

ANALISIS KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN BESI COR FC 250 DENGAN PENAMBAHAN 1% KROMIUM SEBAGAI MATERIAL *BRAKE SHOE* REM TROMOL

Ibnu Rosyid Al Hassany^{1*}, Sumeru Yoso², Muhammad Nasir Al Ridwan²

¹Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten, Indonesia

²Program Studi D3 Teknologi Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten, Indonesia

*Email: ibnurosyid070@gmail.com

ABSTRAK

Rem merupakan alat yang memiliki fungsi untuk menurunkan kecepatan atau menghentikan suatu kendaraan. Salah satu jenis rem ialah rem tromol dengan komponen utama tromol (*brake drum*), kampas rem (*brake shoe*). Besi cor FC 250 merupakan salah satu material yang digunakan *brake shoe*, dan pada praktiknya material tersebut kurang mampu menahan beban pengereman yang terjadi. Sehingga pada penelitian dilakukan studi penambahan kromium 1 % pada besi cor FC 250 sebagai upaya untuk meningkatkan kekuatan material tersebut. Bahan penelitian ialah FC 250 yang dicampur dengan kromium 1 %. Spesimen uji diproduksi dengan membuat cetakan pasir berbentuk *Y block* sesuai standar JIS G 5501. Hasil cor diproses sebagai spesimen uji komposisi, uji kekerasan, dan uji tarik. Spesimen uji tarik dibuat dengan merujuk pada standar JIS Z 2201. Target komposisi kromium pada spesimen hasil cor sekitar 1 %. Besi cor kelabu FC 250 dengan penambahan kromium 1 %, dikatakan layak digunakan sebagai material *brake shoe* apabila kuat tariknya minimal 357,5 N/mm². Komposisi FC 250 + Cr 1% terdiri atas C = 3,37 %, Si = 1,84 %, Mn = 0,93 %, P = 0,19 %, S = 0,1%, dan Cr = 0,96%. Penambahan kromium 1 % pada besi cor FC 250 memberikan dampak pada kenaikan nilai kekerasan dan kuat tarik hingga 66,4% dan 38,3 %. Besi cor FC 250 + Cr 1% dapat digunakan sebagai alternatif material *brake shoe* rem tromol, karena nilai kuat tariknya lebih tinggi daripada tegangan maksimum yang terjadi pada *brake shoe*.

Kata kunci: FC 250; kromium; kekuatan tarik

ABSTRACT

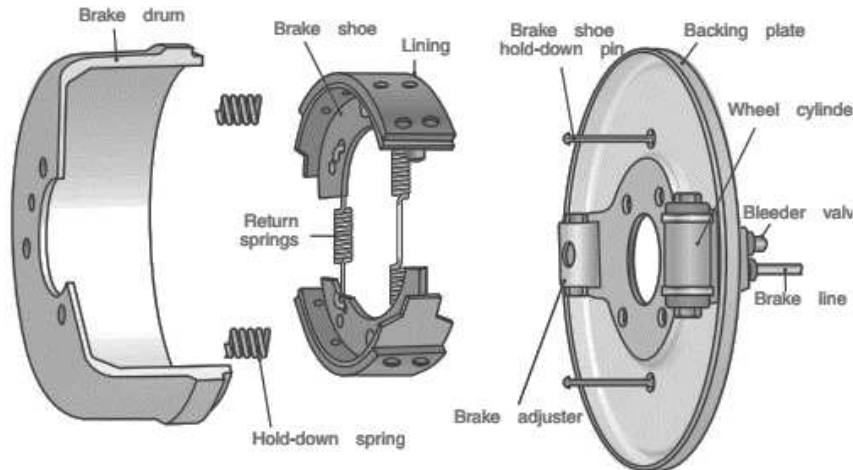
A brake is a device that has a function to reduce speed or stop a vehicle. One type of brake is a drum brake with the main component of the drum (*brake drum*) and brake lining (*brake shoe*). FC 250 cast iron is one of the materials used by brake shoes, and in practice, the material is less able to withstand the braking load that occurs. So, the study carried out a study of adding 1% chromium to cast iron FC 250 as an effort to increase the strength of the material. The material is FC 250, which will be mixed with 1% chromium. Specimens are cast by making Y-block shaped according to the JIS G 5501 standard. Cast results are processed for composition tests, hardness tests, and tensile test specimens. Tensile test specimens are manufactured according to the JIS Z 2201 standard. The target of chromium in cast specimens is around 1%. FC 250 gray cast iron, adding 1% chromium, is said to be suitable for use as brake shoe material if the tensile strength is at least 357.5 N/mm². The composition of FC 250 + Cr 1% consists of C = 3.37 %, Si = 1.84 %, Mn = 0.93 %, P = 0.19 %, S = 0.1%, and Cr = 0.96%. The addition of 1% chromium to FC 250 cast iron has an impact on increasing the hardness and tensile strength values by 66.4% and 38.3%. FC 250 + Cr 1% cast iron can be used as an alternative material because its tensile strength is higher than the maximum load that occurs in the brake shoe.

