

# Perbandingan Karakterisasi Fisis Dan Mekanis Lapisan *Diamond-Like Carbon (DLC)* Dengan Teknik *Plasma Assisted CVD* Dan Perlakuan Panas Pada *Tool Steel HSS*

Saifudin

Program Studi Mesin Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Magelang  
Jl. Bambang Sugeng KM. 5 Magelang  
email: saifudin@ummgl.ac.id

## Abstrak

Baja perkakas HSS (High Speed Steel) banyak digunakan pada aplikasi bidang teknik sebagai alat iris/potong. Bahan ini masih mempunyai kelemahan yaitu cepat aus dan mudah terkorosi. Kelemahan tersebut dapat dikurangi dengan memberikan lapisan tertentu pada baja HSS. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lapisan Diamond Like Carbon (DLC) dan perlakuan panas quenching dan tempering terhadap sifat fisis dan mekanis permukaan baja HSS. Sifat fisis yang akan diteliti adalah struktur mikro, sedang sifat mekanis yang ingin diketahui adalah kekerasan dan laju keausan. Baja HSS memiliki variasi komposisi kimia (% berat): 1,15 C; 1,57 Si; 0,32 Mn; 5,43 Cr; 1,43 W dan 0,68 Mo. Pelapisan DLC dilakukan dengan teknik Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition (PACVD) dengan variasi lama pelapisan 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 jam pada suhu 300 oC dengan variasi tekanan 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8 dan 2,0 mbar. Perlakuan panas quenching diikuti tempering dengan variasi suhu temper 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 dan 550 oC. Kekerasan permukaan dapat diketahui dengan menggunakan alat uji kekerasan mikro Vickers dan laju keausan diperoleh dengan uji keausan. Sedangkan struktur mikro dan komposisi kimia diamati dengan mikroskop optik. Pelapisan DLC dengan lama pelapisan 4 jam dan tekanan 1,8 mbar dapat menurunkan kekerasan permukaan tool steel HSS sebesar 62% disertai dengan peningkatan keuletan. Perlakuan panas quenching diikuti tempering dengan suhu temper 550oC dapat menurunkan kekerasan permukaan tool steel HSS sebesar 67% disertai dengan penurunan keausan.

Kata Kunci: DLC-PACVD, quenching, tempering, kekerasan, keausan.

## 1. Pendahuluan

Baja perkakas (*tool steels*), termasuk *High Speed Steels* (HSS) banyak digunakan dalam industri manufaktur sebagai alat iris. Pada umumnya bahan HSS banyak dijumpai di lapangan dengan berbagai merk dan perusahaan serta negara pembuatnya. Baja HSS masih memiliki kelemahan yaitu cepat aus dan terkorosi serta kurang keras sehingga umur (*lifetime*) bahan ini menjadi pendek. Laju keausan dan korosi akan semakin besar jika mekanisme keausan dan korosi terjadi secara simultan (Mesa, dkk, 2003).

Salah satu usaha untuk mengatasi kelemahan ini adalah dengan memberi lapisan yang lebih keras, tahan aus dan korosi pada permukaan HSS dengan berbagai teknik pelapisan. Lapisan TiN atau TiC yang diperoleh dengan teknik *Physical Vapor Deposition* (PVD) atau dengan teknik *Chemical Vapor Deposition* (CVD) dengan tebal lapisan sekitar 3 µm sering dilapiskan pada permukaan baja HSS, tetapi hasilnya tidak begitu memuaskan serta biaya proses pelapisannya masih mahal. Belakangan ini lapisan *Diamond Like Carbon* (DLC) telah dikembangkan untuk mendapatkan

lapisan keras pada permukaan spesimen (termasuk alat iris/potong) dan lapisan ini dapat diaplikasikan pada bidang teknik dan bidang kedokteran (*biocompatible*) untuk komponen-komponen *orthopedics, cardiovascular* dan *guidewires* (Dearnaley and Arps, 2005).

