

## PENGEMBANGAN MATERIAL BAJA COR TAHAN PANAS SCH 22 DENGAN MODIFIKASI MOLYBDENUM

**Achmad Sambas<sup>1</sup>, Kushanaldi<sup>2</sup>, Ery Hidayat<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung  
Jl. Kanayakan No.21 (dago) Bandung 40135 Telp 022 2500241  
Email: sambas.achmad@gmail.com

### Abstrak

*Hanger merupakan salah satu komponen habis pakai dengan bahan Baja Cor Tahan Panas Stainless Steel (Heat Resistant Stainless Steel Casting ) SCH 22. Hanger tersebut diaplikasikan pada kondisi temperatur 1100 °C. Masalah yang terjadi pada produk tersebut adalah terjadinya scalling, yang menyebabkan benda dapat mengalami kegagalan fungsi dan habis masa pakainya. Umumnya scalling terjadi akibat material terkena panas yang sangat tinggi, membentuk lapisan oksida besi seperti FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, dan lain sebagainya. Dibeberapa literatur menunjukkan bahwa unsur molybdenum dapat ditambahkan pada Baja Tahan Panas hingga 0,5%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bahan molybdenum terhadap sifat Mekanik dan menganalisa fenomena scalling pada struktur mikro Baja Cor Tahan Panas SCH 22. Manfaat yang ingin dicapai adalah diperoleh material dengan paduan yang tepat, yang dapat meningkatkan ketahanan terhadap panas (scalling). Metode yang akan dilakukan yaitu dengan membuat spesimen berupa sampel uji dengan proses pengecoran logam, kontrol parameter proses metalurgi dengan variasi paduan molybden dari 0,3%, 0,7%, 1,1%. Masing-masing spesimen dipanaskan pada temperatur 1150 °C dan diholding selama 4jam. Kemudian dilakukan pengamatan terhadap, kekuatan mekanik dan struktur mikro, untuk melihat pengaruh dari modifikasi molybdenum tersebut.*

**Kata kunci:** *scalling, Heat Resistant, holding, struktur mikro, molybdenum.*

### Pendahuluan

Material SCH 22 merupakan kelompok Baja Cor Tahan Panas Stainless Steel (Heat Resistant Stainless Steel Casting ) yang umumnya diaplikasikan pada kondisi temperatur kerja antara 650 hingga 1315 °C. Material tersebut dipilih dikarenakan ketahanan terhadap korosi, stabil pada temperatur tinggi, dan tahan terhadap creep (pemuluran/retak akibat panas). Aplikasi material tersebut cukup luas pada komponen-komponen tahan panas di industri pengolahan semen, industri pupuk, industri minyak/ gas dan pada industri oven pemanas. Kebutuhan suplai produk yang menggunakan kandungan lokal dari komponen tersebut, mendorong dilakukannya pengembangan material ini dari aspek kualitas dan kuantitasnya.

*Hanger* merupakan salah satu komponen yang diaplikasikan pada kondisi temperatur 1100 °C. Masalah yang terjadi pada produk tersebut adalah terjadinya *scalling*, sehingga menyebabkan benda dapat mengalami kegagalan fungsi dan atau habis masa pakainya.

Perumusan masalah, umumnya *scalling* terjadi akibat material yang terkena panas tinggi, membentuk lapisan oksida besi seperti FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, dan lain sebagainya. Beberapa cara untuk meningkatkan ketahanan oksidasi pada suhu tinggi adalah dengan menambahkan 25-30% Cr, <2% Si, <4% Al, Ytrium dan Cerium serta dapat juga dengan cara penambahan Ni. Berdasarkan literatur diberikan rentang pula untuk komposisi Molybden pada SCH 22 sampai batas 0,5 %. Pengaruh penambahan unsur Molybden pada Baja Cor Tahan Panas SCH 22, sampai sekarang belum pernah diteliti oleh praktisi dan ilmuwan skala nasional.

Tujuan dari penelitian ini yaitu ingin mengetahui pengaruh bahan Molybdenum terhadap sifat Mekanik dan menganalisa fenomena *scalling* pada struktur mikro Baja Cor Tahan Panas SCH 22.

