

PENGARUH *SURFACE TREATMENT* METODA *PLASMA NITRIDING* TERHADAP KEKERASAN DAN KETAHANAN AUS PAHAT BUBUT BAHAN BAJA KECEPATAN TINGGI

Sunarto

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Sudarto, SH., Tembalang, Kotak Pos 6199/SMS, Semarang 50329
Tlp. 7473417, 7466420 (Hunting), Fax 7472396
E-mail : sunarto.polines@gmail.com

Abstrak

Baja Kecepatan Tinggi (HSS) banyak digunakan sebagai pahat pada mesin perkakas yang mempunyai sifat keuletan yang baik. Bahan HSS dapat ditingkatkan kinerjanya dengan cara perlakuan permukaan (surface treatment) menggunakan teknik plasma nitriding. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh nitridasi ion/plasma terhadap perubahan struktur, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus pahat bubut.

Penelitian menggunakan bahan baja kecepatan tinggi (HSS) ASSAB 17 dengan variasi tekanan 1,2; 1,4; 1,6; 1,8 dan 2,0 mbar, dengan waktu nitridasi 2; 3; 4; 5 dan 6 jam pada temperatur 500^oC. Proses plasma nitriding dilakukan pada kondisi vakum dengan diisikan gas nitrogen dan diberi beda potensial diantara dua elektrodanya yang mengakibatkan terbentuknya ion nitrogen ke dalam permukaan benda. Uji kekerasan mikro dilakukan pada semua spesimen masing-masing spesimen 5 titik dengan beban terendah 10 gf (gram-force) waktu indentasi 15 detik. Uji struktur mikro dilakukan pada material HSS sebelum dinitridasi dan setelah dinitridasi. Pengujian keausan pahat digunakan untuk membubut material baja karbon rendah dengan variasi parameter kecepatan potong antara 20 m/menit sampai 30 m/menit. Sedangkan keausan pahat diukur berdasarkan batas keausan tepi sebesar 0,3 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan optimal lapisan tipis plasma/ion nitrogen, dicapai pada tekanan 1,4 mbar, suhu 500^o C selama 5 jam kekerasannya meningkat 477% menjadi 1918 VHN dari kekerasan awal 402 VHN. Pahat HSS yang dilapisi deposisi lapisan tipis plasma/ion nitrogen mampu meningkatkan ketahanan aus sebesar 64%.

Kata kunci : *Plasma Nitriding, baja kecepatan tinggi, kekerasan, ketahanan aus*

Pendahuluan

Pahat merupakan alat potong (*cutting tool*) yang berperan penting dalam industri manufaktur terutama pada proses pembuatan suatu komponen perkakas/mesin. Berbagai jenis material pahat telah banyak ditemukan, salah satu diantara bahan pahat yang banyak digunakan dan masih dikembangkan sampai saat ini adalah baja kecepatan tinggi (HSS). Keunggulan baja kecepatan tinggi dibandingkan dengan bahan pahat yang lain adalah karena sifat keuletannya yang relatif baik dan apabila telah aus pahat dari bahan HSS masih dapat diasah sehingga mata potongnya tajam kembali.

Sebagai alat potong tentunya bahan pahat harus lebih unggul daripada bahan benda kerja yang dipotong. Keunggulan tersebut dapat dicapai karena pahat dibuat dengan memperhatikan sifat kekerasan, keuletan, ketahanan beban thermal, ketahanan aus dan lain sebagainya. Sifat-sifat tersebut memang perlu dimiliki oleh bahan pahat, tetapi tidak semua dipenuhi secara berimbang. Pada umumnya kekerasan semakin tinggi, maka ketahanan ausnya meningkat sehingga pahat mempunyai umur pakai yang lebih lama.

Salah satu cara untuk meningkatkan kinerja (*performance*) dari bahan HSS adalah dengan teknik perlakuan permukaan (*surface treatment*) menggunakan plasma nitriding. Menurut Sujitno (2003), *surface treatment* dapat didefinisikan sebagai suatu usaha dalam upaya meningkatkan kualitas/mutu permukaan suatu material/komponen sesuai yang diinginkan. Dengan perlakuan permukaan yang berubah sifat hanya pada permukaannya saja, sedangkan pada bagian dalam sifatnya tidak berubah. Hal tersebut dapat dilakukan dengan pertimbangan bahwa dari bahan dengan kualitas sedang dapat diperoleh kualitas yang jauh lebih baik dari bahan dasarnya (Malau, 2003). Dalam bidang rekayasa permukaan bahan, cara meningkatkan kualitas/mutu permukaan suatu komponen pada dasarnya dapat ditempuh melalui dua cara yaitu pertama dengan menambahkan unsur lain/mengubah komposisi kimia, sedangkan yang kedua adalah dengan cara mengubah fase atau struktur kristalnya. Dengan penambahan unsur lain/mengubah komposisi