Lapisan DLC pada permukaan spesimen dapat diperoleh dengan teknik *Chemical* dan *Physical Vapor Deposition* (CVD dan PVD) seperti *filament-assited CVD, filtered cathodic vacuum arc, microwave plasma-assisted deposition, mass-assisted ion beam deposition, pulse laser deposition* (Xingbin Yan, dkk, 2004), *RF magnetron sputtering* (Sanchez, dkk, 2000), *plasma source ion implantation and deposition* (Dearnaley and Arps, 2005).

Gaya adhesi antara logam Ti6Al4V dengan lapisan DLC dapat ditingkatkan dengan memberi lapisan *carbonitriding* (20 % C + 80 % N<sub>2</sub>) terlebih dahulu pada permukaan Ti6Al4V. Proses *carbonitriding* menghasilkan difusi N<sub>2</sub> pada substrat Ti6Al4V sehingga ikatan dengan lapisan DLC semakin baik dengan koefisien gesek sebesar 0,07 (Oliveira, dkk, 2012). Teknik *electrodeposition* sederhana

dengan pemaduan nikel (Ni) dengan DLC meningkatkan *graphitization* dari lapisan DLC dan partikel dalam Ni-DLC terdistribusi merata serta kerapatan naik dengan meningkatnya lama pelapisan. Nikel (Ni) berperan penting mengurangi tegangan sisa dan meningkatkan ikatan lapisan Ni-DLC dengan substrat baja (Pandey dkk, 2012).

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa lapisan DLC dapat diaplikasikan dalam bidang engineering dengan sifat-sifat yang sesuai kebutuhan (kekerasan dan modulus elastis tinggi, koefisien gesek, laju keausan dan laju korosi rendah) dan bidang kedokteran karena sifat *biocompatible* dari lapisan DLC. Sifat-sifat yang dihasilkan akan tergantung pada bahan yang dilapisi/ logam dasar, teknik pelapisan dan parameter pelapisan (suhu kerja, tekanan, lama pelapisan, energi pelapisan) dan material sumber untuk menghasilkan lapisan DLC.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan pengaruh lapisan *Diamond Like Carbon* (DLC) dan perlakuan panas *quench* dan *temper* terhadap struktur mikro, kekerasan, dan laju keausan dari permukaan baja HSS.

## 2. Metode

### 2.1. Bahan dan Alat Penelitian

#### a. Bahan atau materi penelitian

- Potongan baja HSS tanpa lapisan.
- Potongan baja HSS yang telah diberi lapisan DLC (*Diamond-Like Carbon*).
- Gas methane ( $\text{CH}_4$ ) sebagai sumber DLC dan gas argon (Ar).
- Kertas ampelas dengan ukuran butir halus dan kasar.
- Autosol, bahan etsa dan alkohol.

#### b. Alat

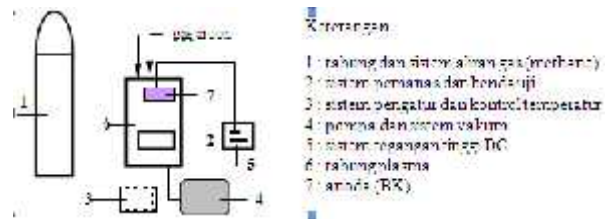
- Alat/dapur plasma beserta kelengkapannya.
- Mesin poles untuk menghaluskan permukaan spesimen.
- Mesin uji kekerasan untuk mengetahui kekerasan permukaan benda uji.
- Mesin uji korosi untuk mengetahui laju korosi benda uji.
- Mesin uji keausan untuk mengetahui laju keausan benda uji.
- Alat uji struktur mikro (mikroskop optik).

### 2.2. Prosedur Penelitian

Benda uji diperoleh dengan cara memotong bahan menurut ukuran dan bentuk sesuai standard pengujian, lalu permukaan spesimen dihaluskan dengan kertas amplas dan autosol. Penelitian

dilakukan dengan dua tahap pengujian. Pengujian tahap pertama dilakukan terhadap bahan dasar (*raw material*) berupa baja HSS. Pengujian kedua dilaksanakan terhadap spesimen yang telah mendapat perlakuan pelapisan dengan DLC. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian keausan, kekerasan, pengujian komposisi kimia dan pengamatan struktur mikro dengan mikroskop optik.

