

PENGARUH PELAPISAN WN YANG DIPEROLEH DENGAN TEKNIK DC REAKTIF MAGNETRON SPUTTERING TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN KOROSI BAJA TAHAN KARAT MARTENSITIK AISI 410

Tito Endramawan¹, Viktor Malau², Tjipto Sujitno³ dan Gaguk Jatisukamto⁴
^{1,2,4}Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

³Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan BATAN Yogyakarta

¹Email: titoendramawan@gmail.com

²Email: malau@ugm.ac.id

³Email: tjiptosujitno@yahoo.co.id

⁴Email: gagukjtsk@yahoo.co.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pelapisan WN yang diperoleh dengan teknik DC reaktif magnetron sputtering terhadap sifat mekanis dan korosi pada baja tahan karat AISI 410. Salah satu baja tahan karat yang digunakan untuk alat kedokteran adalah baja tahan karat martensitik AISI 410 dengan komposisi kimia terdiri dari 0,15%C, 1%Mn, 1%Si, 0,04%P, 0,03%S, 11,5-13,5%Cr, 0,75%Ni. Pelapisan WN sebagai pelapis tipis akan meningkatkan kekerasan dan ketahanan korosi. Penelitian ini menggunakan substrat baja tahan karat martensitik AISI 410 dengan pelapis tungsten berdiameter 50 mm, tebal 3 mm serta kemurnian 99,95%. Proses pelapisan menggunakan DC magnetron sputtering dengan variabel tetap berupa tegangan 0,4 kV, kuat arus 80 mA, rasio Ar:N₂ = 11:2, tekanan chamber 4.10⁻² torr, serta jarak antara substrat-spesimen 15 mm. Variabel yang berubah berupa variasi waktu 20, 30, 40, 50 dan 60 menit. Uji kekerasan menggunakan mikro-vickers, uji kekasaran menggunakan surface roughness measuring instrument dan uji korosi dengan metode galvanostat. Hasil penelitian menunjukkan waktu pelapisan optimum selama 40 menit. Nilai kekerasan mengalami peningkatan 51,57% dengan nilai kekerasan tertinggi 283,28 VHN. Nilai kekasaran yang terendah dicapai pada proses pelapisan selama 40 menit yaitu 0,093 µm. Ketahanan korosi mengalami peningkatan 28,7% selama 50 menit pelapisan dengan nilai korosi terendah 1,59 mmpy.

Kata kunci: magnetron sputtering, WN, AISI 410

I. Pendahuluan

Baja tahan karat banyak digunakan untuk aplikasi medis berupa instrumen bedah dan instrumen dental karena ketahanan terhadap korosi dan keausan (Cahyanto, 2009). Salah satu baja tahan karat yang digunakan untuk alat kedokteran adalah baja tahan karat martensitik AISI 410 (Khrisna, 2009). Baja tahan karat merupakan material yang mempunyai sifat tahan korosi yang sangat baik, ini membuat baja tahan karat luas digunakan pada industri kimia dan makanan serta aplikasi untuk teknologi kedokteran (Mandl, dkk., 1998). Kandungan krom pada baja tahan karat akan membuat lapisan pasif pada permukaan sehingga akan melindungi logam yang ada dibawahnya. Baja tahan karat

martensitik dapat dikeraskan dengan cara diperlakukan panas untuk membentuk martensit yang bersifat sangat keras dengan cara di quench pada media pendingin tertentu. Baja tahan karat martensitik merupakan baja yang kurang tahan korosi dibandingkan dengan baja tahan karat yang lain (Wibowo, 2007). Menurut Cahyanto (2009) karakteristik peralatan kedokteran dan kedokteran gigi harus memiliki komposisi kimia yang cocok untuk menghindari reaksi merugikan yang terjadi pada jaringan tubuh, ketahanan korosi, modulus yang rendah dan ketahanan terhadap aus. Peralatan kedokteran dan kedokteran gigi yang digunakan sekarang paling banyak terbuat dari bahan baja karbon dan baja tahan karat. Kekerasan baja karbon jauh lebih keras dan tahan tumpul dibandingkan baja tahan

karat. Kelemahan dari baja karbon adalah mudah terkorosi jika disterilkan dengan autoklaf, sedangkan baja tahan karat lebih mudah tumpul. Banyak di antaranya yang tidak tahan terhadap panas, sehingga tidak bisa disterilkan dengan uap air panas atau dipanaskan (Sofyan, 1995). Proses sterilisasi yang salah akan menyebabkan kerusakan pada material yang disterilasi (Ratner, dkk., 1996). Peralatan kedokteran dan kedokteran gigi saat ini masih mempunyai kelemahan berupa mudah aus, umurnya pendek, dan mudah terkorosi sehingga diperlukan langkah untuk meningkatkan sifat permukaan material tersebut.