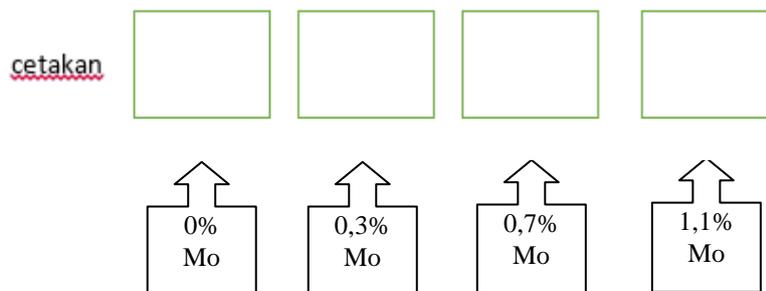
Manfaat yang ingin dicapai adalah diperoleh material dengan paduan yang tepat, dapat meningkatkan ketahanan terhadap panas (*scalling*).



Gambar 1. *Scaling* pada produk *Hanger*

**Metodologi**

Perancangan proses pengecoran untuk mendapatkan sampel uji melalui pembuatan cetakan, peramuan material SCH 22 dan dilanjutkan dengan proses modifikasi dengan memvariasikan jumlah molybdenum dari 0,3% hingga 1,1%. Skema penuangan cetakan sampel uji dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema penuangan dengan modifikasi molybdenum

Pembuatan sampel uji dengan proses pengecoran logam, dengan tahapan sebagai berikut; pembuatan 4 buah cetakan yang masing masing berisi 3 buah sampel uji berupa Y-blok, kemudian masing-masing cetakan di cor dengan material baja tahan panas SCH 22 dengan jumlah Molybdenim yang bervariasi. Proses pemaduan molybdenum (alloying) dan penuangan dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4.



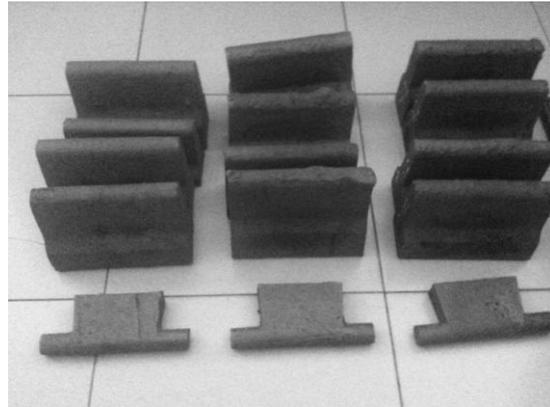
Gambar 3. Alloying molybdenum



Gambar 4. Penuangan (pengecoran)



Gambar 5. Cetakan yang sudah dicor



Gambar 6. Sampel uji Y blok hasil pengecoran

Sampel uji Y blok yang sudah beku dan dingin, kemudian dikeluarkan dari dalam cetakan. Proses selanjutnya adalah membersihkan sampel uji Y blok dari pasir yang melekat. Gambar 6 menunjukkan sampel Y blok yang sudah dibersihkan dari pasir yang melekat..



Gambar 7. Preparasi sampel untuk spesimen uji tarik

Preparasi sampel uji untuk spesimen uji tarik, dengan cara memotong sampel uji Y blok, kemudian digerinda dengan bentuk silinder. Bentuk silinder tersebut kemudian di bubut sesuai dengan ukuran standard uji tarik. Gambar 7. Menunjukkan proses preparasi sampel untuk spesimen uji tarik.



Gambar 8. Preparasi sampel untuk spesimen uji kekerasan

Preparasi sampel uji untuk spesimen uji kekerasan, dengan cara memotong sampel uji Y blok, kemudian digerinda dengan bentuk silinder. Bentuk silinder tersebut kemudian di bubut sesuai dengan ukuran standard uji keras. Gambar 8. Menunjukkan proses preparasi sampel untuk spesimen uji kekerasan.