Skema sistem plasma diperlihatkan pada Gambar 1. Pada prinsipnya reaktor terdiri dari pelat sejajar yang berada dalam ruang yang bisa dibuat vakum.



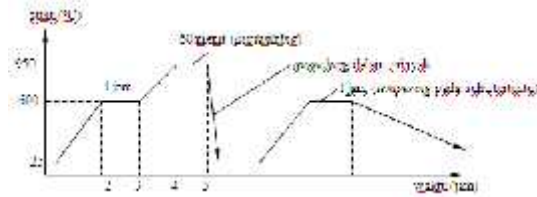
Gambar 1. Skema sistem plasma CVD

Kemudian untuk menghasilkan plasma maka kedua pelat dibuat sejajar, yang merupakan sistem elektrode dan dihubungkan dengan tegangan DC dengan anode sistem *grounded* (ditanahkan). Reaktor tersebut juga dilengkapi dengan sistem pemanas yang berfungsi untuk memanaskan spesimen. Suhu di ruang plasma dijaga dengan alat kontrol temperatur pada suhu 250–500 °C yang diberikan oleh sistem pemanas. Suhu operasi yang optimal perlu ditentukan untuk setiap aplikasi berbeda. pada suhu lebih tinggi, lapisan keras yang dihasilkan bisa lebih dalam namun dengan resiko terjadi perubahan dimensi dan penurunan kekerasan maksimum yang bisa dicapai.

Dalam pelaksanaannya spesimen yang akan dilapisi diletakkan pada anode. Kemudian gas methane dan argon dialirkan ke ruang hampa dengan aliran konstan dan plasma akan dihasilkan diantara pelat sejajar (elektrode) pada tegangan DC. Kemudian elektron yang dihasilkan pada peristiwa *discharge* akan menumbuk gas methane sehingga gas methane terionisasi. Ion-ion gas methane tersebut oleh medan listrik dipercepat menuju spesimen dan selanjutnya berinteraksi dengan permukaan spesimen.

Proses *quenching* seperti terlihat pada Gambar 2 dilakukan dengan cara memanaskan spesimen sampai mencapai suhu austenisasi dan ditahan dalam selang waktu tertentu agar spesimen memiliki suhu yang sama sampai ke bagian tengah (sumber). Selanjutnya spesimen didinginkan cepat dengan cara mencelupkan ke dalam media pendingin. Bahan yang telah mendapat perlakuan *quenching* ini memiliki kekerasan tinggi dengan struktur martensit dan mempunyai butir halus. Tetapi bahan yang terlalu keras tidak dikehendaki oleh *user* karena sifat terlalu keras tersebut

membuat bahan menjadi getas (gampang patah). Sifat getas bahan dapat dikurangi dengan melakukan proses *tempering* yaitu dengan cara memanaskan ulang bahan yang telah mendapat perlakuan *quenching* sampai suhu temper tertentu dengan waktu tahan tertentu pula, lalu didinginkan perlahan dengan cara mengeluarkan spesimen dari dapur pemanas dan diletakkan di udara luar. Variasi suhu temper dapat dipilih berkisar antara 200 sampai 500 °C, tergantung kekerasan yang dikehendaki. Dengan proses temper ini, bahan akan lebih lunak dengan butiran agak besar.



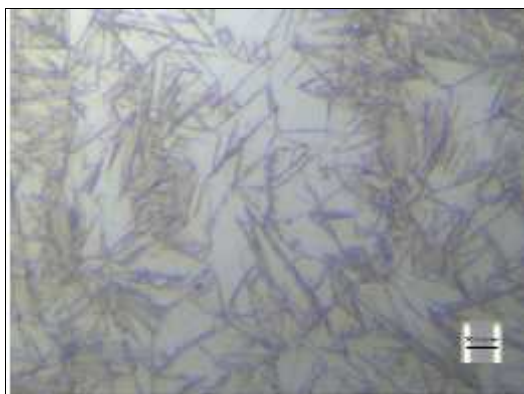
Gambar 2. Skema proses quenching dan tempering