Peningkatan sifat permukaan material dapat dilakukan dengan salah satunya yaitu proses pelapisan untuk memperbaiki sifat permukaan seperti kekasaran, kekerasan dan ketahanan terhadap korosi. Hasil dari pelapisan ini akan membentuk lapisan tipis yang berfungsi untuk melindungi logam dasar yang ada dibawahnya. Proses pelapisan tipis ini dilakukan dengan metode PVD (*physical vapour deposition*). PVD menghasilkan lapisan dengan ketahanan aus yang baik, koefisien gesek yang rendah, kekerasan yang tinggi, ketahanan oksidasi sampai suhu 700°C dan ketahanan korosi yang sangat baik (Choi, dkk., 2007). Pelapisan dengan menggunakan *tungsten nitride* (WN) sebagai pelapis tipis akan dapat meningkatkan sifat material seperti kekerasan, ketahanan erosi, kekuatan yang tinggi, densitas tinggi, keuletan yang sangat baik, konduktivitas termal yang bagus dan ketahanan terhadap korosi.

Teknik PVD yang diambil pada penelitian ini berupa *sputtering* dengan material substrat baja tahan karat martensitik AISI 410 yang cocok untuk digunakan peralatan kedokteran bedah. Penelitian ini diharapkan mampu memperbaiki sifat peralatan kedokteran yang ada sekarang sehingga penggunaannya akan lebih optimal. Metode sputtering ini dapat diterapkan pada hampir semua material seperti logam, nonlogam, jenis paduan, oksida, karbida, nitrida, dan polimer. Bentuk dan ukuran target dari plat logam dengan panjang beberapa meter dibentuk berupa piringan, cincin, silinder, dan sebagainya (Grainger, 1989).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pelapisan WN yang diperoleh dengan teknik *magnetron sputtering* terhadap sifat kekerasan, kekasaran serta ketahanan korosi pada baja tahan karat AISI 410.

II. Tinjauan Pustaka

Menurut data dari PT. Tirta Austenit, bahwa baja tahan karat martensitik AISI 410 mempunyai karakteristik komposisi kimia sebagai berikut:

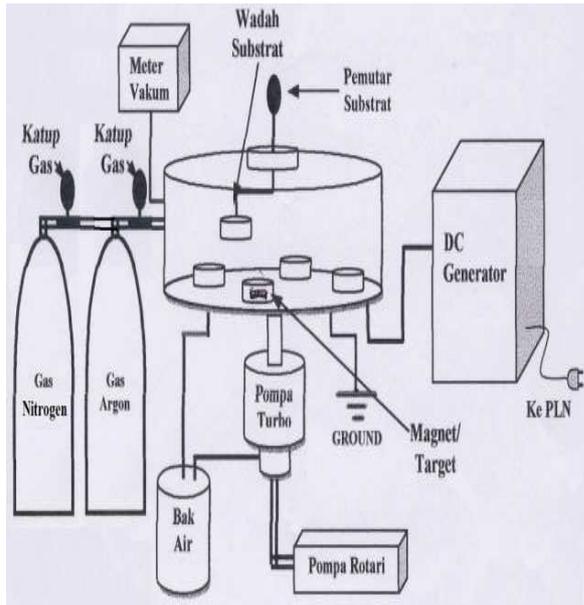
Tabel 1. Komposisi baja tahan karat AISI 410

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
0,15	1	1	0,04	0,03	11,5	0,75

Pelapisan dengan menggunakan *tungsten nitride* (WN) sebagai pelapis tipis akan dapat meningkatkan sifat material seperti kekerasan, ketahanan erosi, kekuatan yang tinggi, densitas tinggi, keuletan yang sangat baik, konduktivitas termal yang bagus dan ketahanan terhadap korosi. Ketahanan erosi diperoleh melalui lapisan W/W-N pseudolayer dengan ketebalan 5 µm yang terbukti sebagai yang paling bersifat melindungi (Gachon, 1999). Menurut Lee (1998) tungsten menghasilkan sifat mekanis dan suhu yang unik, seperti kekuatan yang tinggi, densitas tinggi, keuletan yang sangat baik, dan konduktivitas termal yang bagus. Bothra, dkk., (1999) meneliti tentang kegagalan mekanis oleh korosi pada tungsten dalam proses plug tungsten. Kegagalan mekanisme ini berkaitan dengan korosi elektrokimia yang dihasilkan oleh hubungan logam selama proses etsa logam plasma dan proses pelepasan bahan pelarut.

