

# PENGARUH VISKOSITAS MEDIA CELUP TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BESI TUANG ASTM A532

Subardi<sup>\*)</sup>

## Abstrak

Penggunaan *grinding ball/mill* baja AISI type D di industri semen sampai saat ini masih didatangkan dari luar negeri dengan harga yang mahal, sehingga ketergantungan pabrik semen terhadap *grinding ball/mill* ini. Besi tuang putih martensitik ASTM A532 mempunyai unsur C (carbon) sebesar 2,2%, memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, diantaranya kekerasan tinggi, tahan korosi, kekuatan tinggi dan tahan terhadap perubahan suhu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh viskositas media celup terhadap kekerasan besi tuang putih martensitik ASTM A532. Spesimen berbentuk balok dengan ukuran 8 mm x 8 mm x 10 mm. Proses yang dilakukan adalah *heat treatment* yaitu pemanasan pada temperatur 850°C ditahan selama 2 jam, dilanjutkan dengan pencelupan (*quenching*) dalam media oli SAE 10, SAE 30, dan SAE 50, didinginkan sampai suhu kamar. Hasil penelitian menunjukkan kekerasan tertinggi terjadi pada pencelupan dalam media oli SAE 10 yaitu sebesar 1103,20 kg/mm<sup>2</sup>, sedangkan kekerasan terendah pada pencelupan dalam media oli SAE 50 yaitu sebesar 1005,97 kg/mm<sup>2</sup>. Pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa besi tuang putih martensitik ASTM A532 terdiri dari struktur martensit, perlit dan karbida Cr.

**Kata Kunci:** ASTM A532, *Grinding Ball*, *Heat Treatment*, *Kekerasan Vickers* & Struktur Mikro

## PENDAHULUAN

*Grinding ball* dibutuhkan di pabrik semen dan sampai sekarang *grinding ball* tersebut masih *import*, antara lain dari *United Kingdom*, Jepang dan Belgium. Pabrik semen harus mempunyai persediaan (*stock*) *grinding ball* untuk menjaga kalau terjadi kerusakan pada *grinding ball* tersebut. *Grinding ball* disyaratkan mempunyai sifat kekerasan yang tinggi, tahan terhadap korosi, kekuatan yang tinggi, tahan terhadap perubahan suhu dan keuletan yang tinggi.

Penggunaan *grinding ball/mill* baja AISI type D di industri semen sampai saat ini masih didatangkan dari luar negeri dengan harga yang mahal, sehingga ketergantungan pabrik semen terhadap *grinding ball/mill* ini.

---

<sup>\*)</sup> Jurusan Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *viscositas* media celup terhadap kekerasan *martensitik white cast iron* ASTM A532 sebagai bahan *grinding ball* pengganti baja AISI type D pada industri semen.

## TINJAUAN PUSTAKA

Yufri Rusdian (2002), melaporkan dalam penelitiannya terhadap tiga *ball mill import* dari *Mitsubishi* dengan kode TY (Toyo), *United Kingdom* dengan kode LW (Long Ware) dan *Belgium* dengan kode AV (Magoto). Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan kandungan C dan Cr pada *ball mill* dengan kode LW (2,08 % C, 13,30 % Cr), *ball mill* dengan kode TY (1,98 % C, 16,69 % Cr), *ball mill* dengan kode AV (12,37 % Cr). Hasil analisis distribusi kekerasan *ball mill* dengan kode AV dan TY kekerasan permukaannya lebih tinggi dan semakin ke dalam kekerasannya menurun, sedangkan kekerasan *ball mill* dengan kode LW kekerasan permukaannya lebih rendah dan semakin ke dalam kekerasannya lebih tinggi. Struktur mikro yang terlihat dan terbentuk pada *ball mill* dengan kode AV adalah *martensit*, *perlit* dan karbida Cr, sedangkan pada *Ball mill import* dengan kode TY dan LW struktur yang terlihat dan terbentuk adalah *carbida Fe* dan *carbida Cr*.

