

PENGARUH PERLAKUAN *DIFFUSION COATING* DAN *DIFFUSION COATING - VACUUM* TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA SKD11

Sony Risdianto^a, Aris Widyo Nugroho^b, Muh. Budi Nur Rahman.^c

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 Jalan Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183
^arisdiantosony@gmail.com, ^bariswidyo@umy.ac.id, ^cbudinurrahman@umy.ac.id

Abstrak

Baja SKD 11 adalah jenis baja berkualitas tinggi yang dibuat untuk diaplikasikan sebagai alat pemotong, alat pembentuk, dan sebagai cetakan. Baja SKD 11 merupakan baja perkakas yang banyak dipergunakan dalam industri dikarenakan kandungan khromium yang tinggi sehingga mempunyai stabilitas yang baik saat dilakukan pengerasan dan memiliki karakteristik ketahanan aus yang tinggi. Baja SKD 11 mempunyai kekerasan awal sebesar 17HRC, kekerasan ini perlu ditingkatkan untuk meningkatkan kekuatan dan ketangguhan agar dapat digunakan sebagai *tool steel* atau baja perkakas. Maka dari itu perlakuan pengerasan dilakukan dengan cara lapis difusi (*diffusion coating*) dan serta ditambahkan proses *vacuum hardening*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan *diffusion coating* dan *diffusion coating-vacuum* terhadap sifat mekanis dan struktur mikro pada material SKD11.

Penelitian ini menggunakan vanadium dan boraks sebagai bahan untuk meningkatkan kekerasan pada material. Proses *heat treatment* yang dilakukan pada penelitian ini meliputi *preheat*, *toyota diffusion*, *washing*, *vacuum*, dan *tempering*. Metode pengujian yang dilakukan adalah proses uji kekerasan dengan *Rockwell C*, proses uji kekerasan dengan *Vickers*, proses uji ketahanan keausan dan proses pengujian mikrostruktur pada SKD 11.

Hasil analisa dari perlakuan *diffusion coating* dan *diffusion coating* dengan tambahan *vacuum*, ketebalan lapisan setelah perlakuan *diffusion coating* dan proses *vacuum* sebesar 9 mikro meter pada lapisan material SKD 11. Lapisan itu diduga adalah *vanadium carbide*, tidak hanya di permukaan saja namun juga lapisan tersebut masuk kedalam *substrat* dari material tersebut yang membuat sifat mekanisnya meningkat. Proses *diffusion coating* meningkatkan nilai kekerasan dari 200 HV menjadi 956 HV pada bagian permukaan dan 628 HV pada bagian substratnya. Hasil pengujian nilai keausan spesifik juga menunjukkan hasil 3.442×10^{-9} mm²/kg pada perlakuan *diffusion coating* dan 5.65×10^{-9} mm²/kg pada *diffusion coating* dengan tambahan *vacuum*.

Kata Kunci: Baja SKD 11, Diffusion Coating, Vacuum Heat Treatment

Abstract

SKD 11 steel is high quality steel that is made to be applied as a cutting tool, forming tool, and as a mold. SKD 11 steel is tool steel that is widely used in industry because of its high chromium content so it has good stability when hardening and has high wear resistance characteristics. SKD 11 steel has an initial hardness of 17HRC, this hardness needs to be increased to increase strength and toughness so that it can be used as tool steel. Therefore hardening treatment is carried out by diffusion coating and diffusion coating with vacuum process. This study aims to determine the effect

of diffusion coating and diffusion coating-vacuum treatment to obtain mechanical properties and microstructure of SKD11 material.

This study uses vanadium and borax as a material to increase the hardness of the material. The process of heat treatment done in this research include preheat, Toyota diffusion, washing, vacuum, and tempering. The test method is a process of hardness testing with Rockwell C, a hardness test process with Vickers, a wear resistance test process and a microstructural testing process on SKD 11.

Results of analysis of the treatment diffusion coating and diffusion coating with additional vacuum, layer thickness after the treatment diffusion coating and vacuum process of 9 micro meters on the material layer of SKD 11. The coating is thought to be vanadium carbide, not only on the surface but also the coating into the substrate of the material that makes the mechanical properties increased. The diffusion coating process increases the hardness value from 200 HV to 956 HV on the surface and 628 HV on the substrat. The result of wear resistance testing has also shown a result of 3.442×10^{-9} mm²/kg on treatment diffusion coatings and 5.65×10^{-9} mm²/kg on diffusion coatings with extra vacuum.