Pengujian yang dilakukan terhadap spesimen yang telah dilapisi dengan DLC serta spesimen yang telah mendapat perlakuan panas *quench* dan *temper* meliputi: pengujian keausan, pengujian kekerasan, pengujian korosi, pengujian komposisi kimia dan pengamatan struktur mikro dengan mikroskop optik.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Struktur Mikro

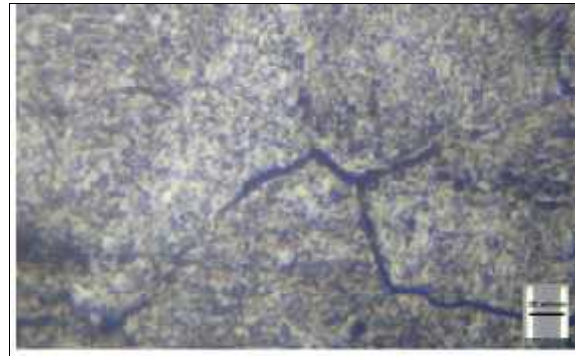
Tujuan dari pengamatan struktur mikro adalah untuk mengetahui bentuk dan batas butir. Baja kecepatan tinggi (*high speed steel*) yang sudah dipoles dengan ampelas, digosok dengan pasta intan dan dietsa dengan nital 2%. Struktur mikronya dapat dilihat seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Struktur mikro high speed steel

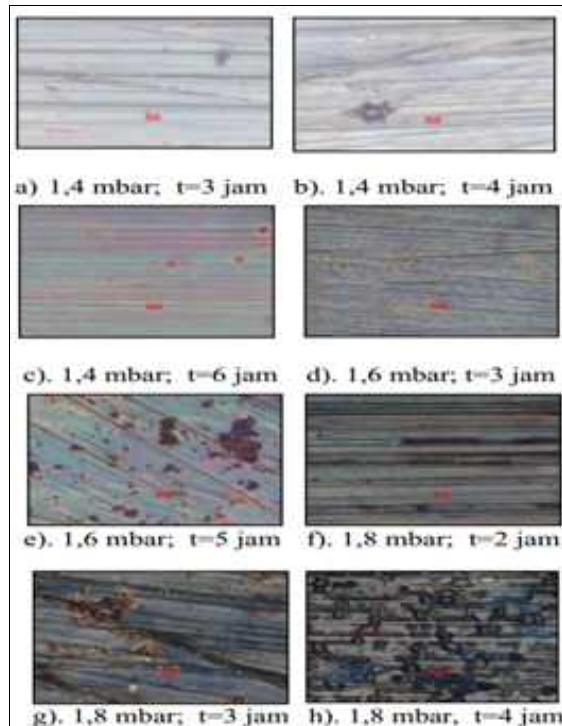
Gambar 3 menunjukkan struktur mikro HSS terdiri dari **jarum-jarum martensit dalam butiran austenit kasar**. Struktur ini dikeraskan dengan dipanaskan pada batas atas jangkauan yang diijinkan sehingga bahan HSS ini mampu

mempertahankan nilai kekerasan pada suhu 300~700 C tetapi tidak tahan terhadap keuletan.



Gambar 4. Struktur mikro high speed steel hasil quenching.

Gambar 4 menunjukkan spesimen HSS yang telah mendapat perlakuan *quenching* ini akan memiliki kekerasan tinggi dengan **struktur martensit dan mempunyai butir halus**. Martensit terjadi akibat pendinginan cepat dari temperatur Austenite. Akibat quenching (pendinginan cepat) dengan oli menyebabkan karbon tidak dapat berdifusi keluar dan terperangkap didalam larutan jenuh sehingga terbentuk fase Martensite (dalam bentuk BTC) dengan tranformasi geser.