Keywords: FC 250; chromium; tensile strength

1. PENDAHULUAN

Rem merupakan alat yang memiliki fungsi untuk menurunkan kecepatan suatu kendaraan, atau untuk menghentikan kendaraan. Salah satu jenis rem ialah rem tromol

(*drum brake*) [1]. Sebagaimana tertera pada gambar 1, komponen utama rem tromol adalah tromol (*brake drum*), kampas rem (*brake shoe*), dan *wheel cylinder* [2]. Material yang sering digunakan pada tromol ialah besi cor kelabu (*grey cast iron*), sedangkan material *brake shoe* ialah besi cor nodular atau besi cor kelabu [3,4]. *Brake shoe* pada rem tromol pada umumnya juga dilengkapi dengan *lining*. Material lining yang sering digunakan ialah komposit, baik komposit buatan ataupun komposit serat alam [5]. Penjelasan ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Komponen rem tromol [2]

Besi cor kelabu menurut standar *Japanese Industrial Standard* (JIS) G 5501, diklasifikasikan menjadi beberapa jenis [6]. Berdasarkan sifat mekaniknya tipe-tipe besi cor kelabu ditunjukkan pada Tabel 1. Penggunaan besi cor kelabu pada rem tromol telah diteliti menggunakan simulasi komputasi. Nilai tegangan maksimal yang terjadi pada *brake shoe* dengan material FC 250 ialah 238,3 N/mm² serta *safety factor* desain 1,5. Berdasarkan nilai *safety factor*nya, maka kuat tarik material tersebut minimal sebesar 357,5 N/mm² [7]. Penelitian lain menyimpulkan bahwa tegangan maksimum pada *brake shoe* dengan material FC 200 sebesar 335,63 N/mm². *Safety factor* desain ialah 1,5 sehingga nilai tegangan ijin yang diperbolehkan hanya sebesar 133,33 N/mm² [8].

Tabel 1. Klasifikasi besi cor kelabu sesuai JIS G 5501 [6]

Simbol Grade (Tipe)	Kuat Tarik (MPa)	Kekerasan (HB)
FC100	100	201
FC150	150	212
FC200	200	223
FC250	250	241
FC300	300	262
FC350	350	277

Penggunaan besi cor kelabu untuk aplikasi *brake shoe* perlu dikaji ulang. Material yang lebih kuat dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Selain itu, modifikasi komposisi juga dapat dilakukan untuk mencapai kekuatan material yang sesuai dengan desain [9]. Beberapa unsur paduan dapat digunakan untuk memperbaiki sifat mekanik besi cor kelabu, diantaranya mangan (Mn), nikel (Ni), silikon (Si), dan kromium (Cr). Penambahan unsur kromium berpengaruh pada peningkatan kekerasan besi cor kelabu, namun ketika kadar kromium semakin meningkat besi cor kelabu akan mudah mengalami keretakan [10]. Penambahan unsur kromium 0,23% hingga 0,47%

pada besi cor FC 200 menghasilkan peningkatan kuat tarik sekitar 20%, dibandingkan besi cor FC 200 tanpa unsur kromium [11].