Keywords: SKD 11 steel, Diffusion Coating, Vacuum Heat Treatmen

1. PENDAHULUAN

Tool Steel merupakan salah satu tipe baja yang memiliki kekuatan dan ketangguhan yang tinggi. Apabila material baja terus menerus menerima beban maka suatu saat permukaan material akan retak dan mengalami kegagalan seperti patah. Oleh karena itu dibutuhkan suatu cara untuk dapat meningkatkan kekuatan dan ketangguhan dari material itu sendiri. Cara yang paling umum digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan ketangguhan dengan *Toyota diffusion* agar terbentuk suatu permukaan material yang lebih tangguh.

Baja perkakas SKD 11 merupakan baja perkakas yang banyak dipergunakan dalam industri karena kandungan khromium yang tinggi, serta elemen pembentuk karbida seperti molybdenum dan vanadium sehingga baja SKD 11 memiliki karakteristik ketahanan aus yang tinggi, tahan terhadap tekanan kompresi dan stabilitas yang baik saat dilakukan pengerasan (Sulamet, 2003). SKD 11 mempunyai kekerasan sebesar 17HRC kekerasan ini perlu ditingkatkan untuk dapat digunakan sebagai *tool steel* atau baja perkakas, maka dari itu perlu dilakukan proses pengerasan. Perlakuan pengerasan salah satunya adalah pelapisan dengan lapis difusi (*diffusion coating*). Proses *diffusion coating* ini bertujuan untuk meningkatkan kekerasan pada temperatur tinggi dan digunakan untuk membentuk lapisan homogen karbida agar menjadi sangat keras, sehingga dapat meningkatkan ketahanan nilai keausan pada peralatan dan bagian-bagian mesin (Sugondo, 2006). Kemudian, proses *vacuum* dapat menaikkan ketahanan oksidasi, maka dari itu perlu dilakukan penelitian sekali proses *Toyota Diffusion* dan *Vacuum hardening* agar mendapatkan hasil kekuatan material yang lebih baik dari sebelumnya.

Berdasarkan pemaparan di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan *diffusion coating* dan *diffusion coating* dengan tambahan *vacuum* untuk mendapatkan kekerasan, ketahanan aus, serta struktur mikro pada baja SKD11.

2. METODE PENELITIAN

Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja SKD 11. Penelitian ini menggunakan vanadium dan boraks sebagai bahan untuk meningkatkan kekerasan pada material. Proses *heat treatment* yang dilakukan pada penelitian ini meliputi *preheat*, *toyota diffusion*, *washing*, *vacuum*, dan *tempering*. Metode pengujian yang dilakukan adalah proses uji kekerasan dengan *Rockwell C*, proses uji kekerasan dengan *Vickers*, proses uji ketahanan keausan dan proses pengujian mikrostruktur pada SKD 11.

2.1 Proses Heat Treatment dan Proses Bantu Pengujian

Proses heat treatment pada material SKD 11 menggunakan enam material, tiga spesimen untuk perlakuan *toyota diffusion* dan tiga spesimen untuk perlakuan *toyota diffusion* dengan tambahan *vacuum heat treatment*. Langkah pertama proses heat treatment yaitu preheat ditahan selama 4 jam dengan suhu 450°C, selanjutnya material langsung dipindah ke mesin toyota diffusion selama 10 jam dengan suhu 1015°C, selanjutnya material didinginkan dengan cepat menggunakan gas nitrosen yang disemprotkan ke material selama 1 jam, lalu material di diamkan di mesin blower sampai pada suhu ruangan, proses selanjutnya yaitu washing dengan disemprot air mendidih suhu 90°C selama 72 jam yang berguna untuk menghilangkan sisa dari proses toyota diffusion, setelah itu bagi material pisahkan tiga spesimen untuk proses selanjutnya dan tiga spesimen yang sudah cukup perlakuannya. Tiga spesimen yang masuk proses selanjutnya lalu dimasukkan kedalam mesin vacuum dengan suhu berkelanjutan 650°C, 850°C, dan 1030°C dengan waktu pemanasan selama 8 jam, dan setelah itu masuk proses terakhir yaitu proses tempering dengan suhu 180°C selama 4 jam.

2.1.1 Proses Preheat pada SKD 11

Proses preheat pada material SKD 11 bertujuan untuk mencegah material akan mengalami perubahan suhu secara tiba-tiba, yang akan menyebabkan terjadinya *cracking*. Proses ini berlangsung selama 4 jam dengan suhu 450°C, proses selanjutnya adalah *heating* dengan menggunakan *Toyota diffusion*.

2.1.2 Proses Heating dengan Toyota Diffusion

Proses *heating* dengan *Toyota diffusion* pada material SKD 11 bertujuan untuk memberikan kekerasan pada material dengan menggunakan bantuan vanadium. Proses ini berlangsung selama 10 jam dengan suhu 1015°C

2.1.3 Proses Cooling pada SKD 11

Proses cooling pada material SKD 11 bertujuan untuk memberikan pendinginan secara cepat setelah keluar dari mesin Toyota diffusion untuk mendapatkan kekerasan yang optimal. Proses ini berlangsung selama 1 jam dengan menyemprotkan gas nitrogen.