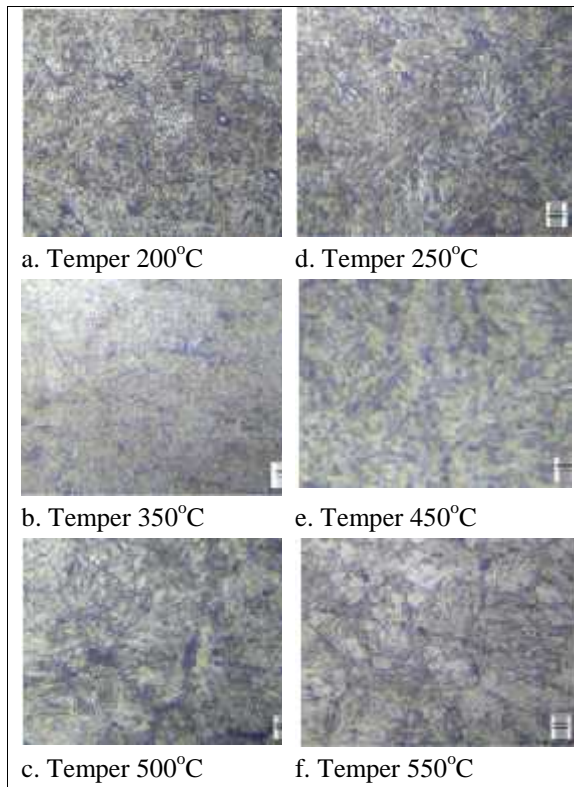


Gambar 5. Struktur mikro high speed steel hasil pelapisan DLC.

Gambar 5. menunjukkan struktur mikro HSS yang telah mengalami pelapisan DLC. Struktur mikro HSS terdiri dari **jarum-jarum martensit dalam butiran austenit kasar** dengan karakteristik mampu mempertahankan nilai kekerasan pada

suhu 300~700 °C tetapi getas sehingga tidak tahan terhadap keuletan. Sifat getas bahan HSS dapat dikurangi dengan melakukan proses pelapisan DLC dengan suhu konstan 300 °C. Variasi tekanan mulai 1.4 ; 1.6 ; 1.8 ; dan 2.0 mbar dengan lama pelapisan 2, 3, 4, 5 dan 6 jam. Dari gambar 5.3 diatas dapat dijelaskan, pada tekanan pelapisan 1,8 mbar dengan lama pelapisan 4 jam bentuk butiran menjadi besar sehingga bahan menjadi lunak dan ulet. Hal ini juga sesuai dengan hasil pengujian kekerasan yang mengalami penurunan kekerasan menjadi sebesar 702,10 VHN.

Struktur mikro hasil *temper* bisa dilihat pada gambar 3.4 di bawah ini.



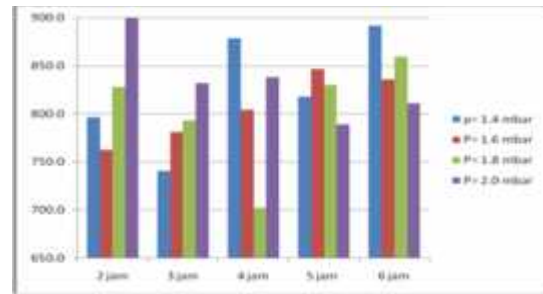
Gambar 6. Struktur mikro high speed steel hasil Temper dengan perbesaran 160x.

Gambar 6 menunjukkan struktur mikro HSS yang telah mengalami perlakuan *tempering*. Struktur mikro HSS terdiri dari **jarum-jarum martensit dalam butiran austenit kasar** dengan karakteristik mampu mempertahankan nilai kekerasan pada suhu 300~700°C tetapi getas sehingga tidak tahan terhadap keuletan. Sifat getas bahan HSS dapat dikurangi dengan melakukan proses *tempering* yaitu dengan cara memanaskan ulang bahan yang telah mendapat perlakuan *quenching* sampai suhu temper tertentu dengan waktu tahan 1 jam, lalu didinginkan perlahan dengan cara mengeluarkan spesimen dari dapur pemanas dan diletakkan di udara luar. Variasi suhu temper mulai 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500

dan 550°C. Dari gambar 6. diatas dapat dijelaskan, pada suhu temper 550°C bentuk butiran menjadi besar sehingga bahan menjadi lebih lunak dan ulet. Hal ini juga sesuai dengan hasil pengujian kekerasan spesimen HSS dengan suhu temper 550°C mengalami penurunan kekerasan menjadi sebesar 513,8 VHN.