Preparasi sampel uji untuk spesimen uji struktur mikro, dengan cara memotong sampel uji Y blok, kemudian digerinda dengan bentuk silinder. Bentuk silinder tersebut kemudian di bubut sesuai dengan ukuran diameter yang dibedakan. Bagian penampang yang akan diamati, digerinda secara bertahap dari mulai ukuran 240 hingga 1000 mesh. Kemudian dipolishing dengan menggunakan serbuk alumina, setelah itu dilakukan peng"etsa"an.

Pemanasan material pada masing-masing sampel dengan temperatur pemanasan 1150 °C, dengan waktu penahanan (holding) selama 4 jam. Proses tersebut dilakukan dengan oven pemanas, untuk mengetahui mekanisme *scalling* pada material Baja Tahan Panas.

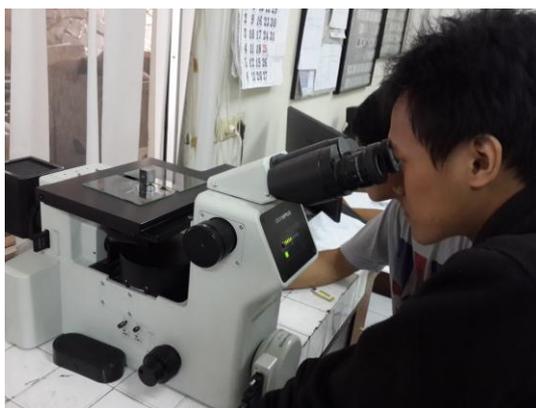


Gambar 9. Pemanasan spesimen



Gambar 10. Spesimen hasil pemanasan

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan mikroskop optik dengan perbesaran 100x dan 500x, dan dilakukan pada bagian tengah dan pinggir spesimen. Gambar 11. menunjukkan pengamatan struktur mikro. Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui konfigurasi fasa yang terjadi. Proses dimulai dengan pengampelasan spesimen secara bertahap (dari ukuran amplas 120 hingga 1000 mesh). Setelah halus dilakukan polishing, kemudian etsa dilakukan dengan jenis etsa vilella dengan waktu pengetsaan sekitar 18 menit.



Gambar 11. Pengamatan Struktur Mikro

### Hasil dan Pembahasan

#### Hasil karakterisasi komposisi kimia

Kandungan karbon yang terjadi sedikit melebihi target dimana target pada standard JIS maksimal 0,45% dan aktual 0,50%. Namun hal itu masih dapat ditoleransi karena masih mendekati dalam standar DIN yang memiliki kandungan karbon maksimal 0,5%. Untuk komposisi unsur kimia seperti Si, Mn, Ni dan Cr, semuanya masuk kedalam standard.

Tabel 01. Hasil komposisi kimia pada material SCH 22 hasil pengecoran

Standard	Komposisi Kimia ( % )						
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
JIS	0,35-0,45	≤ 1.75	≤ 1.5	≤ 0,04	≤ 0,04	19-22	23-27
Hasil pengecoran	0,50	1,1	1,2	0,03	0,00	19,8	25,4

Ke empat sampel uji memiliki komposisi yang sama dengan yang tertera di Tabel 1. Sedangkan diantara ke empat sampel uji tersebut yang membedakan adalah kandungan molybdenumnya, akibat dari modifikasi Molybdenum yang sengaja ditambahkan. Hasil komposisi dari modifikasi molybdenum ditunjukkan pada Tabel 2.