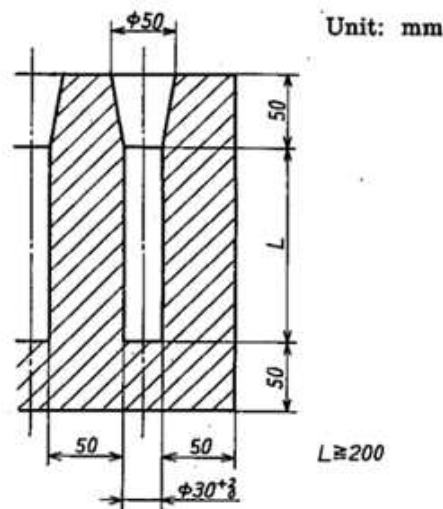
Berdasarkan pemaparan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh unsur kromium (Cr) 1% pada besi cor kelabu FC 250 terhadap kekuatan tarik kekerasan, dan komposisi kimianya. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan alternatif material yang dapat digunakan pada *brake shoe* rem tromol.

2. METODE

Material pada penelitian ialah besi cor kelabu FC 250, dengan komposisi kimia ditunjukkan pada Tabel 2. Kromium yang dicampur sebesar 1 % dari berat total FC 250 yang dilebur. Spesimen uji diproduksi dengan membuat cetakan pasir berbentuk *Y block* sesuai standar JIS G 5501, dan ditunjukkan pada gambar 2 [6]. Hasil cor kemudian diproses untuk membuat spesimen uji komposisi, uji kekerasan, dan uji tarik. Spesimen uji tarik dibuat dengan merujuk pada standar JIS Z 2201 [12]. Dimensi dan bentuk spesimen uji tarik yang dipilih ialah tipe 8A, dan ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 2 lima spesimen disiapkan untuk tiap variasi komposisi.

Tabel 2. Komposisi FC 250 [13]

Komposisi	Persentase (%)
Karbon (C)	3,10 – 3,40
Silikon (Si)	1,80 – 2,00
Mangan (Mn)	0,90 – 0,95
Fosfor (P)	Kurang dari 0,25
Sulfur (S)	Kurang dari 0,15
Besi (Fe)	<i>Balanced</i>



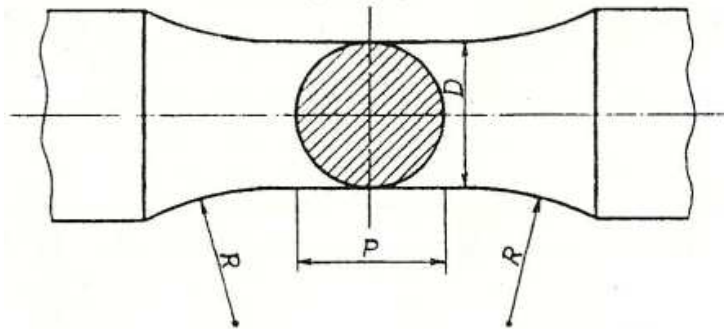
Gambar 2. Bentuk dan dimensi *Y block* [6]

Pengujian komposisi kimia menggunakan spektrometer *Foundry-Master Pro 44N0078*, dan ditunjukkan pada Gambar 3. Data didapatkan dari lima kali penembakan pada sampel, kemudian disimpulkan nilai rata-ratanya. Pengujian kekerasan menggunakan mesin *Rockwell Hardness LC-200RB*, yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pembebanan maksimum uji kekerasan ialah 150 kgf, dengan jenis indenter *diamond 120°* serta waktu pembebanan selama 4 detik. Jarak antar titik pengujian minimal empat kali

diameter bekas penetrasi. Hasil uji kekerasan kemudian dikonversi dari HRC menjadi HB. Nilai kekerasan didapatkan dari rata – rata hasil uji pada lima titik yang berbeda. Pada penyajian hasil, besi cor kelabu disimbolkan dengan FC 250 sedangkan besi cor kelabu dengan unsur kromium disimbolkan dengan FC 250 + Cr 1%. Dimensi spesimen uji tarik dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Dimensi spesimen uji tarik [12]