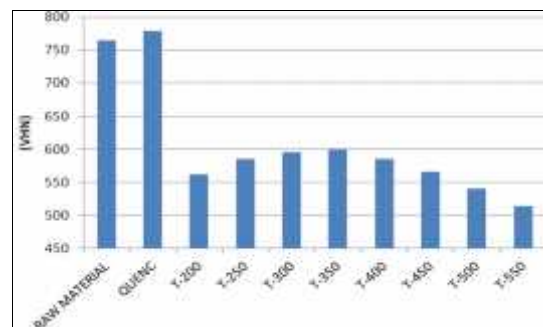
### 3.2. Uji Kekerasan

Gambar 7 dibawah ini, menunjukkan hasil uji kekerasan yang paling tinggi terjadi pada spesimen yang telah mengalami pelapisan pada tekanan 2,0 mbar dengan lama pelapisan 2 jam yaitu sebesar 921,40 VHN dan kekerasan yang paling rendah terjadi pada spesimen yang telah mengalami pelapisan pada tekanan 1,8 mbar dengan lama pelapisan 4 jam sebesar yaitu sebesar 702,10 VHN disertai dengan peningkatan keuletan spesimen.



Gambar 7. Grafik Hasil Uji Kekerasan

Gambar 8 dibawah ini, menunjukkan hasil uji kekerasan yang paling tinggi terjadi pada spesimen yang telah mengalami perlakuan *quenching* yaitu sebesar 778,3 VHN dan kekerasan yang paling rendah terjadi pada spesimen yang telah mengalami perlakuan *tempering* dengan suhu temper 550°C yaitu sebesar 513,8 VHN.



Gambar 8. Grafik Hasil Uji Kekerasan

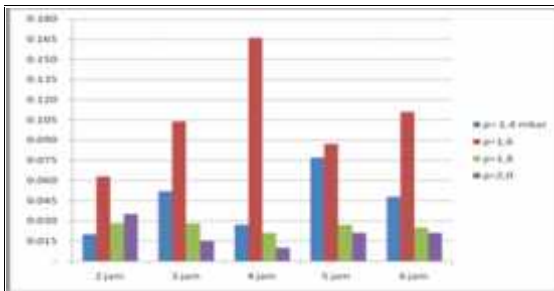
### 3.3. Laju Keausan

Laju keausan dinyatakan dengan jumlah kehilangan/ pengurangan material (massa, volume atau ketebalan) tiap satuan panjang luncuran atau satuan waktu. Keausan spesifik dihitung

berdasarkan lebar keausan benda uji yang termakan oleh pengaus yang berputar. Keausan spesifik ( $W_s$  dalam  $\text{mm}^3/\text{kgmm}$ ) diungkapkan dengan rumus (Manual Book, 2000).

$$W_s = \frac{B \cdot b^3}{8 \cdot r \cdot P_o \cdot l_o} \dots\dots\dots(1)$$

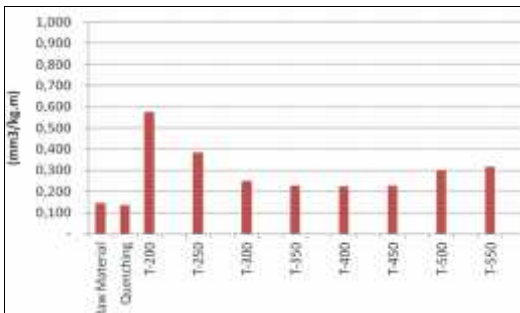
dengan: B = lebar disk (piringan) pengaus (mm), b = lebar keausan pada benda uji (mm), r = radius piringan pengaus (mm),  $P_o$  = beban tekan pada saat pengausan (kg) dan  $l_o$  = jarak tempuh dari proses pengausan (mm).