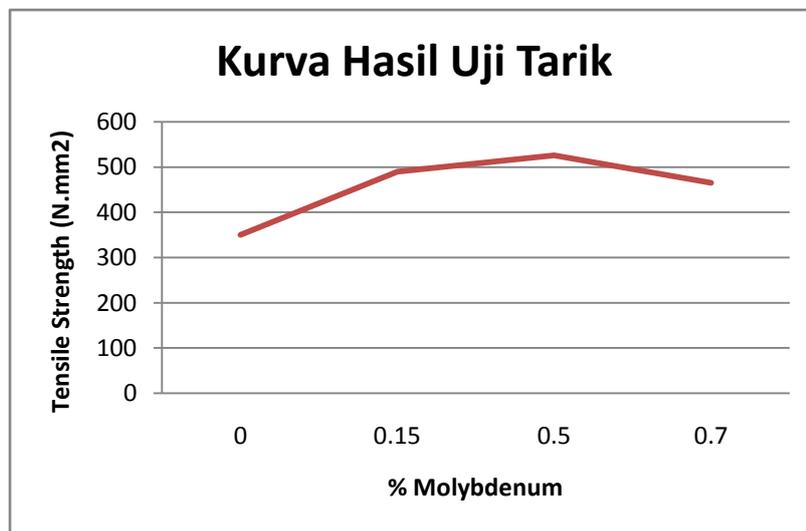
Tabel 02. Hasil komposisi Molybdenum pada masing masing sampel uji

Sampel uji	I	II	III	IV
Target % Molybdenum	0	0,3	0,7	1,1
% Molybdenum aktual	0	0,15	0,5	0,7

Terlihat bahwa hasil aktual Mo tidak sesuai dengan target dengan degradasi yang tidak sesuai terhadap penambahan Mo nya, hal ini dianalisis selain karena perhitungan volume ladle yang kurang tepat, juga dikarenakan tidak terlarutnya Mo secara merata pada proses pengadukan cairan di ladle, yang menyebabkan cairan tidak homogen. Namun data tersebut masih bisa digunakan, karena kandungan Mo cenderung meningkat.

**Hasil karakterisasi pengujian mekanik**

Proses pengujian tarik dilakukan berdasarkan standar JIS Z 2201. Gambar 12. menunjukkan kurva hasil pengujian tarik. Diperoleh nilai tensile strength sekitar 400 sd 500 N/mm<sup>2</sup>. Angka tersebut masuk ke angka standard kekuatan tarik untuk material SCH 22 sebesar 440 sd 640 N/mm<sup>2</sup>. Kuat tarik tertinggi berada pada jumlah molybdenum sebesar 0.5% dan terendah berada pada jumlah molybdenum sebesar 0%. Dari kurva diatas menunjukkan bahwa pengaruh molybdenum meningkatkan kekuatan tarik namun tidak terlalu signifikan.



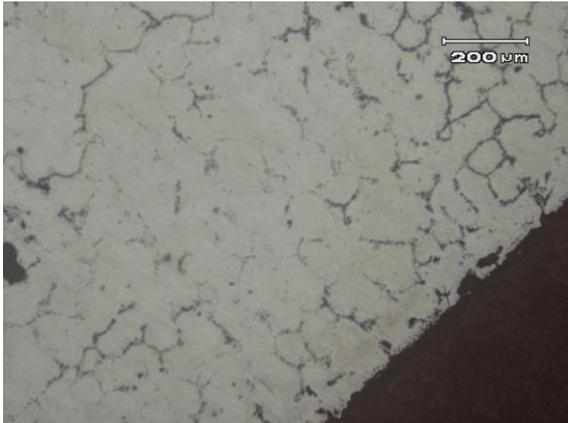
Gambar 12. Kurva uji tarik

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode kekerasan Rockwell dengan nilai kekerasan HRB, indenter yang digunakan menggunakan bola dengan diameter 1/16 inci untuk Rockwell B. Pengujian kekerasan dilakukan pada empat sampel uji yaitu berdasarkan variasi molybdenum 0.15% hingga 0.7%,. Nilai kekerasan yang dihasilkan rata rata sekitar 92 HRB. tidak berbeda jauh antara yang satu dengan yang lainnya. Hasil pengujian kekerasan ini semakin memperkuat bukti bahwa, pembubuhan unsur molybdenum ke dalam material SCH 22 tidak berpengaruh terhadap sifat kekerasan.