kimia dapat dilakukan dengan cara nitridasi, karburisi dan cara karbonitridasi. Sedangkan apabila diinginkan perubahan fase atau struktur kristalnya dapat dilakukan dengan cara induksi listrik maupun dengan cara nyala api, kemudian dilanjutkan dengan pendinginan.

Dengan kemajuan iptek khususnya teknologi plasma, cara-cara konvensional seperti di atas mulai ditinggalkan dengan berbagai alasan seperti mengganggu lingkungan, prosesnya lama, pengontrolan sulit dan pemborosan. Untuk itu dikembangkanlah teknologi di bidang plasma untuk menyelesaikan berbagai persoalan yang berhubungan dengan bahan termasuk perlakuan permukaan (*surface treatment*) diantaranya nitridasi plasma/ion. Teknik nitridasi plasma merupakan teknik nitridasi yang baru dan ramah lingkungan. Prosesnya dilakukan pada kondisi vakum dengan diisikan gas nitrogen dan kemudian diberi beda potensial diantara dua elektrodanya yang mengakibatkan terbentuknya ion nitrogen yang menuju ke benda kerja sehingga terjadi proses deposisi dan difusi ion nitrogen ke dalam permukaan benda kerja. Proses nitridasi plasma/ion merupakan salah satu proses perlakuan permukaan (*surface treatment*) yang dapat meningkatkan kualitas permukaan bahan baja dengan biaya yang lebih efisien.

Pada penelitian ini, proses nitridasi plasma/ion akan dilakukan pada bahan baja kecepatan tinggi (HSS) ASSAB 17 yang digunakan sebagai pahat bubut potong (*parting off*) khususnya untuk *machining* bahan dengan kekerasan rendah, sehingga dengan proses nitridasi plasma diharapkan kekerasan permukaan material HSS dapat meningkat lebih baik. Fernandez, (2007) melakukan penelitian proses nitridasi plasma/ion menggunakan campuran 50 % gas N₂ dan 50 % gas H₂ dengan tekanan 1,8 mbar, temperature 520⁰C selama 5 jam terhadap material baja karbon rendah dapat meningkatkan kekerasan material dasar dari 141 VHN menjadi 592 VHN atau mengalami peningkatan sebesar 317 %.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh deposisi lapisan tipis ion nitrogen akan mampu meningkatkan kekerasan dan keausan permukaan HSS yang digunakan sebagai pahat bubut untuk memotong bahan baja poros karbon rendah. Hasil penelitian pelapisan permukaan bahan dengan cara plasma/ion nitrogen ini dapat dijadikan sebagai pedoman teknis bagi industri-industri pemesinan, khususnya yang menggunakan HSS sebagai alat potong dan bahan kasarnya (*raw material*) adalah baja karbon rendah dengan kondisi dan pemilihan parameter pemotongan yang tepat/sesuai.

Metodologi

Penelitian tentang proses pengerasan baja kecepatan tinggi (HSS) ASSAB 17 dengan metode nitridasi menggunakan teknik nitridasi ion (plasma lucutan pijar DC) dilaksanakan di Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) BATAN Yogyakarta. Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Teknik Bahan dan Industri, Fakultas Teknik UGM. Sedangkan untuk uji metalografi (struktur mikro) dengan menggunakan mikroskop optik yang ada di Laboratorium Bahan Teknik D3 Teknik Mesin UGM.