III. Metode Penelitian

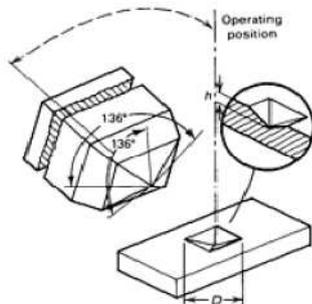
Pada penelitian ini menggunakan material substrat berupa baja tahan karat martensitik AISI 410 dengan material pelapis tungsten kemurnian 99,9%. Ukuran spesimen untuk penelitian dengan diameter 14 mm dan tebal 2 mm. Pelapisan *tungsten nitride* (WN) pada material dasar dilakukan dengan menggunakan teknik magnetron sputtering seperti pada gambar 1 dibawah ini. Sebelum dilakukan proses pelapisan, spesimen dilakukan penghalusan dengan mengamplas permukaan dengan menggunakan amplas dengan kekasaran 240, 400, 800, dan 1000. Setelah permukaan halus kemudian diautosol untuk menghilangkan goresan waktu pengamplasan serta membuat permukaan spesimen menjadi mengkilap. Kemudian menggunakan alkohol 70% untuk menghilangkan lemak dan kotoran yang menempel pada permukaan spesimen. Spesimen yang telah bersih dan bebas lemak siap untuk dilakukan proses pelapisan menggunakan DC magnetron sputtering.



Gambar 1. DC Reaktif Magnetron Sputtering

Spesimen yang telah bersih dan mengkilap kemudian dilakukan proses pelapisan dengan menggunakan DC *magnetron sputtering* dengan pelapis WN. Proses deposisi WN menggunakan variabel tetap berupa tegangan 0,4 kv, kuat arus 80 mA, rasio Ar:N₂ =11:2, tekanan chamber 4.10⁻² torr, serta jarak antara substrat-spesimen 15 mm. Variabel yang berubah yaitu berupa waktu dengan variasi 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit.

Pengujian kekerasan menggunakan *mikrovickers* dengan pembebanan 10 gram dan waktu indentasi 10 detik. Metoda uji mikrohardness menurut ASTM E-384 menetapkan indenter intan dengan sudut antara permukaan yang saling berhadapan adalah 136° seperti gambar 2 berikut ini.



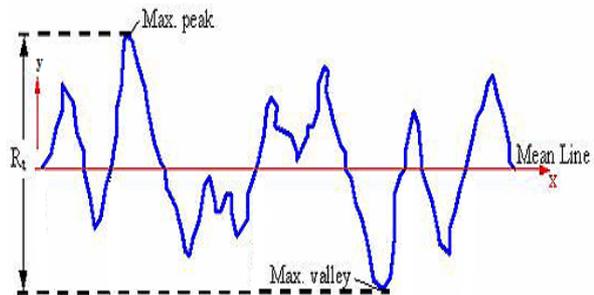
Gambar 2. Pengujian kekerasan Vickers (ASM Metals Handbook, 2000)

Setelah gaya dihilangkan kemudian diukur diagonalnya, sehingga kekerasan vickers dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$HV = \frac{1,854 P}{d^2}$$

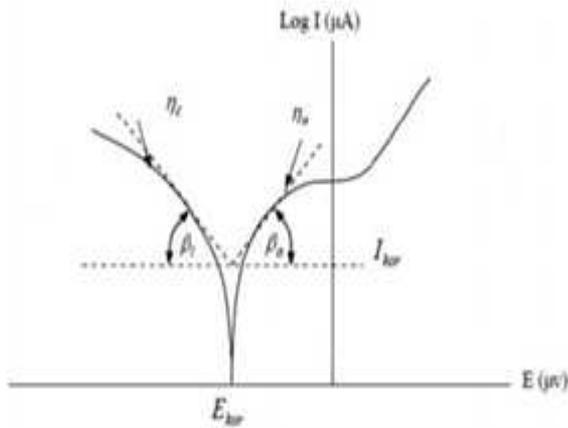
Dengan, P = beban (kg)
d = diagonal rata-rata (mm)

