

PENGARUH HOLDING TIME TERHADAP SIFAT KEKERASAN DENGAN REFINING THE CORE PADA PROSES CARBURIZING MATERIAL BAJA KARBON RENDAH

Darmanto *)

Abstrak

Sifat mekanis baja dipengaruhi oleh prosentase karbon dalam paduan. Kadar karbon dapat dirubah prosentasenya dengan cara karburizing, yaitu suatu proses untuk menaikkan kadar karbon dengan cara *thermochemical heat treatment*. Proses pada penelitian ini menggunakan arang batok kelapa. Dari karburizing akan diperoleh sifat mekanis (kekerasan, kerapuhan, keuletan, kemampuan bentuk) yang berbeda dari sebelumnya.

Kata kunci : carburizing, baja, carbon

PENDAHULUAN

Baja adalah salah satu jenis logam yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik. Penggunaan baja dapat disesuaikan dengan kebutuhan karena banyak sekali macamnya dengan sifat dan karakter yang berbeda-beda. Baja biasanya mengandung beberapa unsur paduan. Unsur yang paling dominan pengaruhnya terhadap sifat-sifat baja adalah unsur karbon, meskipun unsur-unsur lain tidak bisa diabaikan begitu saja. Besar kecilnya prosentase unsur karbon akan berdampak pada sifat mekanik dari baja tersebut, misalnya dalam hal kekerasan, kerapuhan, keuletan, kemampuan bentuk dan sifat-sifat mekanik lainnya.

Bahan – bahan teknik yang mempunyai keuletan di bagian inti dan kekerasan di bagian permukaan sangat diperlukan karena hal itu dapat memperpanjang umur dari bahan itu sendiri apalagi bila bahan – bahan tersebut selalu bekerja untuk menahan beban dan melakukan gerak, misalnya bushing, camshaft, gear, dan pinions. Baja adalah salah satu bahan yang memenuhi persyaratan diatas, tetapi baja tersebut harus mengalami proses perlakuan terlebih dahulu.

Baja di pasaran biasanya dijual dalam bentuk baja padat , baik dalam bentuk plat, lonjoran, batangan maupun profil. Menaikkan maupun menurunkan prosentase unsur karbon dari baja padatan tidak semudah dalam keadaan cair, salah satu cara yang proses *carburizing*. *Carburizing* tidak mampu merubah komposisi karbon secara menyeluruh dari material yang diproses, namun pada daerah kulit atau permukaan baja akan berubah secara signifikan. Pada proses *carburizing*, permukaan baja akan mengalami karburisasi. Pemanasan baja yang terlalu lama dalam dapur juga akan menyebabkan kehilangan unsur karbon pada permukaannya, dimana baja akan mengalami dekarburisasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Baja (*Steel*) adalah suatu produksi besi yang mengandung kadar karbon berkisar sekitar 1,7%. Produk ini secara teknik dinyatakan sebagai baja karbon (*Carboon Steel*) (Jensen dan Chenoweth, 1992). Proses pembuatan baja mela lui proses Bessemer, Thomas, Siemens Martin dan Metode Penghembusan Oksigen. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencainaan, dan penempaan.

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin UNWAHAS

Baja Karbon mempunyai sifat yang ditentukan oleh banyaknya kadar karbon yang ada dalam baja dan struktur mikro dari baja. Kandungan baja karbon tanpa paduan berkisar dari 0,03% - 1,7% namun biasanya tidak melebihi 1,5%.

Secara umum baja karbon diklasifikasikan menjadi tiga golongan antara lain yaitu :

- Baja karbon rendah ; kandungan karbon ini 0,10% - 0,30%, penggunaannya sangat luas, bisa untuk konstruksi kapal, konstruksi kendaraan, plat, pipa serta mur baut dan lain sebagainya.
- Baja karbon sedang ; kandungan karbon pada baja ini 0,30% - 0,60%, baja karbon sedang lebih kuat dan keras dibanding baja karbon rendah, penggunaannya hampir sama dengan baja karbon rendah, untuk perancangan konstruksi pembebanan yang lebih berat dan memerlukan kekuatan, kekerasan tinggi, maka baja karbon sedang lebih tepat.
- Baja karbon tinggi ; karbon yang dikandung lebih dari 0,70% - 1,5%, kekerasannya tinggi bila dibandingkan dengan baja karbon keduanya tetapi keuletannya lebih rendah, hampir jarak tegangan lumernya terhadap tegangan proporsionalnya tidak dapat diketahui pada grafik tegangan regangan.