Gambar 9. Grafik Hasil Laju Keausan

Hasil pengujian laju keausan seperti pada gambar 9 diatas, menunjukkan laju keausan yang paling tinggi terjadi pada spesimen yang telah mengalami pelapisan DLC dengan tekanan 1,6 mbar dengan lama pelapisan 4 jam yaitu sebesar 0,166 Ws dan laju keausan yang paling rendah terjadi pada spesimen yang telah mengalami pelapisan DLC dengan tekanan 2,0 mbar dengan lama pelapisan 4 jam yaitu sebesar 0,010 Ws. Hal ini juga sesuai dengan hasil pengujian kekerasan, dimana pada pelapisan DLC dengan tekanan 1,4 mbar dengan lama pelapisan 2 jam menunjukkan nilai kekerasan yang paling tinggi sebesar 921,40 VHN.

Laju keausan hasil pengujian spesimen *tempering* dan *quenching* terlihat pada gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 10. Grafik Hasil Laju Keausan

Dari hasil pengujian laju keausan seperti pada gambar 10 diatas, menunjukkan laju keausan yang paling tinggi terjadi pada spesimen yang telah mengalami perlakuan *tempering* dengan suhu

temper 200°C yaitu sebesar 0,575 Ws dan laju keausan yang paling rendah terjadi pada spesimen yang telah mengalami perlakuan *quenching* yaitu sebesar 0,135 Ws. Hal ini juga sesuai dengan hasil pengujian kekerasan, dimana pada perlakuan *quenching* menunjukkan nilai kekerasan yang paling tinggi sebesar 778,3 VHN.

#### 4. Kesimpulan

1. Hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan lapisan DLC bervariasi sesuai lama pelapisan dan variasi tekanan. Pelapisan DLC dengan lama pelapisan 4 jam dan tekanan 1,8 mbar dapat menurunkan kekerasan permukaan *tool steel* HSS sebesar 62% disertai dengan peningkatan keuletan. Pada pelapisan DLC dengan lama pelapisan 4 jam dan tekanan 1,8 mbar bentuk **butiran menjadi besar** sehingga bahan menjadi lebih lunak.
2. Lama pelapisan dan tekanan optimum untuk menghasilkan kekerasan tertinggi dan laju keausan terkecil dari baja HSS yang dilapisi dengan DLC adalah : lama pelapisan 3-5 jam dengan tekanan pelapisan 1,8 mbar.
3. Nilai kekerasan bervariasi sesuai suhu tempering. Perlakuan panas *quenching* diikuti *tempering* dengan suhu temper 550°C dapat menurunkan kekerasan permukaan *tool steel* HSS sebesar 61%. Pada suhu temper 550°C bentuk **butiran menjadi besar** sehingga bahan menjadi lebih lunak.
4. Suhu temper optimum untuk untuk memperoleh laju keausan terkecil dari baja HSS adalah suhu temper 350°C - 450°C

#### Daftar Pustaka

Ahmed, M.H., Byrne, J.A., McLaughlin, J.,2012, *Evaluation of glycine adsorption on diamond like carbon (DLC) and fluorinated DLC deposited by plasma-enhanced chemical vapour deposition (PECVD)*, Surface and Coatings Technology, Vol. 209, pp. 8-14.

Almeida, C.N., Ramos, B.C., Da-Silva, N.S., Pacheco-Soares, C., Trava-Airoldi, V.J., Lobo, A.O., Marciano, F.R., 2013, *Morphological analysis and cell viability on diamond-like carbon films containing nanocrystalline diamond particles*, Applied Surface Science xxx, pp. xxx– xxx, journal home page: [www.elsevier.com/locate/apsusc](http://www.elsevier.com/locate/apsusc).