Kekasaran merupakan perbedaan bentuk ketinggian permukaan dalam skala kecil, yang diukur dari penyimpangan bentuk permukaan dari bentuk yang ideal. Pengukuran kekasaran permukaan dengan menggunakan stylus profilometer. Pengukuran yang banyak dipakai untuk kekasaran permukaan yaitu dengan mengambil rata-rata dari penyimpangan permukaan (Ra). Garis rata-rata dari suatu profil dianggap mempunyai luas yang sama antara profil yang bagian atas dan profil yang bagian bawahnya, ini dapat dilihat seperti gambar 3 (Hutchings 1992).



Gambar 3. Profil ketinggian permukaan benda.

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Treathewey, 1991). Uji korosi dilakukan dengan menggunakan metode polarisasi berupa pengukuran potensial korosi, arus katoda dan anoda dalam larutan elektrolit berupa larutan 0,9% NaCl. Bila logam kontak dengan lingkungan yang mengandung air maka akan terjadi reaksi elektrokimia yang karakteristik pada antarmuka antara logam dengan larutan (Haidir, dkk., 2007). Hasil dari pengujian yaitu berupa grafik hubungan beda potensial dan arus korosi seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. hubungan beda potensial dan arus korosi

Perhitungan laju korosi dengan menggunakan metode polarisasi untuk mencari arus korosinya (i_{corr}). Setelah itu proses perhitungan laju korosinya dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

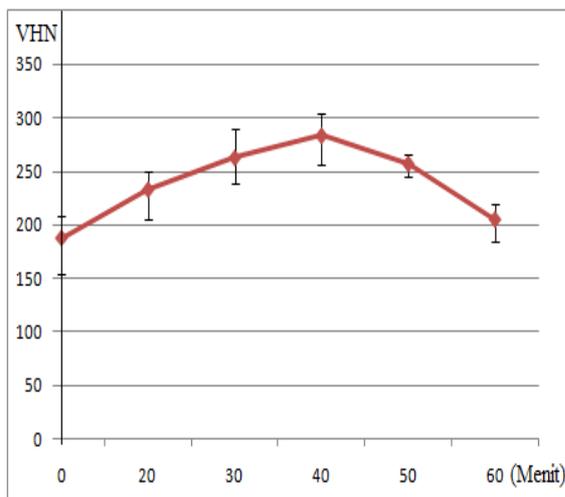
$$r = 0,00327 \frac{i_{corr}(EW)}{D} \text{ (mmpy)}$$

- Dimana, i_{corr} = arus korosi ($\mu A/cm^2$)
- EW = berat ekuivalen (gr)
- D = massa jenis spesimen (gr/cm^3)

IV. Hasil dan Pembahasan

Kekerasan

Proses perlakuan permukaan berupa DC magnetron sputtering dengan bahan pelapis WN dapat meningkatkan sifat keras dari material jika dibandingkan dengan yang tanpa pelapisan seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.