Telah dilakukan penelitian oleh Dwi Purnomo (2006), terhadap dua *ball mill import* dari PT. Semen Gresik dengan diameter 50 mm dan 80 mm. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa *ball mill import* diameter 50 mm mempunyai kadar C sebesar 1,23% dan kadar Cr sebesar 21% termasuk dalam golongan *high-chromium iron* sedangkan *ball mill import* yang berdiameter 80 mm mempunyai kadar C sebesar 1,23% dan Cr sebesar 17,84%, berdasarkan kedua unsur tersebut, maka jenis *ball mill import* tersebut diklasifikasikan ke dalam baja paduan jenis Baja AISI Type 440C. Nilai kekerasan tertinggi pada *ball mill* diameter 80 mm terletak pada bagian tepi yaitu 797,4 kg/mm<sup>2</sup> sedangkan nilai terendah terletak pada bagian tengah (inti) yaitu 724,4 kg/mm<sup>2</sup>. Struktur mikro yang terlihat pada *ball mill* dengan diameter 50 mm struktur mikro yang terlihat adalah *ferit*, *perlit* dan *martensit*.

Menurut Walton (1981), karbida-karbida utama dalam struktur utama mikro besi tuang putih memberikan kekerasan yang sangat tinggi yang diperlukan untuk memecahkan (*crushing*) dan menghancurkan (*grinding*) material lain tanpa terjadi degradasi. Dukungan struktur matriks yang diatur oleh unsur paduan atau *heat*

*treatment* menjaga keseimbangan antara ketahanannya terhadap keausan abrasi dan ketangguhan yang diperlukan untuk menanggung beban impact. Besi tuang putih paduan tinggi siap dicetak dalam berbagai bentuk yang diperlukan untuk memecahkan (*crushing*) dan menghancurkan (*grinding*) atau menangani material *abrasive*.

## LANDASAN TEORI

### Besi Tuang Putih

Menurut **Angus (1976)**, pada besi tuang putih ini silikonnya sangat rendah, sehingga solidifikasi besi carbida terbentuk dari grafit, tetapi nikel ditambahkan lagi dengan alasan yang sama seperti dalam kasus martensitic besi tuang abu-abu, yaitu untuk meyakinkan formasi dari martensit terdiri dari perlit. Namun demikian, karena nikel juga grafitiser kira-kira sepertiga keefektifan silikon, kromium ditambahkan sebagai stabiliser carbida untuk menimbulkan efek nikel *graphitising*. Sehingga struktur terakhir adalah salah satu chromium *carbida* dengan *martensit*.

Besi cor putih (**Avner, 1974**) merupakan paduan *hypoeutektik* dimana setelah penuangan dan membeku, karbon akan bercampur dengan besi membentuk sementit. Besi cor putih mengandung sejumlah besar sementit sebagai jaringan kerja dalam dendrit yang berkesinambungan menyebabkan besi cor putih menjadi keras, tahan panas dan aus tetapi sangat rapuh dan sukar dikerjakan dengan mesin. Besi cor putih banyak digunakan pada pembuatan material yang tahan gesekan karena jumlah karbida yang besar. Untuk mengurangi sifat rapuh, besi cor putih dapat dianil sehingga sementit dapat terurai menjadi besi dan grafit (**Davis 1996**).

Menurut **Walton (1981)**, karbida-karbida utama dalam struktur utama mikro besi tuang putih memberikan kekerasan yang sangat tinggi yang diperlukan untuk memecahkan (*crushing*) dan menghancurkan (*grinding*) material lain tanpa terjadi degradasi. Dukungan struktur matriks yang diatur oleh unsur paduan atau *heat treatment* menjaga keseimbangan antara ketahanannya terhadap keausan abrasi dan ketangguhan yang diperlukan untuk menanggung beban impact. Besi tuang putih paduan tinggi siap dicetak dalam berbagai bentuk yang diperlukan untuk memecahkan (*crushing*) dan menghancurkan (*grinding*) atau menangani material *abrasive*.