Bao, T., Morrison Jr, P.W., Woyczynski, W.A., 2005, *Parametric optimization of microhardness of diamond-like carbon films prepared by plasma enhanced chemical vapor deposition*, Thin Solid Films 485, pp. 27 – 41

- Chen Xinchun, Zhijian Peng, Zhiqiang Fu, Sudong Wu, Wen Yue, Chengbiao Wang, 2011, *Microstructural, mechanical and tribological properties of tungsten-gradually doped diamond-like carbon films with functionally graded interlayers*, Surface & Coatings Technology 205, pp. 3631–3638.
- Cho, H., Kim, S., Ki, H., 2012, *Pulsed laser deposition of functionally gradient diamond-like carbon (DLC) films using a 355 nm picosecond laser*, Acta Materialia 60, pp. 6237–6246.
- Dearnaley, G., Arps, J. H., 2005, *Biomedical application of diamond-like carbon (DLC) coatings: A review*, Surface & Coatings Technology 200, pp. 2518-2524.
- Fu Zhiqiang, Sun Jian, Wang Chengbiao, Zhang Wei, Yue Wen, Peng Zhijian, Yu Xiang, Lin Songsheng, Dai Mingjiang, 2013, *Tribological performance of DLC coatings deposited by ion beam deposition under dry friction and oil lubricated conditions*, Vacuum 94, pp. 14-18.
- Gun-Ho Noh, Adela Bordeanu, Ju-kyung Lee, Jae-Chul Pyun, 2003, *Development of a diamond-like carbon (DLC) electrode for brake fluid monitoring*, Current Applied Physics 9, pp. 243–245
- Jian Sun, Zhi-qiang Fu, Wei Zhang, Cheng-biao Wang, Wen Yue, Song-sheng Lin, Ming-jiang Dai, 2013, *Friction and wear of Cr-doped DLC films under different lubrication Conditions*, Vacuum 94, pp. 1-5.



**BERITA ACARA  
KEGIATAN SEMINAR NASIONAL ReTII KE-12 TAHUN 2017**

Pada hari ini Sabtu, Tanggal 9 Desember, Tahun 2017 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) ke-12, atas :




Nama Pemakalah : Saifudin  
Judul Makalah : PERBANDINGAN KARAKTERISASI FISIS DAN MEKANIS LAPISAN DIAMOND-LIKE CARBON (DLC) DENGAN TEKNIK PLASMA ASSISTED CVD DAN PERLAKUAN PANAS PADA TOOL STEEL HSS  
Pukul : 15.30 – 15.45  
Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta  
Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, DIY  
Ruang : D.11  
Moderator : Dr. Ratna Kartikasari, S.T., M.T.  
Notulen : Sigit Budi Hartono, S.T., M.T.

Susunan Acara Seminar ini dibuka oleh Moderator, diikuti oleh Pemaparan Singkat Hasil Penelitian oleh Pemakalah, Tanggapan (Pertanyaan/Kritik/Saran) dari Peserta Seminar dan Tanggapan Pemakalah, dan ditutup kembali oleh Moderator.

Jumlah Peserta yang hadir : 9 orang (Daftar Hadir Terlampir)

Demikian Berita Acara ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 9 Desember 2017

Ketua Panitia	Moderator	Pemakalah
 Dr. Ir. Sugiarto, MT	 Dr. Ratna Kartikasari, S.T., M.T.	 Saifudin



**NOTULEN**  
**KEGIATAN SEMINAR NASIONAL ReTII KE-12 TAHUN 2017**

Pada hari ini Sabtu, Tanggal 9 Desember, Tahun 2017 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) ke-12, atas :

Nama Pemakalah : Saifudin

Judul Makalah : PERBANDINGAN KARAKTERISASI FISIS DAN MEKANIS LAPISAN DIAMOND-LIKE CARBON (DLC) DENGAN TEKNIK PLASMA ASSISTED CVD DAN PERLAKUAN PANAS PADA TOOL STEEL HSS

Pukul : 15.30 – 15.45

Bertempat di : STTNAS Yogyakarta

Dengan alamat : Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, DIY

Ruang : D.11

Pertanyaan/Kritik/Saran	Tanggapan Pemakalah
<p>1. kenapa dipelembui alllr. kenapa paku? kenapa paku? urr kenapa tinggi?</p>	<p>1. Kenapa keamun yg dipaku? Kenapa keamun stnk? tnpa pelumas. (Baku keamun ke merr, diturut dan fraksi volume).</p>

Yogyakarta, 9 Desember 2017

Ketua Panitia	Moderator	Pemakalah
 Dr. Ir. Sugiarto, MT	 Dr. Ratna Kartikasari, S.T., M.T.	 Saifudin