2.1.4 Proses Blower pada SKD 11

Proses blower pada SKD 11 ini hanya meletakkan material didepan blower. Bertujuan untuk menetralkan suhu material sampai mencapai suhu ruangan.

2.1.5 Proses Washing pada SKD 11

Proses washing pada material SKD 11 bertujuan untuk menghilangkan sisa *vanadium* setelah perlakuan *Toyota diffusion*. Proses ini berlangsung selama 72 jam dengan disemprotkan air dengan suhu 90°C secara terus menerus.

2.1.6 Proses Vacuum Hardening pada SKD 11

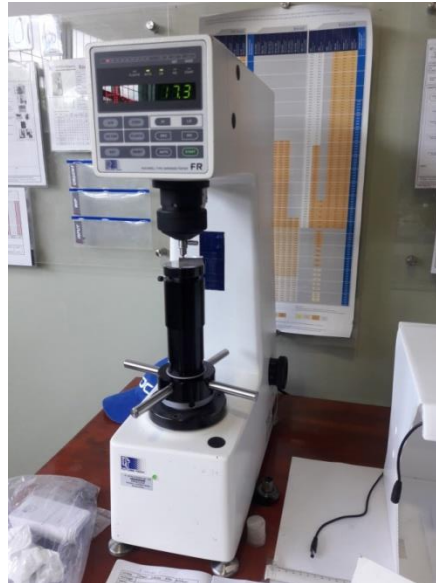
Proses vacuum hardening pada material SKD 11 bertujuan untuk mendapatkan kekerasan body agar kekerasan lebih merata. Proses ini berada di ruang vacuum atau ruang kedap udara dengan tahapan suhu 650°C, 850°C, dan 1030°C dengan waktu pemanasan selama 8 jam.

2.1.7 Proses Tempering pada SKD 11

Proses Tempering pada material SKD 11 bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa pada material dengan memanaskan material pada suhu 180°C.

2.2 Proses Pengujian Kekerasan dengan Rockwell C dari PT Astra Daido Steel

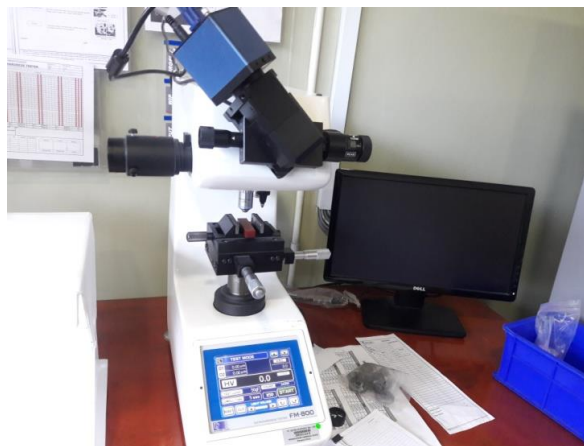
Pengujian ini dilakukan menggunakan mesin *Rockwell C* dengan beban 150kgf dan jenis indenter adalah *diamond cone*. Dengan pengujian ini dapat diukur kekerasan material (HRC).



Gambar 2.1 Proses Pengambilan data Pengujian Kekerasan dengan Rockwell C

2.3 Proses Pengujian Kekerasan dengan *Vickers* dari PT Astra Daido Steel

Pengujian ini dilakukan menggunakan mesin *vickers* dengan beban 50gf dan jenis indenter adalah *diamond cone*. Dengan pengujian ini dapat diukur kekerasan material dari permukaan sampai ke inti (HV & HRC).



Gambar 2.2 Proses Pengambilan data Pengujian Kekerasan Vickers

2.4 Proses Pengujian Ketahanan Aus

Pengujian ini dilakukan menggunakan metode Ogoshi dimana benda uji memperoleh beban gesek dari disk yang berputar (*revolving disc*) dengan beban 6.36kg, jarak tempuh 200m, dan waktu 60 detik. Dengan pengujian ini dapat diukur ketahanan keausan spesifik (ws) dari material yang diuji



Gambar 2.3 Proses Pengambilan data Pengujian Ketahanan Aus

2.5 Proses Pengujian Mikrostruktur pada SKD 11

Pengujian ini dilakukan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 200x hingga 500x. Dengan pengujian ini dapat diamati bentuk material secara lebih detail dari komposisi dan lapisan yang terbentuk dari material. Terdapat beberapa tahapan sebelum dapat dilakukan pengujian ini antara lain pemotongan plat, *mounting*, pengamplasan permukaan, pemolesan, dan dietsa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Spesimen SKD 11

Hasil spesimen SKD 11 yang diberi perlakuan *toyota diffusion* dan *toyota diffusion* dengan *vacuum* pada gambar 3.1 serta sudah disesuaikan dengan parameter yang digunakan pada saat pengujian.