## **Baja**

Baja adalah logam paduan antara unsur besi (Fe) dengan karbon (C), kadar karbon dalam baja dapat mencapai 2%, disamping kedua unsur tersebut dalam baja terdapat pula dalam jumlah kecil seperti mangan (mg), silikon (Si), Fospor (P) dan belerang (S). Baja mempunyai kekuatan tarik yang tinggi, antara 40-200 kg/mm<sup>2</sup> (Smith, 1993). Disamping itu baja juga mempunyai sifat keras dan ulet, sifat-sifat baja dapat diatur dengan cara mengatur komposisi kimianya, terutama kadar karbonnya. Semakin tinggi kadar karbon dalam baja, semakin tinggi kekuatannya serta kekerasannya, sementara keuletannya berkurang. Disamping itu sifat-sifat baja dapat diatur melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*) (Budinski, 1989).

## **METODE PENELITIAN**

### **Uji Struktur Mikro**

Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui struktur mikro yang terdapat di dalam baja yaitu sebelum dan sesudah proses *heat treatment*. Pada penelitian ini uji struktur mikro dilakukan di Laboratorium Material Teknik STTNAS Yogyakarta dengan menggunakan mikroskop optik. Urutan pengujian foto struktur mikro yaitu : mempersiapkan kamera digital; setelah itu Benda uji diberi larutan etsa (penelitian ini menggunakan bahan etsa berupa campuran 95% Etanol dan 5% HNO<sub>3</sub>) selama ± 25 detik, kemudian dinetralkan dengan menggunakan Alkohol dengan kadar 70%; Setelah itu benda uji dicuci dengan air kemudian dikeringkan menggunakan *hair dryer*; benda uji diletakkan pada dudukan spesimen. Selanjutnya dilakukan pemotretan dengan pengaturan perbesaran yang diinginkan. Perbesaran yang dapat digunakan yaitu perbesaran 50x, 100x, 200x dan 500x; setelah kering kemudian dilakukan pemotretan dengan pengaturan perbesaran yang diinginkan; dan foto disimpan dalam bentuk CD.

### **Pengujian Kekerasan**

Berdasarkan Schonmetz (1985), untuk mengetahui kekerasan suatu benda uji dengan pengujian Brinell, pengujian kekerasan Vickers dan pengujian kekerasan Rockwell. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian kekerasan Vickers, harga kekerasannya dapat dihitung dengan rumus:

$$HVN = 1,8544 \frac{P}{D^2}$$

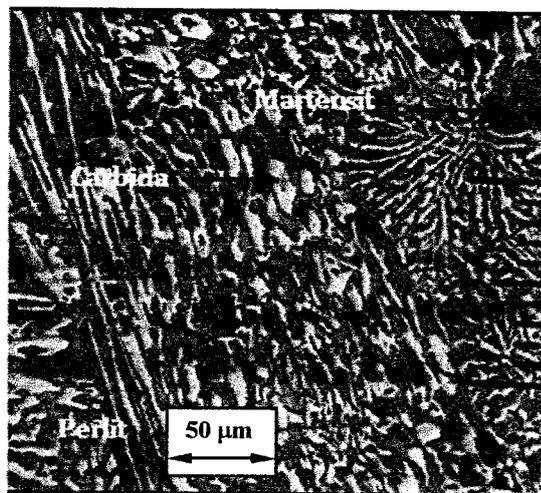
Keterangan :

- HVN = kekerasan Vickers (kg/mm<sup>2</sup>);  
P = pembebanan (kg);  
D = diagonal injakan rata-rata (mm)

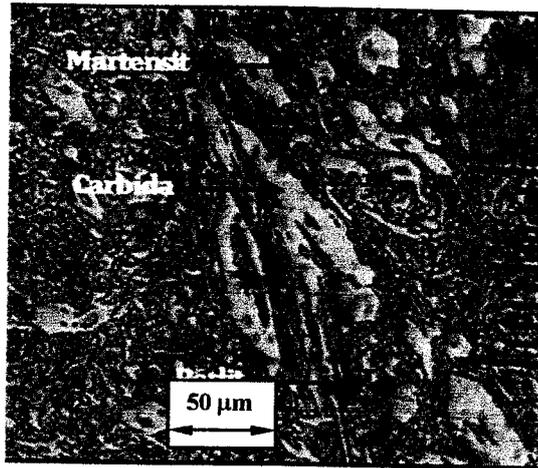
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengamatan Uji Struktur Mikro