Bahan HSS ASSAB 17 dipotong ukuran (3x10x16) mm, permukaannya dihaluskan/diamplas kemudian dipolish dengan autosol, selanjutnya dilakukan nitridasi plasma menggunakan gas nitrogen (N₂) dengan 5 variasi tekanan dan 5 variasi waktu untuk mendapatkan kekerasan optimum. Untuk mengetahui perubahan tingkat kekerasan hasil nitridasi, maka dilakukan pengukuran pada spesimen sebelum dan sesudah dinitridasi. Pengukuran kekerasan mikro dengan beban indentor (penindik) seringan mungkin, karena tebal lapisan yang keras hanya dalam orde mikro. Jejak yang diperlukan untuk mengetahui nilai kekerasan hanya dipermukaan saja dan beban yang digunakan 10 gf (*gram force*), dengan waktu indentasi 15 detik. Uji kekerasan ini mengacu pada standar ASTM E 384 (Callister, 2000) dan angka kekerasan *Vickers* dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\text{VHN} = 1,8544 \frac{P}{d^2} \longrightarrow \text{VHN} = \text{angka kekerasan Vickers (kg/mm}^2\text{)} .$$

Hasil dan Pembahasan

1. Uji komposisi dan struktur mikro

Hasil pengujian komposisi kimia bahan spesimen baja kecepatan tinggi (HSS) ASSAB 17 yang dilakukan di PT. Karya Hidup Sentosa (KHS) Yogyakarta diperoleh prosentase berat masing-masing unsur seperti pada Tabel 1.1 sebagai berikut :

Tabel 1.1. Komposisi kimia bahan HSS ASSAB 17

Unsur	C	Cr	W	Mo	V	Co	Fe
%	1,4	4,2	9,0	3,5	3,5	12,5	65,9

Dari hasil pengujian yang ditampilkan pada table 1.1, terlihat bahwa bahan pahat yang digunakan untuk penelitian memiliki spesifikasi mendekati standar AISI M-45 (*High Hardness Co-HSS*), kekerasannya dapat mencapai 67 – 69 HRC, termasuk jenis *Special HSS*. Karena sifat-sifatnya yaitu *hot hardness* tinggi dengan *throughness* yang cukup, maka material ini menempati kegunaan yang khusus yaitu antara bahan karbida dan HSS. Dengan kecepatan potong yang sedikit lebih rendah dari kecepatan potong pahat karbida, maka jenis pahat ini mampu memotong benda kerja yang telah dikeraskan.

2. Uji kekerasan (Vickers)

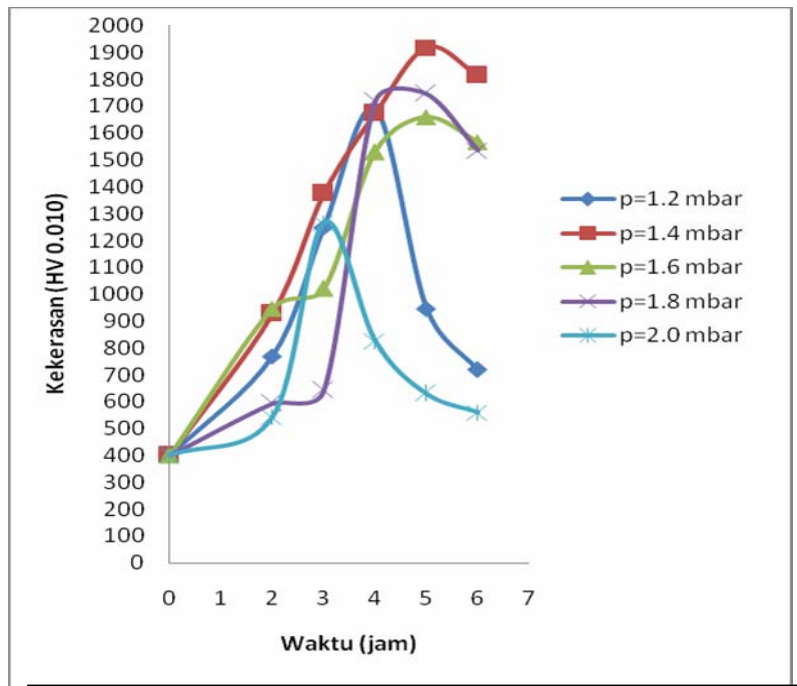
Pengujian kekerasan pada spesimen bahan dasar dan spesimen yang telah dinitridasi dilakukan pada lima titik yang berbeda pada masing-masing spesimen sehingga didapatkan data kekerasan yang baik. Dari hasil pengujian kekerasan material awal sebelum proses nitridasi diperoleh angka kekerasan Vickers (VHN)_{rerata} = 402 kg/mm². Hasil pengujian kekerasan terhadap permukaan substrat HSS secara keseluruhan sebelum dan sesudah proses nitridasi plasma dengan variasi tekanan dan waktu didapatkan harga kekerasan yang optimum yang ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Angka kekerasan Vickers (VHN) sebelum dan setelah dinitridasi

Tekanan (mbar)	Kekerasan (VHN)	Kenaikan (%)
Material awal	402	-
1,2	1684	419
1,4	1918	477
1,6	1660	423
1,8	1746	434
2,0	1265	315

Dari tabel 2.1 dapat dinyatakan bahwa proses nitridasi plasma pada bahan HSS dengan tekanan 1,4 mbar, waktu nitridasi 5 jam memberikan kenaikan kekerasan Vickers tertinggi (optimum) sebesar 477 %.