Sampel	Diameter Hasil Cor	Panjang Paralel (P)	Diameter (D)	Radius Fillet (R)
8A	Rata – Rata 13	Rata-rata 8	8	Minimal 16
8B	Rata – Rata 20	Rata-rata 12,5	12,5	Minimal 25
8C	Rata – Rata 30	Rata-rata 20	20	Minimal 40
8D	Rata – Rata 45	Rata-rata 32	32	Minimal 64



Gambar 3. Bentuk Spesimen uji tarik [12]

Target komposisi kromium pada spesimen hasil cor berkisar 1 %. Besi cor kelabu FC 250 dengan penambahan kromium 1 %, dikatakan layak digunakan sebagai material *brake shoe* apabila kuat tariknya minimal 357,5 MPa [7].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4, komposisi kimia FC 250 sebelum penambahan kromium ialah C = 3,36 %, Si = 1,87 %, Mn = 0,92 %, P = 0,13 %, dan S = 0,07%. Hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi komposisi FC 250 yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 4. Komposisi FC 250

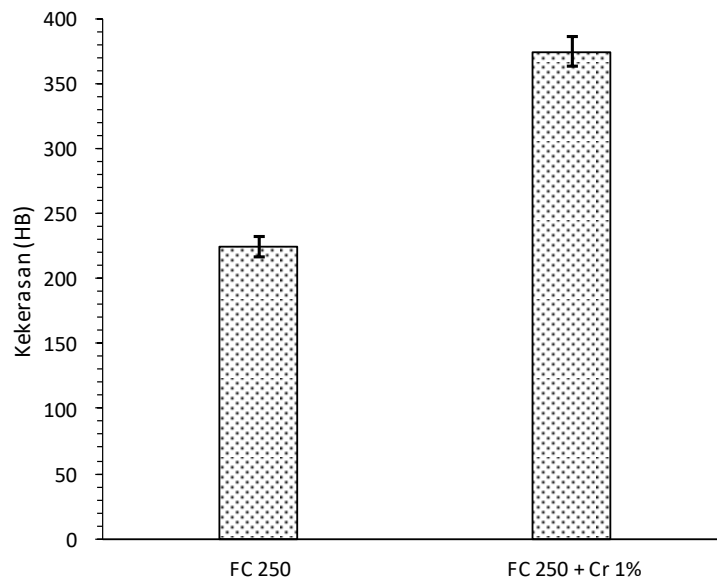
Unsur	Uji ke 1	Uji ke 2	Uji ke 3	Uji ke 4	Uji ke 5	Rata - Rata	Standar Deviasi
C	3,33	3,35	3,37	3,36	3,38	3,36	0,017
Si	1,92	1,85	1,87	1,87	1,92	1,89	0,029
Mn	0,91	0,92	0,92	0,92	0,95	0,92	0,014
P	0,14	0,13	0,14	0,13	0,17	0,14	0,015
S	0,07	0,06	0,10	0,07	0,09	0,08	0,015
Fe	93,63	93,69	93,60	93,65	93,49	93,61	0,068

Komposisi FC 250 + Cr 1% yang ditunjukkan pada Tabel 5. Terdiri atas C = 3,37 %, Si = 1,84 %, Mn = 0,93 %, P = 0,19 %, S = 0,1%, dan Cr = 0,96%.

