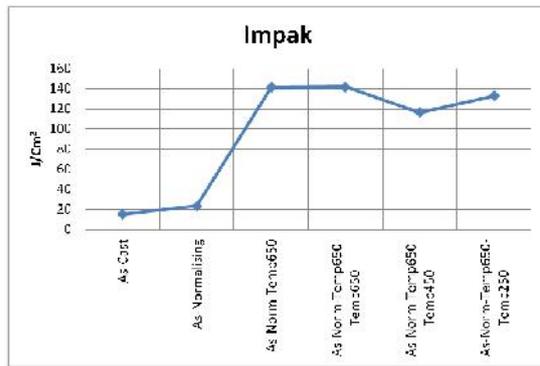


Gambar 4. Struktur Mikro Hasil Proses

Gambar. 4 menunjukkan struktur mikro hasil proses perlakuan panas. Struktur hasil casting nampak berupa campuran martensit, bainit dan sedikit perlit. Sifatnya cukup getas, elongasi yang dihasilkan dari uji tarik hanya 3 %. Oleh karenanya penggunaan material baja dalam kondisi as-cast sebaiknya dihindari karena material bersifat getas. Apabila terkena dampak sedikit saja maka material akan mengalami keretakan.

Hasil normalising menunjukkan adanya struktur martensit pada batas butir, dengan normalising sifat material membaik. Kekuatan meningkat dan elongasi juga meningkat sampai 8,8 %. Namun keberadaan struktur martensit terlihat berada pada batas butir akan membuat material tidak cukup tahan terhadap beban dampak tinggi. Material kondisi ini cocok untuk beban tinggi namun dampak tidak ada. Setelah diberi tempering pertama struktur martensit yang ada menghilang dan digantikan oleh martensit temper, sifatnya menjadi lebih ulet namun kekuatan menurun. Tambahan tempering kedua menunjukkan penguraian struktur martensit temper hasil tempering pertama. Hasilnya elongasi meningkat namun tanpa mengalami penurunan sifat kuat tariknya. Kondisi ini cukup baik karena dengan meningkatnya keuletan maka ketangguhan material akan lebih baik. Dalam aplikasi Link Track maka kondisi ini yang paling tepat dipilih. Struktur mikro tempering kedua pada temperatur 450 dan 250 menunjukkan keberadaan struktur yang terlihat rapat. Pada temperatur ini terjadi temper embrittlement, material menggetas karena terbentuknya fasa kedua dari paduan yang melarut. Fasa kedua ini berupa karbida yang bersifat keras dan getas.

Grafik hasil uji dampak ditunjukkan pada Gambar 5. Nampak kondisi as-cast nilai dampaknya sangat rendah, hal ini berkaitan juga dengan struktur mikro as-cast yang kasar dan banyak mengandung martensit yang getas. Dengan adanya perlakuan panas normalising dan tempering terjadi peningkatan harga Dampak. Kondisi maksimal harga Dampak berada pada proses As Normalising double tempering 650 °C yaitu sebesar 142 J/Cm<sup>2</sup>. Dengan demikian proses tersebut dapat menghasilkan ketangguhan yang terbaik dibanding proses lainnya yang dilaksanakan pada penelitian ini.



Gambar 5. Uji Impak

<http://www.keytometals.com/Articles/Art102.htm>, dibuka September 2013

#### 4. Kesimpulan

- Proses perlakuan panas yang paling baik dalam memperoleh kombinasi kekuatan tarik dan elongasi adalah proses normalising – tempering 650 °C dan tempering 650 °C.
- Kekuatan tarik tercapai sebesar 683 Mpa, kekuatan yield sebesar 525 Mpa dan elongasi sebesar 20%.

#### Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Hibah Unggulan Perguruan Tinggi DP2M Dikti tahun 2013 yang dikelola melalui dana desentralisasi UP3M. Polman Negeri Bandung

#### Referensi/Daftar Pustaka

- [1] Wikipedia, *Bucket Wheel Excavator*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Bucket-wheel\\_excavator](http://en.wikipedia.org/wiki/Bucket-wheel_excavator), dibuka Februari-Maret 2012
- [2] ASM, ASM Handbook, Vol.1, *Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys*, ASM International, 1990
- [3] Stefanescu, D.M., *ASM Metal Casting Vol 15, Casting*, 4<sup>th</sup> ed., ASM International, 1998.
- [4] Dieter, George, E. , 1976, “*Mechanical Metallurgy*”, 2nd Ed., McGraw-Hill
- [5] Karl – Erik Thelning ; *Steel and Its Heat Treatment* ; Bofors Handbook ; London 1984.
- [6] Suratman, Rochim ; *Panduan Proses Perlakuan Panas* ; Lembaga Penelitian Institut Teknologi Bandung ; 1994.
- [7] Key to Metal, *Temper Embrittlement*, article on