

KARAKTERISASI MATERIAL *BALL MILL* PADA PROSES PEMBUATAN SEMEN DENGAN METODA PENGUJIAN KEKERASAN, MIKROGRAFI DAN KEAUSAN

Yusuf Umardani¹⁾, Misbah Bukhori²⁾

Abstrak

Seiring adanya perkembangan teknologi, efisiensi waktu dan biaya dalam industri semen harus ditekan seminimal mungkin, salah satunya dengan cara meneliti karakteristik dari ball mill yang digunakan dalam proses penghancuran bahan baku sebelum dihasilkan semen, yang pada akhirnya dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mencari alternatif material pengganti dari ball mill yang mempunyai karakteristik yang lebih baik. Oleh karena itu perlu dievaluasi karakteristik dari ball mill tersebut melalui pengujian kekerasan, metalografi dan keausan. Keausan merupakan fenomena yang sering terjadi akibat adanya tumbukan antar ball mill tersebut, yaitu lepasnya material dari permukaan ball mill, yang dapat dipengaruhi oleh faktor pembebanan, panjang lintasan dan sifat dari material tersebut. Hal ini dapat mempengaruhi berkurangnya momentum tumbukan, yang pada akhirnya akan mengakibatkan bertambahnya waktu yang diperlukan pada proses tersebut. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kekerasan dari material ball mill besarnya berkisar antara 80,75 – 83,58 HR_A, struktur mikro yang terbentuk dari ball mill tersebut didominasi adanya karbida krom (Cr₂₃C₃) yang menyebabkan meningkatnya kekerasan, kekuatan, titik leleh dan elastisitas dari ball mill tersebut dan semakin tinggi pembebanan, maka semakin tinggi ketahanan ausnya.

Kata kunci : Ball mill, Keausan, struktur mikro

PENDAHULUAN

Ball mill adalah material yang digunakan untuk penggilingan dan pencampuran klinker dan gypsum sehingga akan diperoleh produk mill dengan kehalusan yang diinginkan atau yang disebut dengan semen.

Pada proses tersebut, ball mill yang digunakan adalah type ball mill yang terbuat dari material baja yang berbentuk bola. Adapun prinsip kerja dari ball mill tersebut adalah menghancurkan material bahan baku semen karena terjadinya tumbukan dan gesekan antara bola-bola baja dengan material.

Karakteristik dari ball mill dapat dilihat dari sifat mekanisnya, antara lain kekerasan dan tingkat keausannya. Untuk mengetahui karakteristik tersebut dapat dilakukan dengan melakukan beberapa pengujian, yaitu pengujian kekerasan, metalografi dan keausan.

TINJAUAN PUSTAKA

Callister (1994), menerangkan fasa-fasa yang terbentuk berdasarkan kandungan karbon pada temperatur tertentu. Berdasarkan diagram fasa Fe-Fe₃C, fasa bentuk stabil pada temperatur ruang disebut ferrite, atau besi- α , memiliki struktur kristal BCC (*The Body Centered Cubic*). Pada suhu 912°C (1674°F) ferrite mengalami transformasi *polymorphic* menjadi austenite FCC (*The Face Centered Cubic*) atau besi- γ . Austenite ini tetap berlangsung hingga 1394 °C (2541 °F) yaitu temperatur dimana austenite FCC kembali

menjadi BCC yang disebut dengan besi- δ dan akhirnya meleleh pada suhu 1538 °C (2800 °F). Perubahan-perubahan ini terjadi disepanjang sumbu vertikal sebelah kiri dari diagram fasa. Sumbu komposisi C pada Gambar 2.6 hanya sampai 6,70 % berat C; pada konsentrasi ini karbida besi atau sementite terbentuk (Fe₃C) yang ditandai dengan garis vertikal pada diagram fasa

Dieter (1987), menjelaskan tentang uji kekerasan rockwell, pada pengujian kekerasan ini menggunakan kedalaman lekukan pada beban yang konstan sebagai ukuran kekerasan. Mula-mula diterapkan beban kecil sebesar 10 kg untuk menempatkan benda uji. Hal ini akan memperkecil jumlah preparasi permukaan yang dibutuhkan dan juga memperkecil kecenderungan untuk terjadi penumbukan keatas atau penurunan yang disebabkan oleh penumbuk. Kemudahan diterapkan beban yang besar dan secara otomatis kedalaman lekukan akan terekam pula gage penunjuk yang menyatakan angka kekerasan.