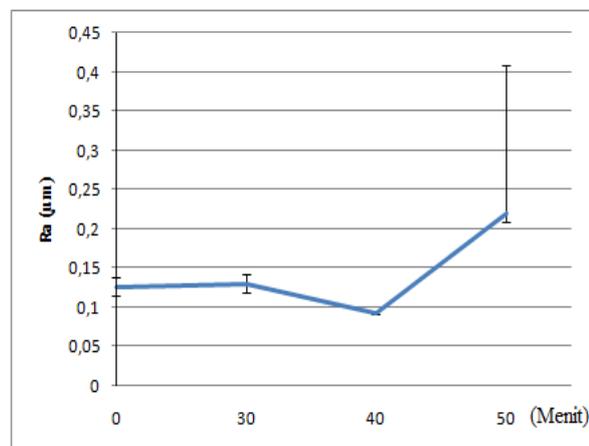


Gambar 5. Nilai kekerasan WN

Gambar tersebut menunjukkan bahwa kekerasan pada raw material AISI 410 sebesar 186,89 VHN, tetapi setelah pelapisan selama 20, 30, 40, 50 dan 60 menit, kekerasannya mengalami perubahan yaitu masing-masing menjadi 232,49 VHN, 262,44 VHN, 283,28VHN, 256,91 VHN, serta 204,35 VHN. Nilai kekerasan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pelapisan dan mencapai puncak kekerasan tertinggi sebesar pada pelapisan WN selama 40 menit yaitu sebesar 283,28 VHN, hal ini dikarenakan karena adanya lapisan WN yang memperbaiki sifat mekanis material berupa kekerasan yang disebabkan oleh adanya tegangan sisa yang terbentuk pada lapisan. Akan tetapi setelah pelapisan 40 menit, seiring bertambahnya waktu pelapisan maka terjadi penurunan tingkat kekerasan lapisan, hal ini terjadi karena lapisan yang terbentuk sudah mengalami kejenuhan.

Kekasaran

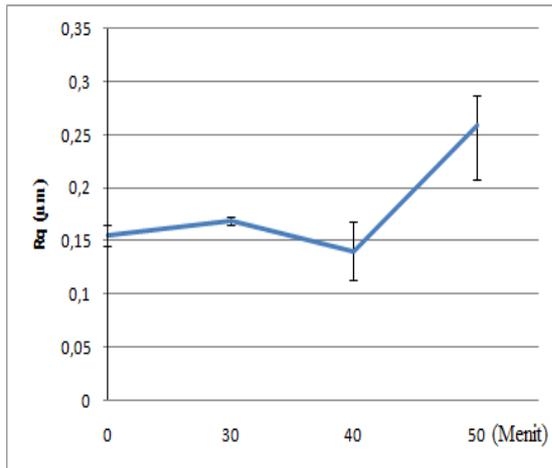
Hasil deposisi lapisan tipis WN terhadap kekasaran sebelum dan setelah proses pelapisan, dapat dilihat pada gambar 6 berikut ini:



Gambar 6 Nilai kekasaran sebelum dan setelah dilapisi WN

Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat nilai kekasaran pada permukaan logam AISI 410 yang telah dilapisi WN dengan variasi waktu menunjukkan bahwa pada logam yang telah dilapisi dengan WN mengalami tingkat perbedaan yang tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dengan yang tidak dilakukan proses pelapisan, hal ini dikarenakan oleh lapisan yang terbentuk dari proses sputtering ini sangat tipis sehingga lebih tergantung pada profil permukaan spesimen awal logam, sehingga proses perlakuan awal

permukaan ini sangat berpengaruh terhadap nilai kekasaran. Kekasaran yang terendah dicapai pada proses pelapisan selama 40 menit yaitu sebesar 0,093 μm .



Gambar 7. Pengaruh lama pelapisan terhadap kekasaran rata-rata akar

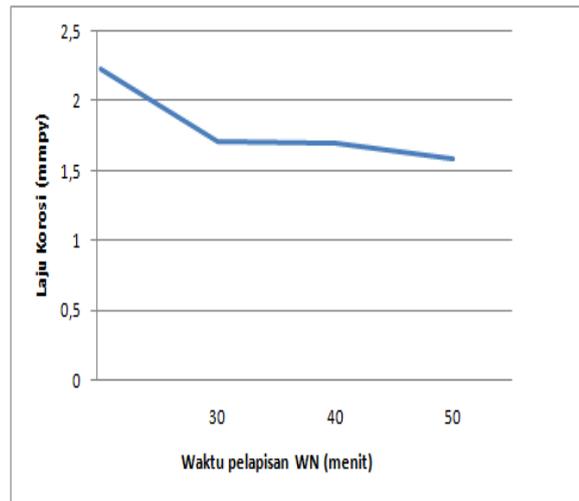
Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai kekasaran logam antara yang dilapis dengan yang belum dilapis tidak mempunyai perbedaan yang signifikan, hal ini memperkuat bahwa permukaan awal logam sangat berpengaruh terhadap hasil profil kekasaran pada material tersebut.