Gambar 3, memperlihatkan nilai kekerasan awal permukaan spesimen HSS adalah 401 VHN, kemudian dinitridasi plasma dengan variasi tekanan dan waktu agar didapatkan kekerasan yang paling optimum. Pada saat proses nitridasi, makin tinggi tekanan ruang plasma maka banyak atom-atom nitrogen terdeposisi ke permukaan spesimen yang akan meningkatkan kekerasan.



Gambar 3. Grafik pengaruh variasi waktu nitridasi terhadap kekerasan.

Untuk mendapatkan kekerasan optimum dilakukan variasi tekanan dan waktu nitridasi mulai dari 1,2 mbar sampai 2,0 mbar, waktu dari 2 jam sampai 6 jam (terjadi penurunan kekerasan dari tekanan dan waktu optimum). Makin tinggi tekanan ruang plasma makin tinggi kekerasan yang diperoleh (sampai pada kondisi tekanan optimum). Hal ini disebabkan karena apabila tekanannya naik maka kerapatan atom nitrogen yang terionisasi dan terdeposisi pada permukaan spesimen makin banyak. Sehingga kemungkinan terjadinya difusi dan reaksi membentuk senyawa Fe_2N dan Fe_3N pada permukaan spesimen makin besar.

Pada tekanan 1,4 mbar waktu nitridasi 5 jam diperoleh kekerasan yang paling tinggi (optimum), dan ini merupakan tekanan optimum proses nitridasi plasma jika ditinjau dari tingkat kenaikan kekerasan permukaan spesimennya, yaitu mencapai 477,35 %. Kondisi optimum dapat dicapai karena pada tekanan 1,4 mbar terjadi keseimbangan antara atom nitrogen yang terdeposisi ke permukaan dan selanjutnya berdifusi serta bereaksi dengan atom Fe dari spesimen untuk membentuk fase baru yaitu nitride besi (Fe_2N , Fe_3N dan Fe_4N) yang bersifat keras.

Untuk deposisi pada tekanan 2,0 mbar laju deposisi menjadi lebih besar, akibatnya tidak terjadi keseimbangan antara laju deposisi, difusi dan reaksi ion nitrogen pada permukaan spesimen. Apabila laju deposisi terlalu besar sementara difusi dan reaksi atom nitrogen (N) dengan spesimen (Fe) tidak dapat mengikuti besarnya laju deposisi, maka akan terjadi penumpukan atom nitrogen pada permukaan, dengan demikian kekerasan permukaan tidak naik melainkan menurun dari kondisi optimum.

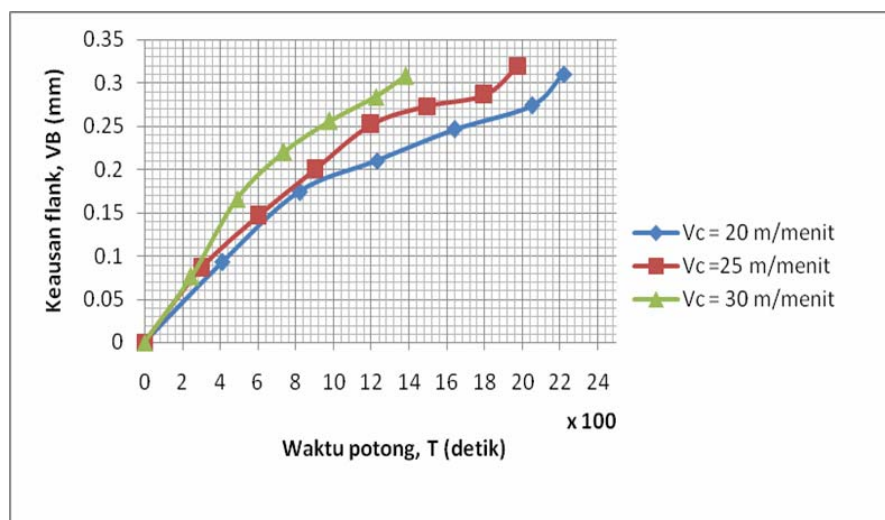
3. Uji keausan Tepi (VB)