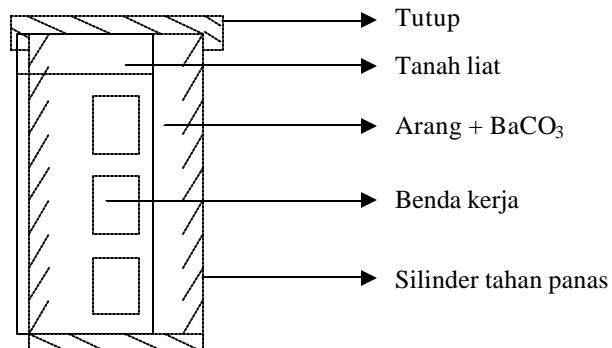
Struktur baja dibedakan menjadi tiga bentuk utama, yaitu :

- *Ferrite* yaitu kristal besi murni (ferum = Fe) terletak rapat saling berdekatan tidak teratur, baik bentuk maupun besarnya. *Ferrite* merupakan bagian baja yang paling lunak. *Ferrite* murni tidak akan cocok digunakan sebagai bahan untuk benda kerja yang menahan beban karena kekuatannya kecil.
- Karbida besi (Fe_3C) suatu senyawa kimia antara besi (Fe) dengan karbon (C) sebagai unsur struktur tersendiri dinamakan *cementite* dan mengandung 6,7% karbon. Rumus kimianya Fe_3C . *Cementite* dalam baja merupakan unsur yang paling keras (Fe_3C lebih keras 270 kali dari besi murni).
- *Pearlite*, merupakan campuran erat antara *ferrite* dan *cementite* dengan kandungan zat arang sebesar 0,8%. Kristal *ferrite* terdiri dari serpihan *cementite* halus yang memperoleh penempatan saling berdampingan dalam lapisan tipis mirip lamel.

Prinsip dasar dari *carburizing* adalah difusi C dari suatu media yang kaya dengan karbon, seperti arang ke dalam besi - γ (*austenite*) melalui pemanasan diatas suhu kritisnya beberapa lama sehingga terbentuk lapisan C sampai kedalaman tertentu.

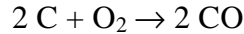
Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah pack *carburizing* yang merupakan proses perlakuan panas secara kimia berupa penambahan karbon ke baja dalam bentuk padat. Metode ini paling luas digunakan dalam proses pengerasan permukaan karena sederhana dan murah Adapun model pack *carburizing* seperti di bawah :

Hubungan kekerasan vs case depth

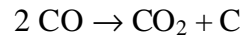


Gambar 1. Pack Carburizing

Pada Proses *carburizing* terjadi proses kimia sebagai berikut :

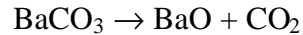


Pada permukaan benda uji, gas CO akan membebaskan atom-atom C



Atom – atom C ini akan masuk ke dalam baja secara difusi interstisi (*interstitial diffusion*).

Kecepatan *carburizing* dapat ditingkatkan dengan penambahan 10 – 15% BaCO₃



Selanjutnya CO₂ akan bereaksi dengan arang (C) dan membentuk CO



Refining The Core adalah penurunan kadar unsur-unsur pada inti baja. Setelah *carburizing* bagian dalam (inti) mengandung 0,1 – 0,2 % C. Perlakuan panas yang dilakukan untuk meningkatkan kekuatan dan ketangguhan bahan yang mengalami *carburizing* pada penelitian ini adalah penghalusan inti (*Refining The Core*). Perlakuan panas dilakukan dengan memanaskan benda kerja di atas suhu kritisnya ($\pm 900^\circ C$) dimana struktur *ferrite/pearlite* kasar \rightarrow *austenite*, selanjutnya di *quench* (dicelup) untuk mendapatkan struktur mikro berupa *ferrite/ bainite/ martensite* dibagian inti. Sebaliknya pada permukaan akan terbentuk *martensite* kasar yang getas (Yudiono, 2005).