Tabel 5. Komposisi FC 25 + Cr 1%

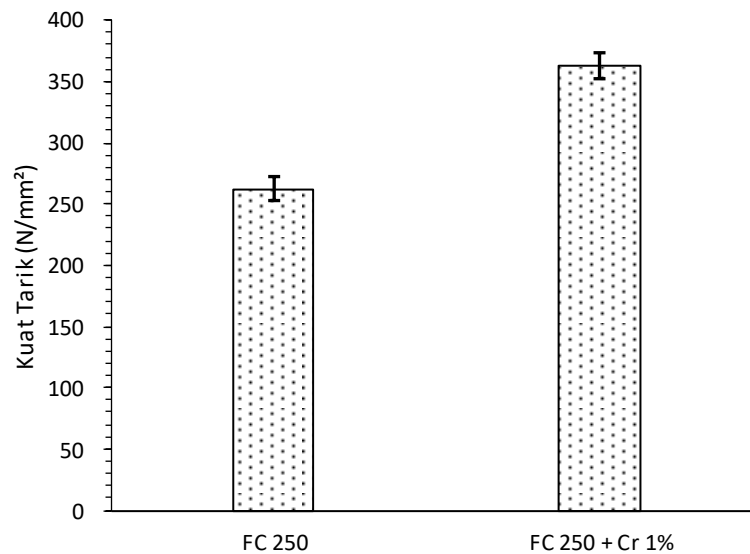
Unsur	Uji ke 1	Uji ke 2	Uji ke 3	Uji ke 4	Uji ke 5	Rata - Rata	Standar Deviasi
C	3,37	3,35	3,40	3,36	3,38	3,37	0,017
Si	1,90	1,83	1,81	1,86	1,85	1,85	0,030
Mn	0,95	0,91	0,93	0,92	0,94	0,93	0,014
P	0,18	0,17	0,22	0,20	0,14	0,18	0,027
S	0,11	0,09	0,10	0,06	0,07	0,09	0,019
Cr	0,97	0,98	0,94	0,99	0,97	0,97	0,017
Fe	92,52	92,67	92,60	92,61	92,65	92,61	0,052

Nilai kekerasan untuk FC 250 dan FC 250 + Cr 1% ditunjukkan pada Gambar 4. Nilai kekerasan paling rendah untuk sampel FC 250 ialah 215,9 HB, dan nilai paling tinggi 235,5 HB. Nilai kekerasan paling rendah untuk sampel FC 250 + Cr 1% ialah 360,4 HB, dan nilai paling tinggi 390,3 HB. Adapun kekerasan rata – rata untuk sampel berturut – turut FC 250 dan FC 250 + Cr 1% ialah 225,14 HB dan 374,72 HB. Dapat disimpulkan bahwa penambahan kromium sebesar 1% meningkatkan kekerasan besi cor kelabu FC 250 tersebut hingga 66,4%.



Gambar 4. Nilai kekerasan FC 250 dan FC 250 + Cr 1%

Sebagaimana ditunjukkan Gambar 5, nilai kekuatan tarik paling rendah untuk sampel FC 250 ialah 252,2 N/mm², dan nilai paling tingginya sebesar 275,2 N/mm². Nilai kekuatan tarik paling rendah untuk sampel FC 250 + Cr 1% ialah 347,6 N/mm², dan nilai paling tingginya sebesar 368,7 N/mm². Adapun kekuatan tarik rata – rata untuk FC 250 dan FC 250 + Cr 1% berturut-turut ialah 262,44 N/mm² dan 363,04 N/mm². Dapat disimpulkan terjadi peningkatan kuat tarik sebesar 38,3 % pada besi cor kelabu FC 250 ketika ditambahkan 1 % unsur kromium.



Gambar 5. Nilai kekuatan tarik FC 250 dan FC 250 + Cr 1%

Penambahan kromium tidak menghilangkan unsur – unsur utama penyusun FC 250. Komposisi tersebut masih sesuai dengan spesifikasi sebagaimana tertera pada tabel 2, serta terdapat kurang lebih 1% unsur kromium. Standar deviasi komposisi FC25 dan FC 25 + Cr 1% lebih kecil daripada nilai rata – rata. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5, nilai standar deviasi yang lebih kecil daripada rata – rata menunjukkan persebaran bersifat homogen atau unsur kimia merata di seluruh bagian spesimen [13].

Penambahan kromium menyebabkan kenaikan nilai kekuatan tarik dan kekerasan besi cor FC 250. Peningkatan tersebut disebabkan oleh sifat kromium yang mampu meningkatkan jumlah *perlite* dan promotor karbida, yang mana hal tersebut memberi dampak pada kenaikan kekuatan tarik serta kekerasan besi cor [14]. Hal tersebut sesuai dengan teori yang menyebutkan bahwa peningkatan nilai kekerasan suatu material berbanding lurus dengan peningkatan nilai kuat tariknya [15].