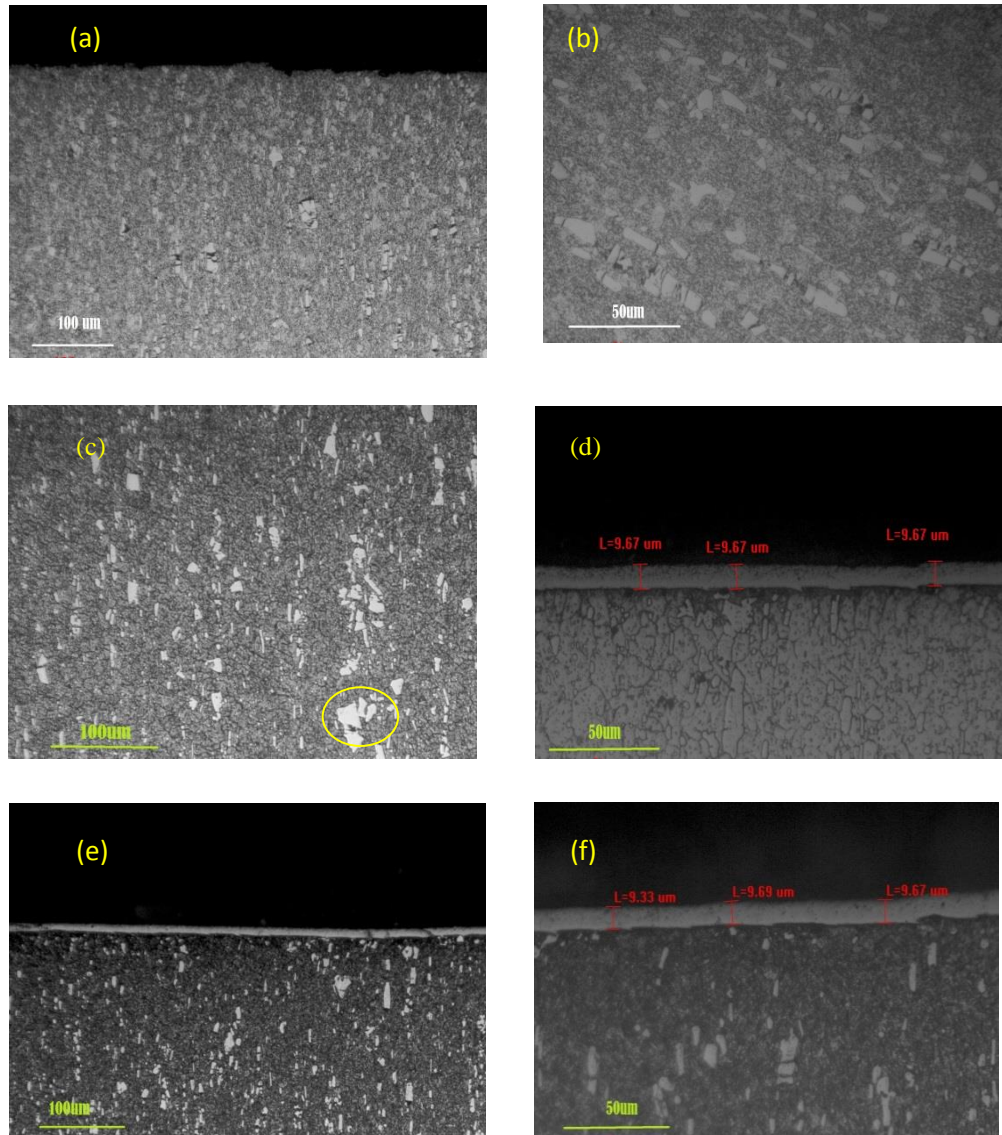


Produk	Spesimen baja SKD 11
Kekerasan	17 HRC
Panjang	15.50 mm
Lebar	10.10 mm
Tebal	10.50 mm

Gambar 3.1 Material SKD 11 Setelah Perlakuan *Toyota Diffusion* (a) dan *Toyota Diffusion dengan Vacuum* (b)

3.2 Uji Metalografi (Foto Mikro)

Pengujian metalografi pada material baja SKD 11 menggunakan mikroskop merk Meiji Techno dengan tipe IM7200 dengan spesimen baja SKD 11 diberi dua perlakuan berbeda, yaitu perlakuan *toyota diffusion* dan *toyota diffusion + Vacuum*. sebelum dilakukan pengambilan gambar spesimen terlebih dahulu di polishing agar meratakan permukaan dan menghilangkan bekas-bekas goresan dari pelakuan sebelumnya.