Laju korosi

Perhitungan laju korosi dengan menggunakan metode polarisasi untuk mencari arus korosinya (i_{corr}). Setelah itu dilakukan proses perhitungan laju korosinya. Adapun hasil perhitungan laju korosi dapat dilihat pada table dibawah ini:

Tabel 2. Hasil perhitungan laju korosi

Spesimen	Raw AISI 410	sputtering 30'	sputtering 40'	sputtering 50'
i_{corr}	209,005	160,20	159,10	149,72
nilai laju korosi (mmpy)	2,23	1,71	1,70	1,59



Gambar 8. Laju korosi terhadap penambahan waktu

Gambar diatas menunjukkan bahwa pada material baja tahan karat AISI 410 yang belum dilakukan pelapisan dengan yang sudah mengalami proses pelapisan dengan teknik DC magnetron sputtering akan mengalami penurunan laju korosi seiring dengan penambahan waktu pelapisan. Laju korosi pada material AISI 410 sebesar 2,23 mmpy kemudian mengalami penurunan dengan adanya proses pelapisan selama 30, 40, dan 50 menit masing-masing 1,71 mmpy, 1,70 mmpy, dan 1,59 mmpy. Penurunan terendah dicapai pada pelapisan 50 menit yaitu sebesar 28,7% dibandingkan dengan AISI 410 yang belum dilakukan proses pelapisan dengan teknik sputtering. Penurunan terhadap laju korosi ini dikarenakan adanya lapisan WN (tungsten nitrida) yang bersifat meningkatkan ketahanan sifat korosi.

V. Kesimpulan

Proses pelapisan dengan menggunakan bahan pelapis WN diperoleh waktu pelapisan optimum selama 40 menit. Nilai kekerasan mengalami peningkatan sebesar 51,57% dibandingkan dengan bahan yang belum dilapis dengan nilai kekerasan tertinggi sebesar 283,28 VHN. Nilai kekasaran yang terendah dicapai pada proses pelapisan selama 40 menit yaitu sebesar 0,093 μm . sedangkan ketahanan korosi

mengalami peningkatan sebesar 28,7% dibandingkan dengan raw materialnya yang dicapai pada pelapisan selama 40 menit dengan nilai korosi terendah sebesar 1,59 mmpy.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Committee, "ASM Handbook Volume 8- Mechanical Testing and Evaluation", ASM International, 2000.
- Bothra, S., H. Sur, V. Liang., "A new failure mechanism by corrosion of tungsten in a tungsten plug process", *Microelectronics Reliability* 39 (1999) 59-68.
- Cahyanto, A., "Biomaterial", Bandung, 2009.
- Choi, E. Y., Myung C. K., Dong H. K., Dong W. S., Kwang H. K., "Comparative studies on microstructure and mechanical properties of CrN, Cr-C-N and Cr-Mo-N coatings", *Journal of Materials Processing Technology* 187-188 (2007) 566-570.
- Gachon, Y., Ienny, P., Forner, A., Farges, G., Sainte Catherine, M.C., Vannes, A.B., "Erosion by Solid Particles of W/W-N Multilayer Coatings Obtained by PVD Process", *Surface and Coatings Technology* 113 (1999) 140-148.
- Grainger, S., "Engineering Coating—design and application", Abington Publishing, Cambridge, 1989.
- Haidir, A., Husna Al Hasa., Yatno Dwi Agus., "Aplikasi Metode Elektrokimia Untuk Pengukuran Laju Korosi Paduan Alfeni", Bidang Bahan Bakar Nuklir PTBN-BATAN, 2007.
- Hutchings, I.M., "Tribology friction and wear of engineering Materials", London, Sydney, auckland, 1992.
- Khrisna, V.B., Amit Bandyopadhyay, "Surface Modification of AISI 410 Stainless Steel Using Laser Engineered Net Shaping (LENS)", *Journal of Material and Design* 30 (2009) 1490-1496.
- Lee, W.S., Chi, F. L., Sen, T. C., "Plastic Flow of Tungsten-Based Composite Under Hot Compression", *Journal of Materials Processing Technology* 100 (2000) 123-130.
- Mandl, S., Gunzel, R., Moller, W., "Nitriding of Austenitic Stainless Steels Using Plasma Immersion Ion Implantation", *Surface and Coatings Technology* 100-101 (1998) 371-376.
- Ratner, B.D., dkk., "Biomaterial Science—An Introduction to Materials Medicine", Academic Press, San Diego, 1996.
- Sofyan, R., "Aplikasi Teknik Nuklir untuk Kesehatan Manusia", Pusat Pengkajian Teknologi Nuklir-BA TAN, Jakarta, 1995.
- Trethewey, K.R., Chamberlain, J., "Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa", PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta (1991).
- Wibowo, R.K.K., "Pengaruh Proses Perlakuan Panas Pada Baja Aisi 304 Terhadap Kekerasan Dan Laju Korosi Dalam Media Hcl (35%)", Senta, 2007.