Kekerasan diukur dengan menggunakan alat penguji vickers. Pengujian memakai piramid *diamond* dengan sudut-duanya 136° sebagai penekan. Kekerasan vickers ditentukan oleh beban dibagi luas permukaan beban penekanan.

$$VHN = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{D^2} \quad (1)$$

Dimana : P : gaya/ beban yang digunakan

α : sudut antara permukaan yang berlawanan

D : $(D_1 + D_2) / 2$

Karena $\alpha = 136^\circ$

$$\text{maka : } VHN = \frac{1,854P}{D^2} \quad (2)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan mengadakan pengujian terhadap baja karbon rendah. Desain pada penelitian ini yaitu menggunakan dua kelompok, kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Kelompok kontrol adalah *raw materials* yang dijadikan sebagai acuan, sedangkan kelompok eksperimen adalah baja karbon rendah yang telah mengalami *carburizing*.

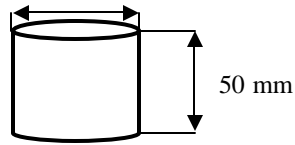
➤ Bahan

Bahan-bahan yang digunakan :

- Baja karbon rendah
- Silinder baja tahan panas
- Plat baja
- Arang batok kelap
- BaCO₃
- Tanah liat

➤ **Spesimen**

Spesimen uji seperti ditunjukkan pada Gambar 5 dibuat sebanyak 10 spesimen, yaitu *raw materials* 1 spesimen, untuk pengarbonan 1 jam 3 spesimen, untuk pengarbonan 2 jam 3 spesimen dan pengarbonan 3 jam 3 spesimen.



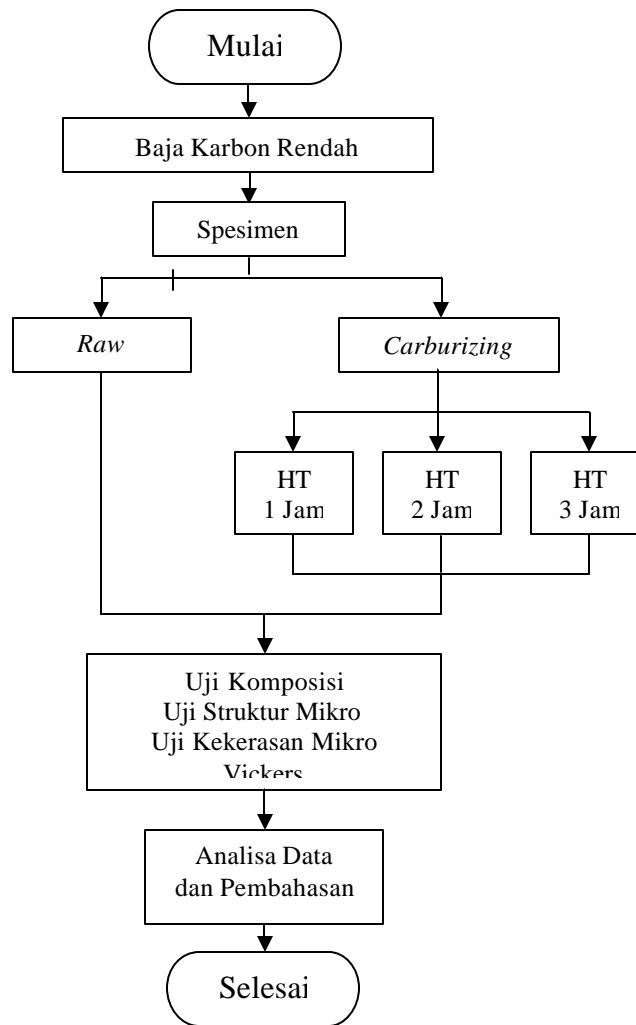
Gambar 2. Spesimen uji

➤ **Alat**

Alat-alat yang digunakan adalah :

- Mesin perkakas (gergaji besi, jangka sorong, mesin gerinda, mesin *frais / milling*)
- Dapur pemanas
- Kertas amplas no. 120, 180, 240, 320, 400, 600, 800, 1000 dan 1200.
- Kain gosok halus
- Pasta pembersih (*autosol*)
- etsa berupa Nital ($2 \text{ cm}^3 \text{ HNO}_3 + 98 \text{ cm}^3 \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH}$)
- Unit mesin uji komposisi (*side mountaid grinder, belt polisher, spectrometer ARL 3460*)
- Mesin uji kekerasan *Micro Vickers* (HMV-M3), sudut piramida intan 136° , penetrasi 200 gf
- Unit mesin uji struktur mikro (*grinding and polishing, mikroskop optik dan kamera, PME3 B, PME3 C*).