Gambar 3.2 Struktur Mikro dari Baja SKD 11 (a)Sebelum perlakuan (b)Sebelum pelakuan dengan perbesaran lebih tinggi (c)Toyota Diffusion Process (d)Toyota Diffusion Process dengan perbesaran lebih tinggi (e)Toyota Diffusion Process-Vacuum (f)Toyota Diffusion Process-Vacuum dengan perbesaran lebih tinggi.

Proses Toyota diffusion mengakibatkan terbentuknya sebuah lapisan baru dari vanadium juga diperkirakan terjadi pembentukan *vanadium carbide* pada bagian dalam material (Gambar 4.2c dan Gambar 4.2d), yang mengakibatkan material semakin keras

pada bagian dalam material, lalu setelah diberi perlakuan *vacuum heat treatment* dan *tempering* mengakibatkan *vanadium carbide* lebih merata areanya hal tersebut karena pemanasan yang diakibatkan oleh *vacuum heat treatment*. Tetapi setelah diberi perlakuan tempering kekerasan sedikit berkurang tetapi menambah keuletan material, hal tersebut karena perlakuan *tempering* digunakan untuk menghilangkan tegangan sisa pada material.

Tabel 3.1 Perbandingan Ketebalan Lapisan Setelah Perlakuan dengan mikroskop merk Meiji Techno dengan tipe IM7200

TD Proses	TD Proses + Vacuum
9.67 μm	9.33 μm
9.67 μm	9.69 μm
9.67 μm	9.67 μm

Dapat dianalisa bahwa *vanadium carbide* mempengaruhi kekerasan dan ketahanan keusan dari sifat material tersebut. Dari variasi *toyota diffusion* dengan tambahan *vacuum heat treatment* mengalami perubahan dari *vanadium carbide* menjadi lebih merata. Menurut (Budiansyah, 2014) melakukan penelitian dengan material baja SKD 11 menyatakan bahwa *vanadium carbide* yang akan terbentuk lebih tersebar merata ke dalam selama pemanasan, hal ini karena vanadium merupakan grain refinement atau unsur penghalus butir, jadi selama proses TD vanadium terus berdifusi masuk kedalam baja, namun tidak semua berikatan dengan karbon membentuk *vanadium carbide*.

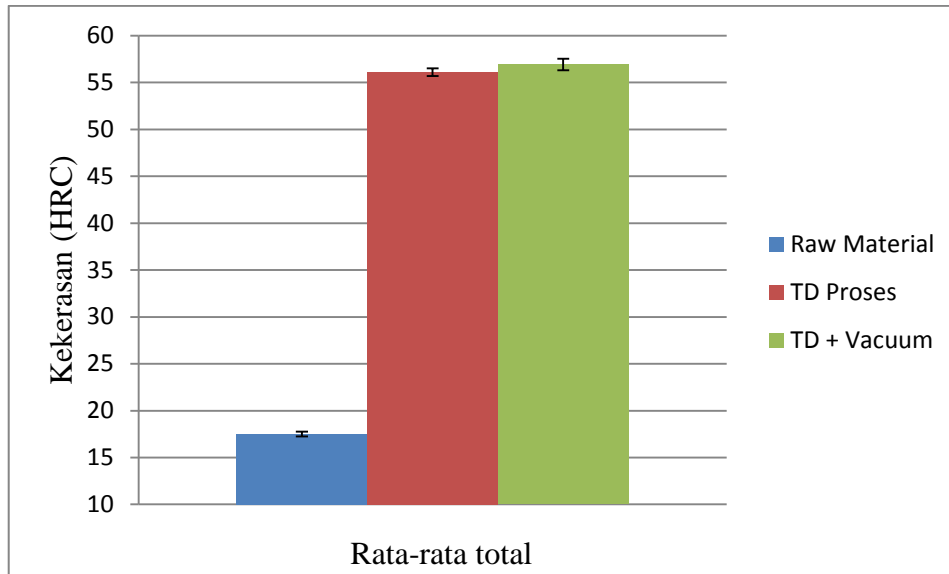
3.3 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada material baja SKD 11 menggunakan dua mesin *Rockwell C* dengan merk Future Tech dengan tipe digital dan Vickers dengan tipe *microhardness tester* FM-800, kemudian diberi dua perlakuan berbeda, yaitu perlakuan *toyota diffusion* dan *toyota diffusion + Vacuum* dengan masing-masing perlakuan menggunakan 3 spesimen, masing-masing spesimen diambil nilai kekerasan di lima titik.