Nugraha Budi (2000), menerangkan tentang ball mill, yaitu untuk menjaga hasil yang konstan dan optimum, pemilihan ukuran ball mill yang memadai dan mutu material harus dilakukan secara hati-hati. Pada proses penggilingan, ball mill harus dapat menahan keausan yang disebabkan oleh gaya gesek antara ball mill tersebut dan material abrasive.

Agus Kurniawan (2001) dalam penelitiannya mengenai pengujian keausan abrasi dua benda didapatkan bahwa hubungan antara panjang lintasan terhadap keausan abrasi dua benda adalah linier.

Ball mill terdiri dari beberapa ukuran dan mutu bahan yang berbedanya. Penggilingan kasar biasanya digunakan ball mill dengan ukuran diameter 50 mm sampai 100 mm, dan penggilingan halus dengan ball

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

²⁾ Alumni Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

mill yang ukuran diameternya antara 15 mm sampai 50 mm

Ukuran *ball mill* maksimum dan minimum dan komposisinya tergantung dari beberapa faktor, antara lain :

- Ukuran maksimum material yang akan digiling
- Kehalusan produk
- Diameter dan panjang mill
- Grindability dan struktur mineral dari umpan material
- Sistem mill, yaitu sirkulasi terbuka/tertutup, banyaknya ruang dan beban sirkulasi.

Pada proses penggilingan, *ball mill* harus dapat menahan :

- Gaya pukul oleh bola itu sendiri, terutama pada penggilingan kasar dengan ukuran bola besar.
- Keausan disebabkan oleh gaya gesek antara bola dengan liner.
- Keausan yang disebabkan oleh material abrasive
- Korosi pada penggilingan kering.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah material *ball mill*.

Alat

Alat yang digunakan untuk pembuatan spesimen dan pengujian antara lain :

- Gerinda
- Ragum
- Amplas
- Timbangan digital



Gambar 1. *Ball mill*



Gambar 2. (a) Alat uji kekerasan (b) Mikroskop (c) Timbangan digital (d) Alat uji keausan

Penyiapan bahan baku

Proses yang pertama dalam pengolahan bahan baku yaitu proses pengerjaan dengan menggunakan mesin gerinda dan mesin amplas. Material *ball mill* dilakukan pemotongan dengan bentuk yang disesuaikan dengan pengujian yang akan dilakukan.

Untuk pengujian kekerasan, material *ball mill* tersebut yang masih berbentuk bola dipotong pada dua bagian sisi yang berseberangan agar permukaannya bisa datar, kemudian pada kedua sisi tersebut dilakukan proses perataan permukaan dengan menggunakan mesin amplas sampai permukaannya sudah benar-benar datar dan siap dilakukan pengujian kekerasan.

Untuk pengujian metallografi, material *ball mill* dipotong-potong dengan ukuran luas penampangnya adalah 5 x 10 mm, kemudian diletakan pada permukaan pipa pralon yang sudah dipotong-potong dengan panjang 2 cm, dengan menggunakan selotip, potongan material tersebut ditempelkan. Melalui lubang pralon yang satunya, dimasukan campuran dari cairan resin dan katalis, kemudian tunggu sampai cairannya membeku. Kemudian permukaannya dihaluskan dengan menggunakan mesin amplas, dengan abrasive paper kekasaran 120, 400, 800, 1000 dan 1500, setelah itu melakukan proses polis dengan menggunakan autosol dan kemudian spesimen dietza untuk mengetahui lebih jelas struktur-struktur pada logam.

Untuk pengujian keausan, material dipotong dengan menggunakan mesin gerinda yang dibentuk spesimen dengan ukuran 35 x 7,7 x 7,7 mm. Setelah itu salah satu sisinya di amplas sampai permukaannya datar. Untuk uji keausan tersebut menggunakan abrasive paper 120 cw, bertujuan untuk mendapatkan massa hilang cukup banyak sehingga perubahan massa dapat terlihat dengan jelas.

Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari material *ball mill* yang akan diuji. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan standar kekerasan rockwell.

Pengujian Mikrografi

Pengujian mikrografi bertujuan untuk mengetahui struktur mikro dari material *ball mill* yang sekaligus dapat digunakan untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari material yang diuji.

Pengujian keausan

Pengujian keausan bertujuan untuk mengetahui laju keausan material *ball mill*, yang selanjutnya dapat diketahui nilai ketahanan ausnya. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode pin-on-disk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kekerasan

Dari Tabel 1, terlihat bahwa nilai kekerasan dari material *ball mill* berkisar antara 80,75 – 83,58 HR_A.

Hasil pengujian mikrografi

Dari Gambar 3, dapat dilihat bahwa struktur mikro dari material *ball mill* yang terbentuk antara lain adalah perlit, ferit dan karbida krom yang strukturnya dendritik.

Hasil pengujian keausan

Dari Tabel 2, terlihat bahwa jumlah massa yang hilang setelah melewati lintasan berbanding lurus terhadap panjang dari lintasan tersebut, pada variasi pembebanan 964 gram, 1431,7 gram, 1805,1 gram dan 2284,1 gram

Tabel. 1 Hasil pengujian kekerasan

No.	Bekas (d=30 mm)	Bekas (d= 40 mm)	Baru (d=40 mm)	Bekas (d=70 mm)
1	84.00	82.00	81.00	80.5
2	83.00	81.50	81.00	80.5
3	84.00	82.50	81.50	80.5
4	82.00	82.00	82.00	81.5
5	84.00	82.50	82.50	81
6	84.50	82.00	82.00	80.5
Rata2	83.58	82.08	81.67	80.75

Tabel. 2 Hasil pengujian keausan

Pembebanan	M ₁ (gram)				M ₂ (gram)				M ₃ (gram)				M ₄ (gram)			
	1	2	3	rata-rata												
964 gram	9,238	9,238	9,239	9,238	9,233	9,233	9,234	9,233	9,227	9,227	9,228	9,227	9,223	9,223	9,223	9,223
1431,7 gram	9,218	9,218	9,219	9,218	9,212	9,212	9,212	9,212	9,206	9,206	9,206	9,206	9,200	9,200	9,199	9,200
1805,1 gram	9,200	9,200	9,199	9,200	9,193	9,192	9,192	9,192	9,185	9,185	9,185	9,185	9,178	9,178	9,178	9,178
2284,1 gram	9,163	9,162	9,163	9,163	9,154	9,154	9,153	9,154	9,145	9,145	9,145	9,145	9,136	9,136	9,136	9,136



Gambar 3. Foto struktur mikro ball mill

PEMBAHASAN

Pada pengujian kekerasan dapat dilihat bahwa kekerasan material *ball mill* tergantung diameter dari *ball mill*-nya, semakin besar diameternya, maka nilai kekerasannya cenderung semakin turun, hal ini mungkin dikarenakan oleh laju pendinginan yang

lambat atau waktu solidifikasi lokal yang panjang yang menghasilkan struktur dendrit yang kasar dengan jarak antar lengan dendrit yang panjang. Untuk laju pendinginan yang cepat atau waktu solidifikasi lokal yang singkat, struktur yang dihasilkan lebih halus dengan jarak antar lengan dendrit yang sempit. Struktur yang terbentuk dan ukuran butir yang dihasilkan mempengaruhi sifat-sifat dari coran. Begitu ukuran butir mengecil, maka kekuatan dan keuletan coran meningkat. Jadi nilai kekerasan material *ball mill* relatif sama besarnya yaitu sekitar 80,75 – 83,58 HR_A.

Pada pengujian mikrografi, struktur mikro dari material *ball mill* yang terbentuk antara lain adalah perlit, ferit dan karbida krom yang strukturnya dendritik tapi secara keseluruhan, struktur mikronya di dominasi oleh struktur dendrit yang berwarna hitam keabu-abuan (karbida krom (Cr₂₃C₆)) sehingga dapat meningkatkan kekerasan, kekuatan leleh dan elastisitas dari baja.