➤ **Diagram Alir Penelitian**



Keterangan :
HT : *Holding Time*

Gambar 3. Diagram alir penelitian

➤ **Cara kerja**

Spesimen dimasukkan dalam pack carburizing (seperti gbr. 4) dengan serbuk arang batok kelapa dan BaCO₃ dengan perbandingan 85% : 15%.

- Masukkan ke dalam dapur, dipanaskan sampai 500°C untuk dilakukan proses *preheating*, kemudian dinaikkan 900°C
- Setelah mencapai 900°C dilakukan penahanan selama 1 jam, lalu dikeluarkan dan didinginkan dengan udara sampai mencapai temperatur kamar.
- Untuk benda uji yang lainnya (*holding time* 2 jam dan 3 jam), prosesnya sama dengan yang diatas, dengan menyesuaikan waktu penahanan yang diinginkan.
- Lakukan Penghalusan inti (*Refining The Core*), dengan memanaskan benda kerja di atas suhu kritisnya ($\pm 900^{\circ}\text{C}$) selanjutnya di *quench* (dicelup)
- Lakukan pengujian komposisi kimia dengan *Spectrometer untuk semua spesimen*.
- lakukan pengujian kekerasan dengan vickers, waktu pembebanan 5 detik, pada 5 titik dengan jarak 1, 3, 5, 7 dan 9 mm dari tepi.

➤ **Hasil dan pembahasan**

Hasil Pengujian Kekerasan Mikro Vickers

Tabel 1. Hasil uji kekerasan spesimen *raw material*

Posisi titik dari tepi (mm)	D1 (μm)	D2 (μm)	D rata-rata (μm)	Kekerasan VHN (kgf/mm ²)
3.0	46.0	46.0	46.00	175.3
6.0	45.0	45.0	45.00	183.2
9.0	45.5	45.5	45.50	179.1

Tabel 2. Hasil uji kekerasan temperatur 900°C *holding time* 1 jam

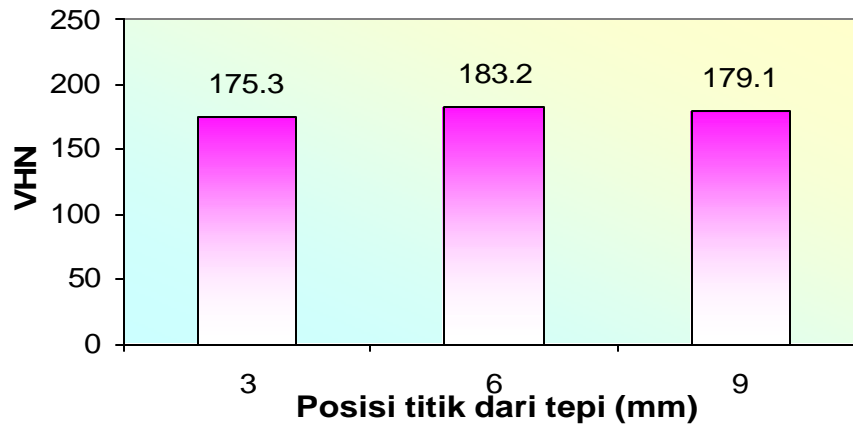
Posisi titik dari tepi (mm)	D1 (μm)	D2 (μm)	D rata-rata (μm)	Kekerasan VHN (kgf/mm ²)
0.1	43.5	43.5	43.50	196.0
0.2	48.0	47.5	47.75	162.7
0.4	54.0	54.0	54.00	127.2
0.6	54.0	54.5	54.25	126.0
0.8	54.0	55.5	54.75	123.7
1.0	53.5	54.0	53.75	128.4
3.0	53.5	54.0	53.75	128.4
5.0	53.5	53.5	53.50	129.6
7.0	53.0	53.5	53.25	130.8
9.0	53.0	53.5	53.75	128.4