3.3.1 Pengujian Kekerasan dengan Rockwell C

Tabel 3.2 Perbandingan Uji Kekerasan dengan Rockwell C Future Tech seri 206.RT-206.RTS

Raw Material		TD Proses		TD + Vacuum	
Titik 1	17.7	Titik 1	55.7	Titik 1	56.4
Titik 2	17.2	Titik 2	56.2	Titik 2	57.3
Titik 3	17.5	Titik 3	56.4	Titik 3	57.4
Titik 4	17.8	Titik 4	55.6	Titik 4	56.1
Titik 5	17.3	Titik 5	56.5	Titik 5	57.4
Rata-rata	17.5	Rata-rata	56.08	Rata-rata	56.92



Gambar 3.3 Perbandingan Uji Kekerasan dengan *Rocwell C*

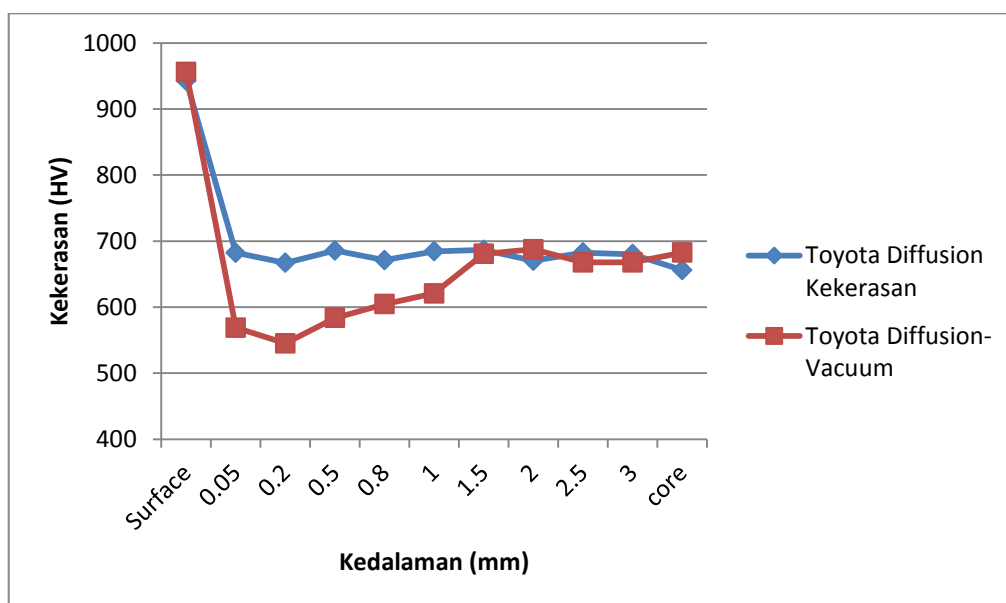
Analisa pada grafik dan tabel diatas menjelaskan nilai dari uji kekerasan dari enam spesimen menggunakan dua variasi heat treatment yang berbeda yaitu perlakuan *Toyota diffusion* dan *toyota diffusion* dengan tambahan *vacuum heat treatment*, masing-masing perlakuan menggunakan lima kali percobaan atau lima titik pengujian setiap spesimennya. Dari enam spesimen tersebut, uji kekerasan mengalami nilai kekerasan yang tidak stabil, hal itu dikarenakan adanya pembentukan *vanadium carbide* yang tidak merata. Pada pengujian ini didapatkan kekerasan maksimum sebesar 57.4 HRC pada perlakuan *toyota diffusion* dan 57.4 HRC pada perlakuan *toyota diffusion* dengan tambahan *vacuum heat treatment*.

Dapat dianalisa bahwa *vanadium carbide* mempengaruhi kekerasan dari sifat material tersebut. Dari variasi *toyota diffusion* dengan tambahan *vacuum heat treatment* mengalami perubahan dari *vanadium carbide* menjadi lebih merata. Menurut (Aghaie, 2008) melakukan penelitian dengan material baja DIN 1.2367 menyatakan bahwa material dengan tambahan *vanadium carbide* akan jauh lebih baik dari segi kekerasan maupun ketahanan keausannya.

3.3.2 Pengujian Kekerasan dengan Vickers

Tabel 3.3 Perbandingan Uji Kekerasan dengan Vickers *microhardness tester FM-800*

Toyota Diffusion		Toyota Diffusion-Vacuum	
Jarak	Kekerasan	Jarak	Kekerasan
Surface	943	Surface	956
0.05	682.2	0.05	568.8
0.2	667.1	0.2	545.1
0.5	685.7	0.5	583.6
0.8	671	0.8	604.5
1	684.4	1	620.7
1.5	686.7	1.5	680.5
2	670.2	2	687.6
2.5	682.6	2.5	667.6
3	680	3	667.7
core	656.1	core	682.6