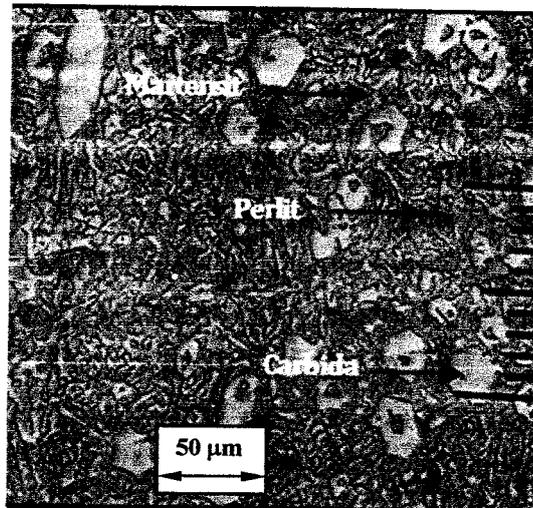
Pada pengujian struktur mikro dilakukan pengamatan spesimen uji dengan menggunakan mikroskop optik. Akan tetapi sebelum dilakukan pengamatan struktur mikro spesimen uji terlebih dahulu dilakukan etsa pada permukaan spesimen uji dengan menggunakan HNO<sub>3</sub> dengan penambahan Alkohol. Pengamatan struktur mikro permukaan spesimen uji secara visual dilakukan dengan pembesaran gambar 200 kali. Pada permukaan besi tuang putih martensitik ASTM A532 dapat diamati dengan jelas dengan memiliki ciri tersendiri yaitu terlihatnya struktur permukaan spesimen uji dengan jelas berupa struktur permukaan besi tuang putih martensitik ASTM A532 yang berstruktur halus. Besi tuang putih martensitik ASTM A532 pada struktur mikro yang terlihat adalah sebaran struktur *martensit*, *perlit* dan *Carbida Cr*. Struktur mikro permukaan spesimen uji bisa dilihat pada gambar berikut ini.



**Gambar 1.** Struktur Mikro Spesimen Besi Tuang Putih Martensitik  
ASTM A532 Tanpa Proses



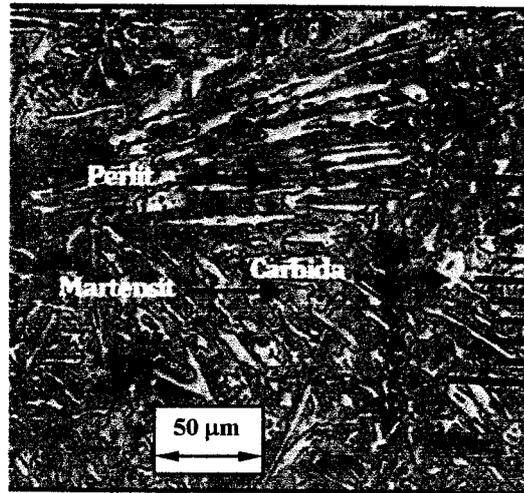
**Gambar 4.2.** Struktur Mikro Spesimen Besi Tuang Putih Martensitik ASTM A532 Setelah Proses *Quenching* SAE 10



**Gambar 4.3.** Struktur Mikro Spesimen Besi Tuang Putih Martensitik ASTM A532 Setelah Proses *Quenching* SAE 30

Spesimen tanpa proses *heat treatment* besi tuang putih martensitik ASTM A532 struktur yang terdiri dari *martensit*, *perlit* dan *Carbida Cr*. Kandungan *perlit* dan *Carbida Cr* lebih jauh lebih merata dibandingkan struktur *martensit*. Pada spesimen yang mengalami proses *heat treatment* pada temperatur 850°C ditahan selama 120 menit kemudian di-*quenching* dengan SAE 10 dengan waktu 120 menit, maka strukturnya yang terlihat adalah dominan *martensit* itu dilihat dari warna yang agak

terang, *perlit* kecil-kecil lebih halus dan *Carbida Cr* lebih sedikit tidak merata dibandingkan dengan tanpa proses.