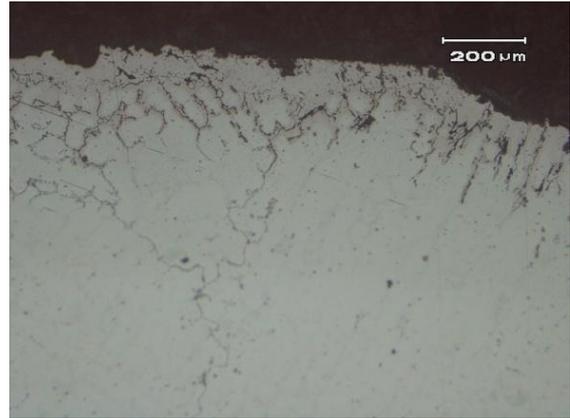
**Hasil karakterisasi pengujian struktur mikro**

Hasil pengamatan struktur mikro hasil pemanasan pada temperatur 1150 °C dengan penahanan (holding) selama 4 jam, ditunjukkan pada gambar 13, 14, 15 dan 16. Pengamatan dilakukan dengan perbesaran 100x, dilakukan pada bagian sisi atau pinggir benda.

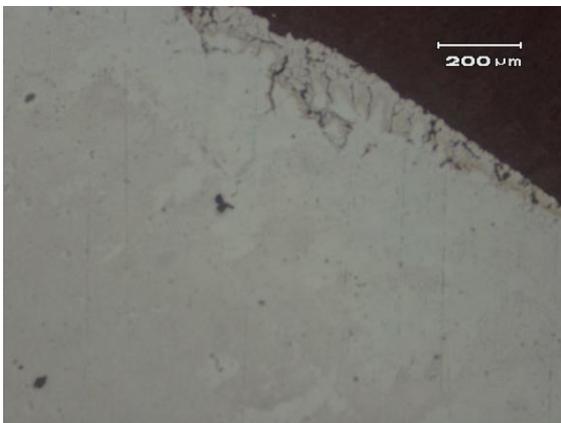
Gambar 13. Menunjukkan struktur mikro baja stainless SCH22 tanpa modifikasi molybdenum, setelah mengalami pemanasan pada temperatur 1150 °C selama 4 jam didalam oven pemanas. Terdapat degradasi pada batas butir hingga sedalam 2mm dari permukaan. *Scalling* yang terjadi dimulai dari batas butir yang berupa karbida yang berada disekitar fasa austenit



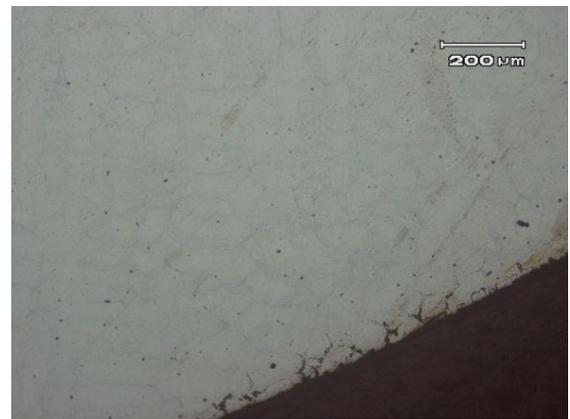
Gambar 13. Struktur mikro SCH 22 setelah dipanaskan 1150°C, tanpa modifikasi Mo



Gambar 14. Struktur mikro SCH 22 setelah dipanaskan 1150°C dengan modifikasi 0,15% Mo



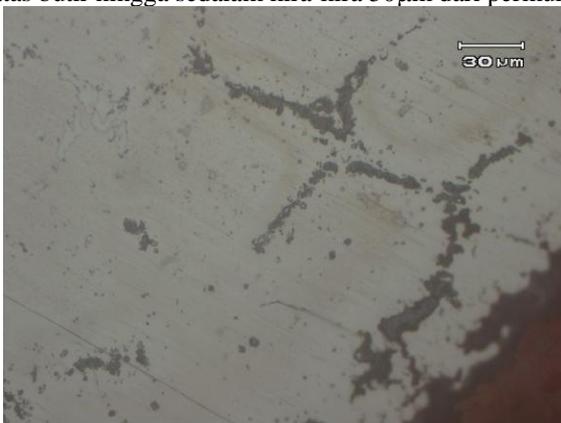
Gambar 15. Struktur mikro SCH 22 setelah dipanaskan 1150°C dengan modifikasi 0,5% Mo



Gambar 16. Struktur mikro SCH 22 setelah dipanaskan 1150°C dengan modifikasi 0,7% Mo

Gambar 15. Menunjukkan struktur mikro baja stainless SCH22 dengan modifikasi 0,5% molybdenum setelah mengalami pemanasan pada temperatur 1150 °C selama 4 jam didalam oven pemanas. Terdapat degradasi pada batas butir hingga sedalam kira-kira 200μm dari permukaan. Dengan adanya unsur molybdenum tersebut, daerah yang terkena degradasi semakin berkurang.