Tabel 3. Hasil uji kekerasan temperatur 900°C *holding time* 2 jam

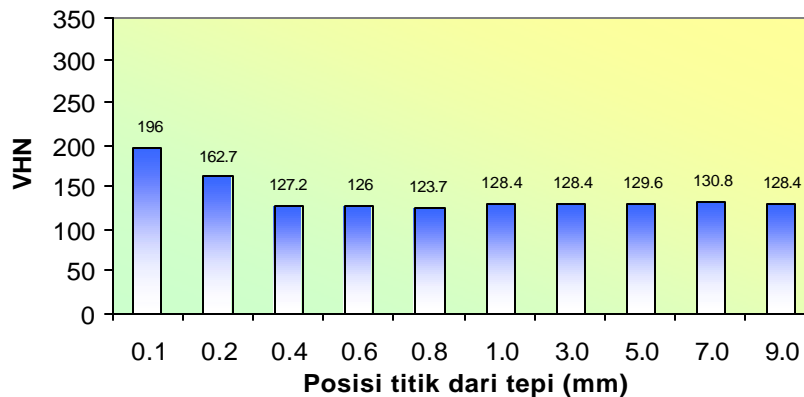
Posisi titik dari tepi (mm)	D1 (μm)	D2 (μm)	D rata-rata (μm)	Kekerasan VHN (kgf/mm ²)
0.1	46.0	46.0	46.00	175.3
0.2	49.0	48.0	48.50	157.7
0.4	50.5	50.5	50.50	145.4
0.6	50.5	51.5	51.00	142.6
0.8	53.5	53.5	53.50	129.6
1.0	56.0	56.0	56.00	118.3
3.0	58.0	56.5	57.25	113.2
5.0	56.5	56.5	56.50	116.2
7.0	56.5	57.0	56.75	115.2
9.0	54.0	54.5	54.25	126.0

Tabel 4. Hasil uji kekerasan temperatur 900°C *holding time* 3 jam

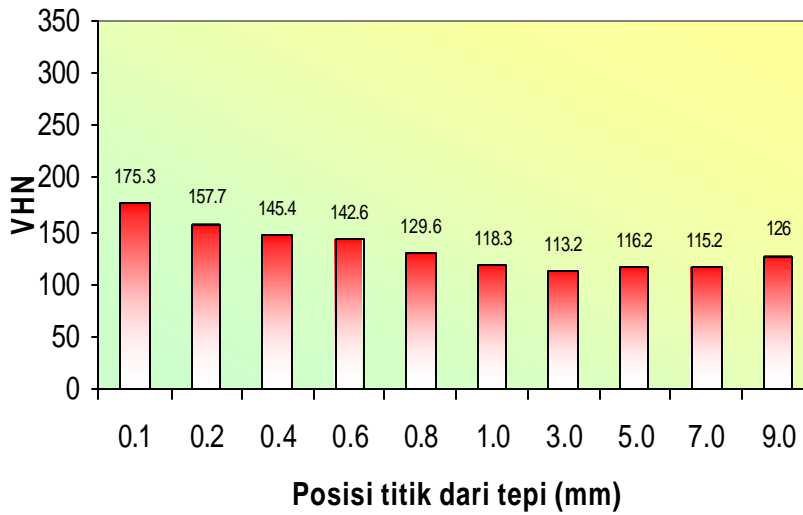
Posisi titik Dari tepi (mm)	D1 (μm)	D2 (μm)	D rata-rata (μm)	Kekerasan VHN (kgf/mm^2)
0.1	33.5	33.5	33.50	330.5
0.2	36.0	36.0	36.00	286.2
0.4	45.0	45.0	45.00	183.2
0.6	53.5	54.0	53.75	128.4
0.8	53.5	53.5	53.50	129.6
1.0	53.0	53.0	53.00	132.0
3.0	53.5	53.0	53.25	130.8
5.0	54.0	54.0	54.00	127.2
7.0	53.0	53.0	53.00	132.0
9.0	54.5	54.0	54.25	126.0