Kekuatan tarik besi cor FC 250 + Cr 1% sebesar 363,04 N/mm², lebih tinggi daripada tegangan maksimum yang terjadi pada simulasi komputasi *brake shoe* [7]. Berdasarkan hasil tersebut, besi cor FC 250 + Cr 1% dapat digunakan sebagai alternatif material *brake shoe* rem tromol. Selain itu, penambahan unsur kromium sekitar 1% pada besi cor umum digunakan untuk aplikasi komponen dengan beban yang cukup berat seperti pada *camshaft* motor bakar [16].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data, terdapat unsur kromium pada paduan besi cor FC 250 + Cr 1%. Unsur penyusun FC 250 tidak mengalami perubahan yang signifikan dengan adanya kromium. Nilai kekerasan besi cor FC 250 mengalami peningkatan dengan penambahan kromium 1%. Hal tersebut berdampak langsung nilai kuat tarik besi cor FC 250 yang mengalami peningkatan. Besi cor FC 250 + Cr 1% dapat digunakan sebagai alternatif material *brake shoe* rem tromol, karena nilai kuat tariknya lebih tinggi daripada tegangan maksimum yang terjadi pada *brake shoe*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Reif, K., “Brakes, Brake Control and Driver Assistance Systems Function, Regulation and Components”, *Springer*, 2014.
- [2] Schmid, S.R., Hamrock, B.J., Jacobson, B.O., “Fundamental of Machine Elements”, 3rd edition, *CRC Press*, 2014.
- [3] Choy, H.Y., Siaw, M.G., Pung, K.Q. “Design and Analysis of Brake Drum using Finite Element Analysis” *Journal of Physic: Conference series*, 2609, 012011, 2023.
- [4] Zheng, B., Zhang, J., Liu, W., “Finite Element Analysis of Brake Shoe Based on ANSYS Workbench”, *Advances in Intelligent Systems Research*, vol. 146, 2018.
- [5] C. Pinca-Bretotean, A. Josan, and V. Putan, “Testing of brake pads made of non asbestos organic friction composite on specialized station,” *Materials Today: Proceeding.*, vol. 45, no. 5, 2020
- [6] “Grey Iron Castings”, JIS G 5501, *Japanese Standart Association*, 1995.
- [7] Tadesse, W.M., Lei, Z., “Design and Analysis of Heavy Duty Truck Brake Drum and Shoe”, *International Journal of Engineering Research and Technology*, vol. 2, no. 2, 2020.
- [8] Zhang, J.D., Zheng, B., Lai, D., “ Finite Element Analysis and Optimization of Brake Shoe of Drum Brake”, 3rd *Information Technology, Networking, Electronic, and Automation Control Conference*, 2019.
- [9] A. Suprihanto, D. B. Wibowo, and D. Satrijo, “Penguujian lelah siklus rendah besi cor kelabu,” *Rotasi*, vol. 12, no.1, 2010
- [10] R. Binudi and B. Adjiantoro, “Pengaruh Unsur Ni, Cr, dan Mn terhadap Sifat Mekanik Baja Kekuatan Tinggi Berbasis Laterit,” *Mjalah Metalurgi*, vol. 29, no. 1, 2014.
- [11] Suprihanto, A., Umardani, Y., Wibowo., D.B., "Perbaikan Sifat Mekanis Besi Cor Kelabu dengan Penambahan Unsur Crom dan Tembaga, *Media Mesin*, vol. 6, no. 1, 2005.
- [12] “Test Pieces for Tensile Test for Metallic Materials”, JIS Z2201, *Japanese Standart Association*, 1998
- [13] Ibnu, H., Dasar-dasar Metodologi Penelitian Kuantitatif Dalam Pendidikan, *PT. Raja Grafindo Persada*, Jakarta, 1996
- [14] ASM Handbook, "Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys", *ASM Handbook Committee*, United States, vol. 1, 1993
- [15] Callister, W.D., Rethwisch, D.G., “Materials Science and Engineering: An Introduction”, *John Wiley & Sons Inc*, USA, 2009.
- [16] Brown, J.R., "Foseco Ferrous Foundryman's Handbook", *Butterworth - Heinemann*, 1st edition, 2000.