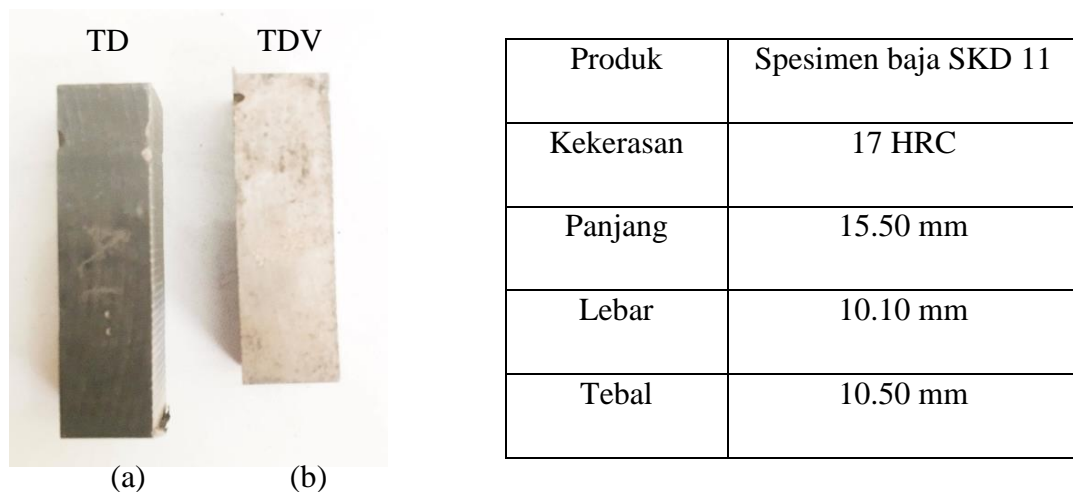


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Spesimen SKD 11

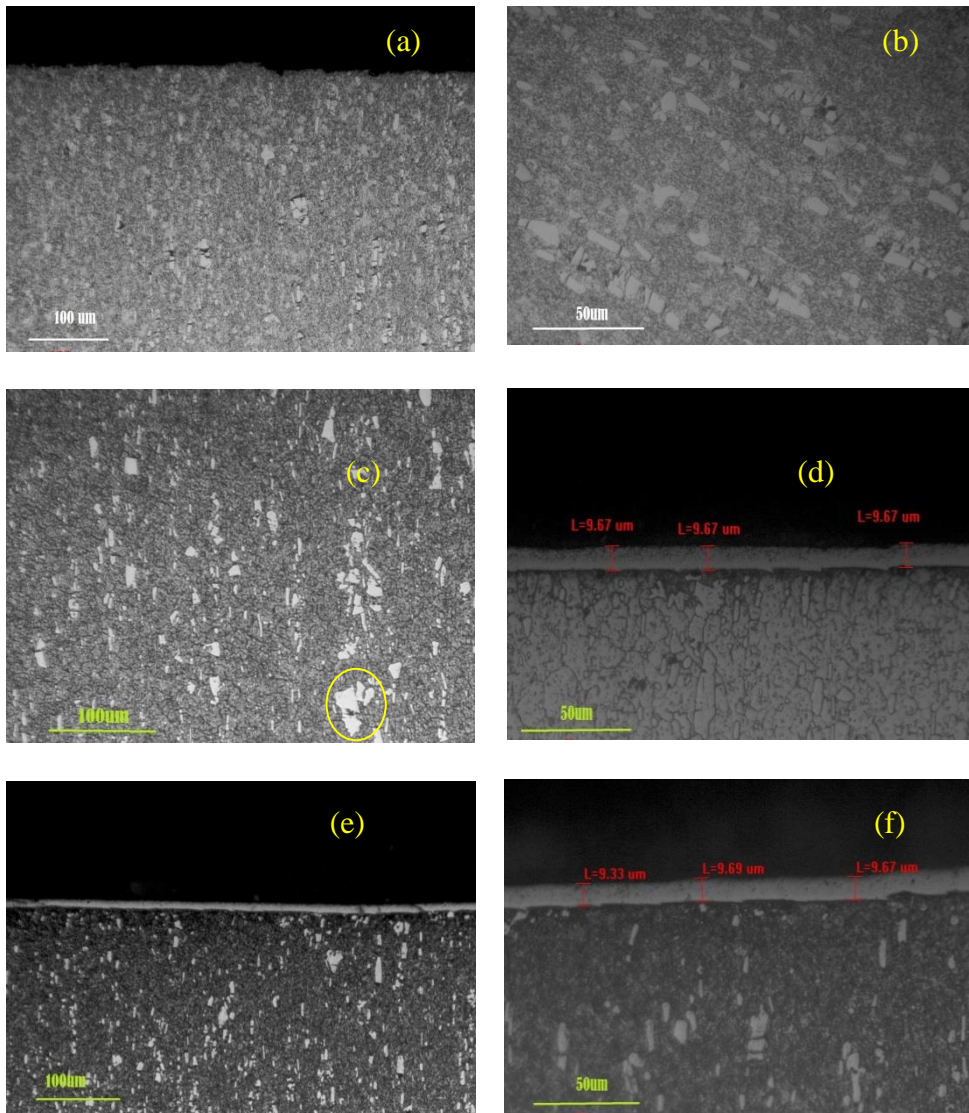
Hasil spesimen SKD 11 yang diberi perlakuan *toyota diffusion* dan *toyota diffusion* dengan *vacuum* pada Gambar 4.1 serta sudah disesuaikan dengan parameter yang digunakan pada saat pengujian.