**Gambar 4.4.** Struktur mikro spesimen besi tuang putih martensitik ASTM A532 setelah proses *Quenching* SAE 50

Pada spesimen yang di-*quenching* SAE 30 dengan waktu 120 menit, maka permukaan strukturnya yang terlihat adalah *martensit*, *perlit* dan *Carbida Cr* lebih sedikit dibandingkan dengan proses di-*quenching* SAE 10. Pada spesimen yang di-*quenching* SAE 50 dengan waktu 120 menit, permukaan ini menghasilkan struktur mikronya lunak, maka struktur yang terlihat adalah *martensit* kurang sempurna, *perlit* dan *Carbida Cr* sedikit dibandingkan dengan tanpa proses.

Besi tuang putih martensitik ASTM A532 pemanasan pada temperatur 850°C dapat diketahui, struktur dalam gambar foto mikro besi tuang putih martensitik ASTM A532 dengan proses *heat treatment* kemudian dilanjutkan dengan *quenching* tersebut terlihat paling banyak struktur *martensit* dan tersebar merata dari pada *perlit* dan *Carbida Cr*, sebaliknya *perlit* dan *Carbida Cr* lebih banyak dan merata dibandingkan *martensit* pada tanpa proses *heat treatment*, maka dapat disimpulkan bahwa proses *heat treatment* kemudian dilanjutkan dengan *quenching* menyebabkan besi tuang putih martensitik ASTM A532 mempunyai unsur *martensit* lebih banyak dibandingkan tanpa proses *heat treatment*. Pada gambar struktur mikro *martensit* berwarna agak terang sedangkan *perlit* berwarna bercak-bercak hitam.

## Hasil Uji Kekerasan

Pada pengujian kekerasan *vickers*, nilai kekerasan diperoleh dengan membaca atau melihat angka yang ditunjukkan oleh jarum pengukur pada mesin dengan menggunakan alat *Macro Hardness Tester* dengan beban 40 kg, sedang waktu pembebanan 10 detik dilakukan pada tiga titik masing-masing spesimen dengan posisi titik acak.

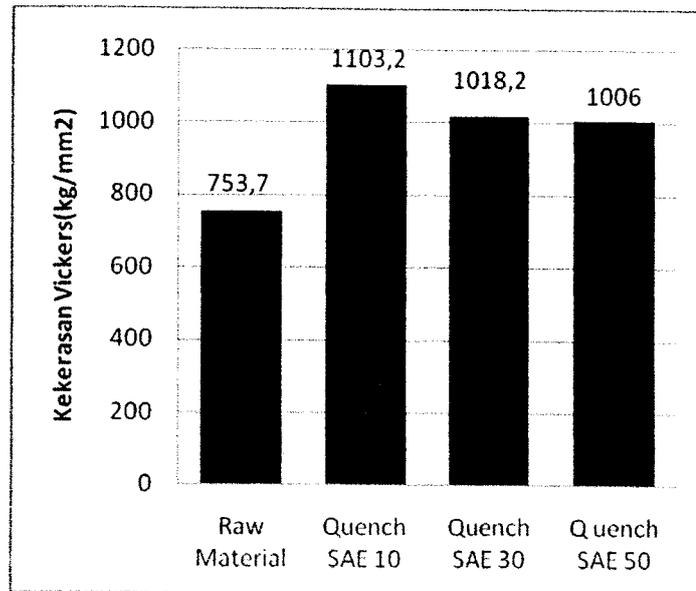
**Tabel 4.2 . Hasil Uji Kekerasan *Vickers* Spesimen Besi Tuang Putih Martensitik ASTM A532**

No	Spesifikasi Pengujian	D1 (mm)	D2 (mm)	D-Rerata (mm)	Hv (kg/mm <sup>2</sup> )	Hv Rerata
1	Tanpa Proses	0.29	0.30	0.295	852.4	753.67
		0.31	0.32	0.315	747.6	
		0.33	0.34	0.335	661.0	
2	<i>Quench</i> SAE 10	0.22	0.27	0.245	1235.8	1103.20
		0.27	0.27	0.270	1017.5	
		0.26	0.27	0.265	1056.3	
3	<i>Quench</i> SAE 30	0.27	0.27	0.270	1017.5	1018,20
		0.27	0.26	0.265	1056.3	
		0.27	0.28	0.275	980.8	
4	<i>Quench</i> SAE 50	0.28	0.27	0.275	980.8	1005.97
		0.27	0.26	0.265	1056.3	
		0.27	0.28	0.275	980.8	

Besi tuang putih *martensitik* ASTM A532, tanpa proses *heat treatment* nilai kekerasan paling rendah bila dibanding spesimen yang mengalami proses *heat treatment*. Nilai kekerasan spesimen tanpa proses *heat treatment* adalah sebesar 753,67 VHN.