Gambar 3.4 Perbandingan Uji Kekerasan dengan Vickers

Analisa pada tabel diatas menjelaskan nilai dari uji kekerasan dari enam spesimen menggunakan dua variasi heat treatment yang berbeda yaitu perlakuan *toyota diffusion* dan *toyota diffusion* dengan tambahan *vacuum heat treatment*, masing-masing perlakuan menggunakan sepuluh titik dari lapisan luar sampai ke inti dari spesimen menggunakan beban 50gf. Dari enam spesimen tersebut, uji kekerasan mengalami nilai kekerasan yang tidak stabil, hal itu dikarenakan adanya pembentukan *vanadium carbide* yang tidak merata. Pada pengujian ini didapatkan kekerasan maksimum sebesar 59.9

HRC pada perlakuan *toyota diffusion* dengan kedalaman 1.5mm dan mempunyai kekerasan minimum sebesar 52.1 HRC pada perlakuan *Toyota diffusion* dengan tambahan *vacuum* dengan kedalaman 0.2mm.

kekerasan setelah di vakum lebih kecil tapi hasil dari vakum akan mengakibatkan nilai keausan lebih baik karena *vanadium carbide* akan lebih merata pada *substrat* material. Menurut (Suryo, 2017) melakukan penelitian tentang pengaruh *physical vapour deposition* dengan tambahan *vacuum heat treatment* dan *tempering* pada baja SKD 11, pengujian kekerasan dilakukan menggunakan teknik *Vickers* pada mesin mikro *Vickers AKASHI MVK- E* dengan pembebanan 300g. Menyatakan bahwa pengujian *Vickers* dilakukan pada masing-masing spesimen, dari pengujian tersebut didapat bahwa *vacuum heat treatment* dan *tempering* hanya untuk mengurangi tegangannya.

3.4 Pengujian Keausan

Pengujian keausan pada material baja SKD 11 menggunakan *wear testing machine* dengan tipe *tokyo high speed Univeral* dan diberi dua perlakuan berbeda, yaitu perlakuan *toyota diffusion* dan *toyota diffusion + Vacuum* dengan masing-masing 3 spesimen.

Tabel 3.4 Uji Keausan dengan *Tokyo High Speed Univeral Wear Testing Machine*

Beban (Kg)	Jarak Tempuh (m)	Waktu (s)	Lebar Alur			Ws (mm ² /kg)	Rata-Rata
			Atas	Tengah	Bawah		
6.36	200	60	19	18	21	4.325 x 10 ⁻⁹	3.442 x 10 ⁻⁹
			19	19	22	3.232 x 10 ⁻⁹	
			18	20	19	2.77 x 10 ⁻⁹	
6.36	200	60	22	24	26	5.567 x 10 ⁻⁹	5.65 x 10 ⁻⁹
			23	25	24	5.567 x 10 ⁻⁹	
			22	24	27	5.811 x 10 ⁻⁹	

Dengan data dari tabel tersebut dapat dihitung ketahanan aus dari material SKD 11 setelah diberi perlakuan *heat treatment* yaitu:

Ketahanan keausan spesifik perlakuan *toyota diffusion* spesimen 1

$$Bo = \frac{(19 + 18 + 21)}{3} \div 3$$

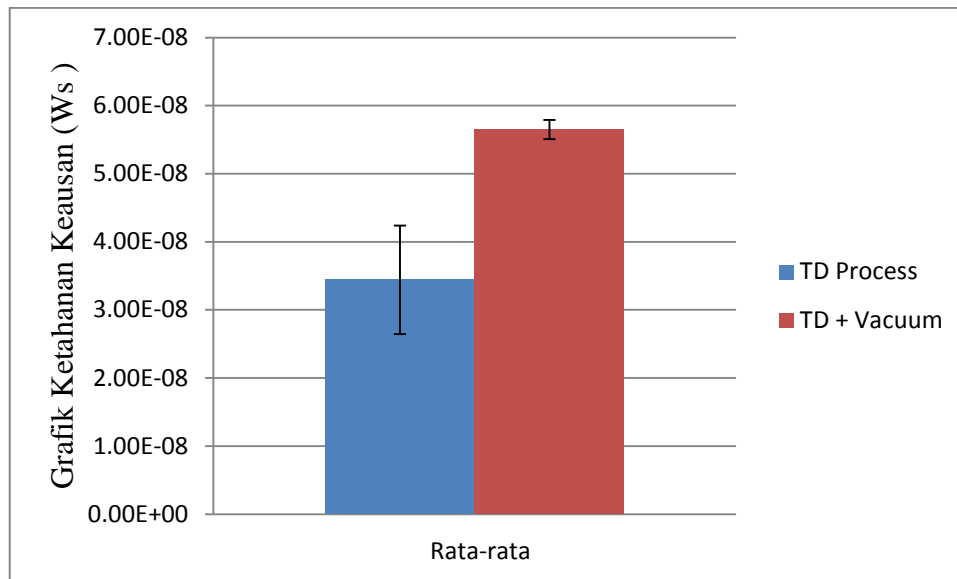
$$Bo = 0.508 \text{ mm}$$

Jadi, nilai keausan spesifiknya adalah:

$$Ws = \frac{B \times Bo^3}{8 \times r \times Po \times Lo}$$

$$Ws = \frac{3mm \times 0.508mm^3}{8 \times 13.3mm \times 6.36kg \times 200000mm}$$

$$Ws = 4.325 \times 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{kg}$$



Gambar 3.5 Grafik Perbandingan nilai total Uji Ketahanan Keausan dengan Tokyo High Speed Universal Wear Testing Machine