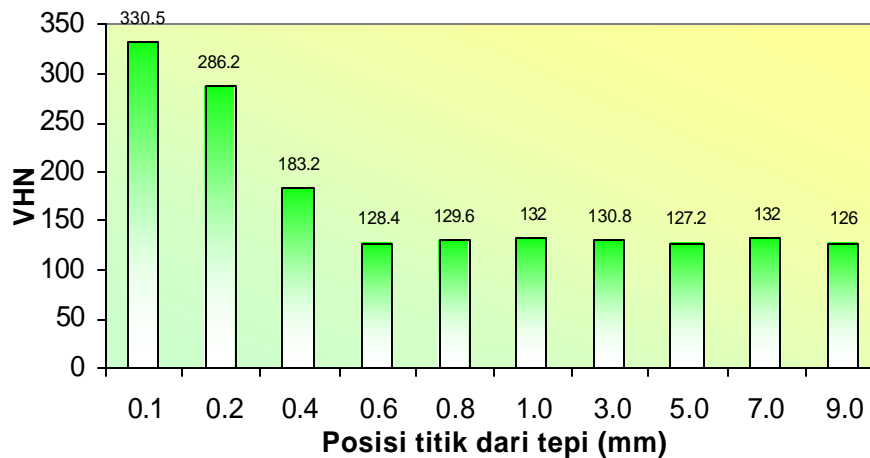
Gambar 4. Diagram hasil uji kekerasan *raw materials* 900°C



Gambar 5. Diagram hasil uji kekerasan temperatur *holding time* 1 jam.



Gambar 6. Diagram hasil uji kekerasan pada temperatur 900°C *holding time* 2 jam



Gambar 7. Diagram hasil uji kekerasan pada temperatur 900°C *holding time* 3 jam.

Angka kekerasan Vickers dapat diketahui dengan menggunakan rumus pada persamaan (2)

Harga kekerasan Mikro Vickers pada raw materials cenderung sama pada tiap titik pengujian. Distribusi kekerasan yang berbeda terlihat pada spesimen yang telah di carburizing dan dengan *holding time*. Semakin bertambahnya *holding time* pada proses carburizing tidak meningkatkan kekerasan bagian inti baja tetapi akan berpengaruh pada bagian permukaan baja.

KESIMPULAN

Simpulan

1. Sifat mekanis (kekerasan) material baja karbon rendah akibat carburizing semakin berkurang sebanding dengan kedalaman dari permukaan.
2. Holding time semakin besar kekerasannya semakin bertambah untuk titik yang sama.

Saran

Untuk melakukan *carburizing* dianjurkan memakai *holding time* 3 jam, karena akan dicapai kedalaman penetrasi yang dalam, tetapi tidak tertutup kemungkinan bahwa *carburizing* dengan *holding time* 3 jam lebih akan didapatkan kedalaman penetrasi yang lebih dalam lagi, hal ini juga tergantung pada kedalaman nilai kekerasan pada permukaan yang dikehendaki.

DAFTAR PUSTAKA

1. Amanto, H dan Daryanto. Ilmu Bahan. Jakarta : PT. Bumi Aksara, 1999.
2. Djaprie, S dan Amstead, B., H. Teknologi Mekanik Jilid I. Jakarta. Erlangga, 1997.
3. Jensen dan Chenoweth. Kekuatan Bahan Terapan. Jakarta : Erlangga, 1992.
4. Schonmetz, A dan Gruber, K. Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam. Bandung : Angkasa, 1977.
5. Sucahyo, B. Ilmu Bahan. Semarang : Tiga Serangkai, 1990.
6. Sucahyo, B. Ilmu Logam. Surakarta : PT. Tiga Serangkai, 1995.
7. Sudjana. Metode Statistika. Bandung : Tarsito, 1996.
8. Sugiarto dan Darmadi. "Analisis Perubahan Kekerasan dan Difusi Karbon Pada Permukaan Baja Akibat Proses Karburisasi dan Dekarburisasi". Jurnal Teknik. Semarang : UNDIP, 2000.
9. Sumarto, H., W. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2000.
10. Surdia, T. Teknik Pengecoran Logam. Jakarta : PT. Pradnya Paramita, 1991.
11. Uliet, V dan Both. Teknologi Untuk Bangunan Mesin Bahan-bahan I. Jakarta : Erlangga, 1991.
12. Yudiono, H. Metalurgi Fisik. Diktat. Semarang: Jurusan Teknik Mesin. UNWAHAS, 2005.