Pengujian keausan pahat dilakukan terhadap 2 (dua) jenis spesimen yaitu pahat tanpa perlakuan permukaan (non *plasma nitriding*) dan pahat yang telah *diplasma nitriding* dengan kekerasan yang optimum (1918 VHN) untuk mengetahui peningkatan ketahanan ausnya. Keausan tepi terjadi pada bidang sisi potong, dan pengukuran keausan tepi (VB) dilakukan dengan mengukur panjang VB, yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan (mata potong di dekatnya dijadikan referensi) sampai ke garis rata-rata bekas keausan pada bidang potong. Uji keausan dilakukan dengan kecepatan potong (V_c) yang divariasikan. Data ketahanan aus ditetapkan pada lama waktu (T) yang diperlukan untuk pahat HSS dengan bahan benda kerja Baja adalah

sebesar 0,3 mm – 0,8 mm. Dalam penelitian ini kriteria saat berakhirnya umur pahat (T) adalah pada harga keausan tepi VB maks = 0,3 mm. Jadi dengan berakhirnya umur pahat maka pahat dianjurkan untuk tidak dipakai lagi sebelum diasah. Hasil pengujian dibuat dalam bentuk grafik.

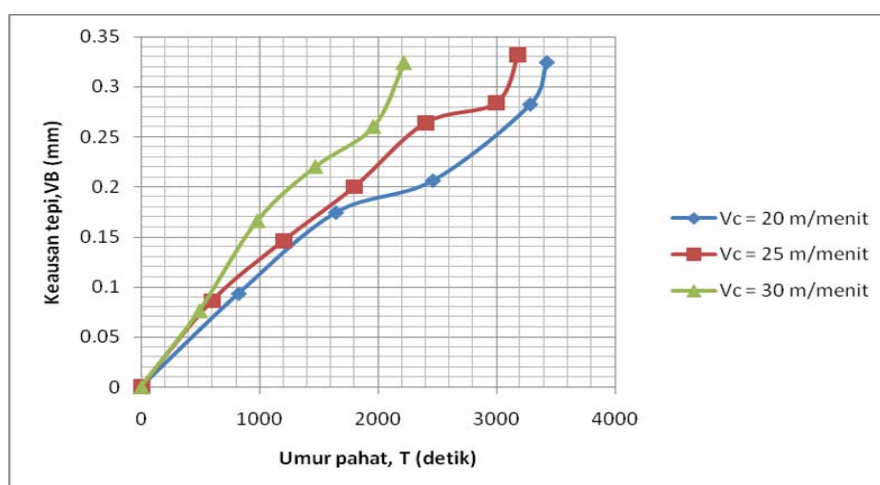
3.1 Keausan Tepi (VB) pada HSS tanpa nitridasi plasma

Pada gambar 4, terlihat bahwa pertumbuhan keausan tepi *flank* (VB) akan meningkat sebanding dengan waktu pemotongan. Kecepatan potong (V_c) sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan keausan tepi. Semakin besar kecepatan potong maka umur pakai pahat semakin pendek karena pertumbuhan keausan tepi akan bertambah besar sehingga pahat tidak dapat dipakai lagi. Pada kecepatan potong rendah pahat akan mengalami keausan yang lambat seperti terlihat pada grafik diatas. Untuk kecepatan potong (V_c) = 20 m/menit, waktu yang diperlukan untuk mencapai keausan yang diijinkan yaitu (VB) = 0,308 mm adalah 2220 detik (37 menit) dan menghasilkan 27 potong benda kerja berdiameter 25 mm. Sedangkan dengan kecepatan potong (V_c) = 25 m/menit waktu yang diperlukan untuk mencapai keausan tepi (VB) = 0,3 mm adalah 1980 detik (33 menit) menghasilkan 33 potong benda kerja dan apabila kecepatan potong lebih besar lagi (V_c) = 30 m/menit maka waktu untuk mencapai keausan tepi (VB)=0,3 mm adalah 1380 detik (23 menit), menghasilkan 28 potongan.