Gambar 16. Menunjukkan struktur mikro baja stainless SCH22 dengan modifikasi 0,7% molybdenum setelah mengalami pemanasan pada temperatur 1150 °C selama 4 jam didalam oven pemanas. Terdapat degradasi pada batas butir hingga sedalam kira-kira 50μm dari permukaan. Daerah yang terkena degradasi semakin menipis.



Gambar 17. Struktur mikro SCH 22 setelah dipanaskan 1150°C tanpa modifikasi Mo, perbesaran 500x



Gambar 18. Struktur mikro SCH 22 setelah dipanaskan 1150°C dengan modifikasi 0,7% Mo, perbesaran 500x

Gambar 17 dan gambar 18 membandingkan struktur mikro SCH 22 yang tanpa modifikasi molybdenum dengan struktur mikro SCH 22 modifikasi 0,7% molybdenum, dengan perbesaran 500x. Sehingga tampak lebih jelas morfologis batas butir yang terkena degradasi (*scalling*).

Dari keempat gambar struktur mikro, semakin tinggi prosentasi molybdenum hingga 0,7%, degradasi akibat oksidasi (*scalling*) pada batas butir karbida semakin menipis. Menunjukkan bahwa unsur molybdenum dapat memperkuat ikatan pada batas butir karbida, sehingga meningkatkan ketahanan panas pada daerah tersebut.

### Kesimpulan

Penambahan unsur molybdenum hingga 0,5% dapat meningkatkan kekuatan tarik, namun tidak begitu signifikan. Namun penambahan unsur molybdenum hingga 0,7% tidak berpengaruh terhadap nilai kekerasan.

Penambahan unsur molybdenum hingga 0,7% dapat mengurangi degradasi akibat korosi (*scalling*) pada baja stainless steel SCH22 yang dipanaskan pada temperatur 1150 °C selama 4 jam.

### Daftar Pustaka

- Aziz Abdul, Bambang Suharno., (2007), "Karakterisasi Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Baja Cor Tahan Panas HK 40 Berbahan Baku Ferro Nikel Lokal", *Seminar Nasional Metalurgi dan Material (SENAMM) 1 2007* Universitas Indonesia.
- Beeley, P., (2001). *Foundry Technology*, Butterworth Heineman, Oxford.
- Davis, J.R., (1997); *ASM Speciality Handbook: Heat Resistant Material ASM Handbook*.
- Dwi Mulyo, Agung., (2014), "Pengaruh Deoksidasi Aluminium Terhadap Porositas Gas Pada Baja Sch 22" Tugas Akhir Politeknik Manufaktur Bandung.
- Heine Richard W., (1967), *Principles of Metal Casting*, Mc Graw Hills.
- International Seminar on Applications of Molybden In Steel. June, 2010, Beijing Friendship Hotel.
- JIS., (1992)., "Ferrous Material and Metalurgi", Tokyo: JIS International.
- Muhamad Daud Pinem., (2005) *Jurnal Teknik SIMETRIKA* Vol. 4 (1) pp. 301 – 306.
- Rolf Roller., (1986), "Grund-Und Fachkenntnisse Giessereitechnischer Berufe", Verlag Handwerk und Technik.
- Sambas, Achmad., (2014), "Analisa Kegagalan Dan Pengembangan Material Baja Cor Tahan Panas Sch 22 Pada Kasus Lip Replaceable", *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Terapan SV UGM*.
- <https://yudiprasetyo53.wordpress.com/2012/06/30/pemilihan-material-tahan-panas>. 30 juli 2015.