Pada pengujian keausan, laju volume aus per unit lintasan yang tertinggi adalah pada saat dilakukan pembebanan 2284,1 gram, yang selanjutnya diikuti oleh pembebanan yang lebih kecil, yaitu 1805.1 gram, 1431.7 gram dan 964 gram. Hal ini menunjukkan bahwa laju volume aus per unit lintasan berbanding lurus dengan pembebanan yang diberikan, semakin berat beban yang ditambahkan pada pin holder, maka semakin besar pula laju volume yang aus, laju keausan tertinggi dialami oleh material *ball mill* yang diberi pembebanan paling rendah sedangkan laju keausan terendah dialami oleh material yang dikenai pembebanan terbesar. Artinya semakin besar beban yang ditambahkan maka laju keausannya akan semakin turun dan ketahanan aus terbesar dialami oleh material *ball mill* dengan pembebanan 2284.1 gram dan ketahanan aus terendah dialami oleh material *ball mill* akibat pembebanan 964 gram. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pembebanan, maka semakin rendah ketahanan ausnya.

KESIMPULAN

Dari pengujian di atas dapat di simpulkan bahwa :

1. Kekerasan dari material *ball mill* nilainya berkisar antara 80,75 – 83,58 HR_A.
2. Struktur mikro yang terbentuk dari *ball mill* tersebut didominasi adanya karbida krom (Cr₂₃C₃) yang menyebabkan meningkatkan kekerasan, kekuatan leleh dan elastisitas dari *ball mill* tersebut.
3. Ketahanan aus terbesar dialami oleh material *ball mill* dengan pembebanan 2284.1 gram dan ketahanan aus terendah dialami oleh material *ball mill* akibat pembebanan 964 gram. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pembebanan, maka semakin tinggi ketahanan ausnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abdurroziq anton. *Pengaruh austemper Temperatur Quech 3500C Variasi Holding Time 1,5 Jam, 2 Jam dan 2,5 Jam Terhadap Kekerasan dan Keausan Besi Cor Kelabu Blok Rem Kereta Api*. Teknik Mesin UNDIP, Semarang
2. Callister, William D. 1994, *Material Science and Engineering*. John Willey & Sons, Inc. USA,
3. Dieter, George E. 1987, *Metalurgi Mekanik*. Erlangga. Jakarta.
4. Kalpakjian, Serope, *Manufacturing Engineering And Technology*, Addison-Wesley Publishing Company Inc
5. Kurniawan, Agus. 2001, *Perencanaan dan Pembuatan Alat Uji Keausan Abrasi Dua Benda Tipe Pin-on-Disc*. Teknik Mesin UNDIP, Semarang
6. Nugraha Budi, Ir. 2000, *Pemeliharaan Crusher dan Mill*. Institut Semen dan Beton Indonesia. Bogor
7. Riss A dan Khodorovsky Y. *Production of Ferroalloys*. Foreign Languages Publishing House. Moscow
8. *Nasional BPPT*, Investor Daylight on line, febuari.
9. DOE. Feb. 2002. Biodiesel-clean, Green Diesel Fuel. DOE/GO-102001-1449, National Renewable Energy Lab. , US Departement of Energy.
10. Gerald Knothe, 1997. The use of vegetable oils and their derivatives as alternative diesel fuels. U.S. Department of Agriculture, Peoria. IL 61604
11. Kazunori H., Eiji K., Hiroshi T., Koji T., Daizo M, 2001. *Combustion Characteristics of Diesel Engines with Waste Vegetable Oil Methyl Ester, The Fifth Symposium on Diagnostics and Modeling of Combustion in Internal Combustion Engines*, July 14, Nagoya.
12. Marshall, W. , Scumacher, L. G, Howell, S. A, 1995. Engine Exhaust Emission Evaluation of Cummins L10E When Fueled With a Biodiesel Blend. SAE paper No. 952863. SAE, Warrendale, PA.
13. Peterson, C., & D. Reece. 1996. Emissions Characteristics of Ethyl Truck. Transaction of the ASAE 39(2): 805-816
14. Peterson, C. L, J.C. Thompson, J. S. Taberski, D. L. Reece, & G. Fleischman, 1999. : Long-Range On road Test With Twenty-percent Biodiesel. Applied Engineering in Agriculture, ASAE 15(2): 91-101.