Gambar 4. Grafik pertumbuhan keausan tepi (VB) HSS tanpa nitridasi

3.2 Keausan Tepi (VB) pada pahat HSS setelah dinitrdasi plasma



Gambar 5. Grafik pertumbuhan keausan tepi (VB) HSS setelah dinitridasi

Dari Gambar 5, terlihat bahwa peningkatan kekerasan permukaan hasil nitridasi berdampak pada peningkatan ketahanan aus bahan HSS. Hubungan antara kecepatan potong dan keausan tepi pada pahat HSS yang diberi perlakuan permukaan nitridasi plasma tidak berbeda dengan pahat yang tanpa perlakuan permukaan. Kecepatan potong yang semakin besar akan mengakibatkan pertumbuhan keausan yang makin cepat. Dari gambar 4 dan 5 dapat diketahui bahwa pahat HSS yang dinitridasi plasma memiliki ketahanan aus lebih tinggi dibandingkan dengan pahat HSS yang tanpa nitridasi. Peningkatan umur pahat tersebut disebabkan adanya lapisan tipis ion nitrogen yang terdeposisi pada permukaan pahat, karena lapisan tersebut selain memiliki kekerasan tinggi juga dapat meningkatkan ketahanan aus.

Berdasarkan hasil pengujian pembubutan menggunakan 3 (tiga) variasi kecepatan potong yaitu 20 m/menit, 25 m/menit, 30 m/menit terlihat bahwa ketahanan aus pahat HSS paling baik pada kondisi kecepatan potong terendah yaitu 20 m/menit. Pada kecepatan potong (V_c) = 20 m/menit, pahat tanpa pelapisan ion nitrogen dapat digunakan selama 37 menit sampai mencapai keausan tepi (VB) = 0,3 mm. Sedangkan pada kecepatan potong yang sama tetapi dilakukan pada pahat yang telah dilapisi ion nitrogen, umur pahatnya mencapai 57 menit atau terjadi peningkatan umur pahat 54 %. Begitu juga pada kondisi pengujian dengan kecepatan potong yang berbeda menghasilkan umur pahat yang cenderung akan mengalami kenaikan setelah pahat dilapisi ion nitrogen. Secara umum dapat dikatakan bahwa peningkatan kekerasan permukaan akibat proses *plasma nitriding* dapat meningkatkan ketahanan aus dan meningkatkan umur pakai pahat HSS.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nitridasi plasma/ion pada permukaan bahan HSS ASSAB 17 dapat meningkatkan kekerasan sebesar 477 % dari bahan dasar 402 VHN menjadi 1918 VHN. Kondisi kekerasan optimum terjadi pada proses nitridasi dengan tekanan 1,4 mbar, suhu 501⁰C dan waktu nitridasi 5 jam.
2. Nitridasi plasma/ion pada permukaan bahan HSS yang digunakan untuk pembubutan potong (*parting off*) dengan variasi kecepatan potong (V_c) dapat meningkatkan umur pahat bahan HSS ASSAB 17 sebesar 54 % sampai 64 %.

Daftar Pustaka

- ASM International, 1997, “*Metals Handbook of Machining*”, Ninth Edition Volume 16, Material Berg, M., Budtz-Jorgensen, C.V., Reitz, H., Schweitz, K.O., Chevallier, J., Kringhoj, P., Bottiger, J., 2000, “*On plasma nitriding of steel*”, journal Surface and Coating Technology 124 ; 25-31
- Budiman, H., Richard., 2007, “*Analisis Umur dan Keausan Pahat Karbida untuk Membubut Baja Paduan (ASSAB 760) dengan Metode Variable Speed Machining Test*”, Jurnal Teknik Mesin Vol. 8, April, 31-39
- Fernandez, 2007, “*Pengaruh Variasi Tekanan Gas Campuran N₂ dan H₂ Pada Proses Nitridasi Ion Terhadap Kekerasan dan Laju Korosi pada Material Baja Poros*”, Tugas akhir Teknik Mesin UGM
- Karakan, M., Alsanar’ A., Celik, A., 2003, “*Effect of process time on structural and tribological properties of ferritic plasma nitrocarburized AISI 4140 steel*”, Departement of Mechanical Engineering, Ataturk University, Turkey
- Rochim, T., 1993, “*Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*”, HEDSP., Jakarta
- Supriyanto, D., 2005, “*Pengerasan Permukaan Baja Poros Menggunakan Teknik Nitridasi Ion*”, Tugas Akhir Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Sujitno, T., 2003, “*Pelatihan Teknologi Akselerator dan Aplikasinya*”, PTAPB BATAN, Yogyakarta