Spesimen besi tuang putih ASTM A532 yang di *quenching* dengan oli SAE 10 mempunyai nilai kekerasan paling tinggi yaitu sebesar 1103,2 VHN. Kemudian setelah dicelup pada oli SAE 30 dan SAE 50 kekerasannya menurun sampai dengan 1018,20

VHN dan 1005,97 VHN. Semakin tinggi *viskositas* maka laju pendinginan semakin lambat, sehingga struktur *martensit* yang terbentuk semakin berkurang dan bentuknya semakin tidak lancip.



Gambar 4.5. Histogram Distribusi Kekerasan Rata-Rata (Kg/Mm<sup>2</sup>)  
Hasil Uji Kekerasan Vickers Pada Besi Tuang Putih *Martensitik* ASTM A532

Maka dapat disimpulkan Besi tuang putih *martensitik* ASTM A532 sesudah mengalami proses *heat treatment* dengan *quenching* celup oli pada besi putih ASTM A532 mengalami kenaikan kekerasan. Dari *histogram* dapat kita lihat bahwa besi putih ASTM yang dicelup pada oli SAE 10 lebih baik di bandingkan dengan spesimen yang dicelup pada oli SAE 30 dan SAE 50 maupun raw material.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap spesimen besi tuang putih ASTM A532 dapat diambil beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

1. Hasil struktur mikro menunjukkan bahan besi tuang putih martensitik ASTM A532 adalah struktur *martensit*, struktur *perlit* dan struktur *carbida Cr*.
2. Nilai kekerasan tertinggi sebesar 1103,2 Kg/mm<sup>2</sup> pada *quenching* SAE 10 hal ini disebabkan oleh laju pendinginan yang cepat (karena nilai kekentalan yang rendah),

kekerasan paling rendah yaitu 1006 Kg/mm<sup>2</sup> pada *quenching* SAE 50 hal ini karena laju pendinginan yang lambat (nilai kekentalan yang tinggi.)

#### DAFTAR PUSTAKA

- Angus, H.T., 1976, *Cast Iron, Physical and Engineering Properties*, Edisi Kedua, Butter Worthlis, London.
- Avner, S.H., 1964, *Introduction to Physical Metallurgy*, First Edition, McGraw-Hill International Book Company, Tokyo.
- Budinski, K. G., 1989, *Engineering Materials Properties and Selection*, 3<sup>rd</sup> ed., Prentice-Hall Inc., New Jersey
- Davis, J.R., 1996, *Surface Engineering of Carbon and Alloy Steel*, Metal Handbook, 9<sup>th</sup> ed., vol.6, American Society for Metals, Metal Park, Ohio
- Dwi Purnomo, 2006. *Karakterisasi Ball Mill Import Diameter 50 dan 80 mm Pada PT. Semen Gresik*, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta.
- Schonmetz, Alois, Karl Gruber, terjemahan Eddy D. Hardjapamekas, 1985, *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam*, Angkasa, Bandung.
- Tata Surdia, Saito, S., 2000, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Kelima, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Walton, F. C., 1981, *Iron Casting Handbook*, 2<sup>nd</sup> ed., *Iron Casting Society*, Inc., Florida.
- Yufri Rusdian, 2002, *Karakteristik Bola Baja (Ball Mill Import) Pabrik semen Di Indonesia*, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta.

#### PENULIS

#### SUBARDI

Jurusan Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta, Jl. Babarsari, Catur Tunggal Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Telp. (0274) 485390, 486986 Faks. (0274) 487249  
E-mail: [bardi\\_sttnas@yahoo.com](mailto:bardi_sttnas@yahoo.com)