Analisa pada grafik 4.4 dan perhitungan pengujian ketahanan aus tersebut menjelaskan nilai dari uji keausan dari enam spesimen menggunakan dua variasi heat treatment yang berbeda yaitu perlakuan *Toyota diffusion* dan *toyota diffusion* dengan tambahan *vacuum heat treatment*, dengan kecepatan abrasi yang sama yakni 0,250 m/det dan dalam waktu 60 detik. Beban dan jarak yang digunakan divariasikan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.1 diatas. Hasil dari pengujian diatas didapatkan nilai ketahanan aus pada material yang hanya diberi perlakuan *Toyota diffusion* lebih baik dengan nilai rata-rata ketahanan aus 3.442×10^{-9} mm²/kg daripada material dengan *Toyota diffusion* dengan penambahan *vacuum heat treatment* yaitu dengan nilai rata-rata ketahanan aus 5.648×10^{-9} mm²/kg.

Proses pemanasan yang berulang akan mengakibatkan kekerasan material akan mengalami penurunan. Budiansyah, (2014) melakukan penelitian tentang proses *toyota diffusion* dengan material SKD 11 secara berulang, dalam penelitian ini mengakibatkan kekerasan, ketebalan dan kadar karbon yang didapat berkurang seiring dengan banyaknya pengulangan proses. Pengurangan kekerasan permukaan yang dihasilkan pada TD I, II dan III dalam penelitian ini ialah 3481 HV, 3105 HV, dan 2943 HV. Sedangkan untuk kekerasan substratnya ialah 1110 HV, 774 HV, dan 766 HV, pengurangan ketebalan lapisan TD yang didapat pada TD I, II dan III dalam penelitian ini 8.8 µm, 6.1 µm dan 4.6 µm, dan pengurangan kadar karbon pada substrat yang didapat pada TD I, II dan III dalam penelitian ini 3.3%, 2.38% dan 2.2%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan rumusan masalah serta hasil dari penelitian sifat mekanis dan struktur mikro tentang pengaruh *diffusion coating* dan *diffusion coating* dengan tambahan *vacuum heat treatment* pada bahan baja SKD 11, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil analisa dari perlakuan *diffusion coating* dan *diffusion coating* dengan tambahan *vacuum*, setelah pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa setelah perlakuan *diffusion coating* memberikan lapisan setebal 9 mikro meter pada lapisan material SKD 11. Lapisan itu diduga adalah *vanadium carbide*, tidak hanya di permukaan saja namun juga lapisan tersebut masuk kedalam *substrat* dari material tersebut yang membuat sifat mekanisnya meningkat.
2. Hasil analisa dari perlakuan *diffusion coating* dan *diffusion coating* dengan tambahan *vacuum*, setelah pengujian kekerasan mendapatkan nilai 956 HV pada bagian

permukaan dan 628 HV pada bagian substratnya nilai tersebut meningkat dari sebelum perlakuan yang nilai awalnya 200 HV. Hasil pengujian ketahanan keausan juga menunjukkan hasil yang baik yaitu 3.442×10^{-9} pada perlakuan diffusion coating dan 5.65×10^{-9} pada *diffusion coating* dengan tambahan *vacuum*.

REFERENCES

- [1] Budiansyah, O., & Ariati, M., M. 2014. *Pengaruh Proses Toyota Diffusion (TD) Berulang Terhadap Kekerasan, Struktur Mikro, Dan Penurunan Kadar Karbon Baja SKD11*. Universitas Indonesia.
- [2] Khafri, A. 2008. Vanadium carbide coatings on die steel deposited by the thermo-reactive diffusion technique. *Journal of Physics and Chemistry of Solids* 69 (2008) 2465– 2470
- [3] Sulamet, R.D., Pengaruh suhu tempering terhadap SKD 11 Mod., *Mesin - Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2006, Vol. 8, No. 3.
- [4] Suryo, R. 2017. Studi banding pelapisan material SKD 11 dengan metode Physical Vapour Deposition pada komponen insert dies mesin stamping press. Vol. 06, No. 1.
- [5] Sugondo, L., R., dan Pudjianto, B., A. 2006. Pelapisan Baja Tipe ST-37 dengan Nano Powder Pack Boron Karbida. *J. Tek. Bhn. Nukl.* Vol. 2 No. 2