Gambar 4.1 Material SKD 11 Setelah Perlakuan *Toyota Diffusion* (a) dan *Toyota Diffusion dengan Vacuum* (b)

4.2 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 4.2 Struktur Mikro dari Baja SKD 11 (a)Sebelum perlakuan (b)Sebelum perlakuan 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 4.1 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*.

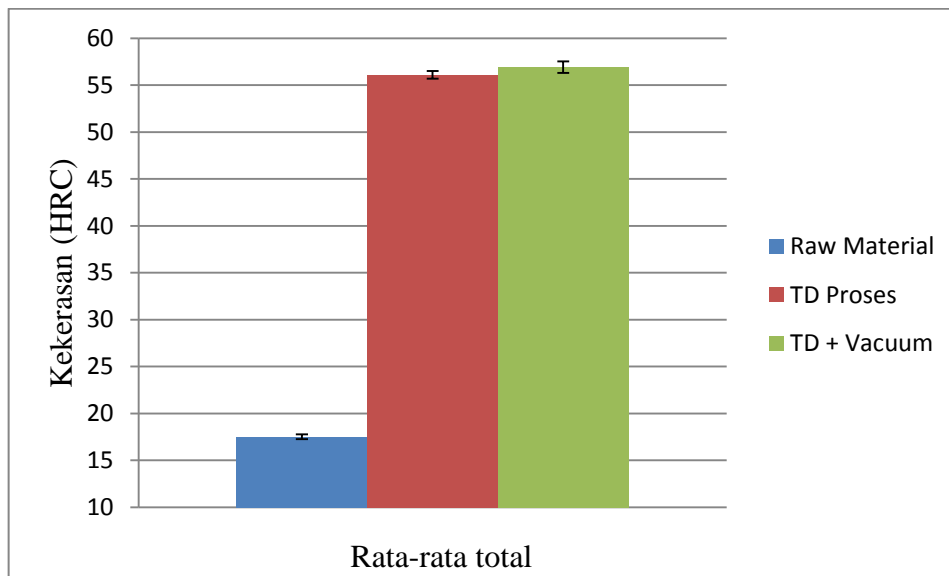
4.3 Hasil Pengujian Kekerasan

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.

4.3.1 Pengujian Kekerasan dengan Rockwell C

Tabel 4.2 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 4.3 Perbandingan Uji Kekerasan dengan *Rocwell C*

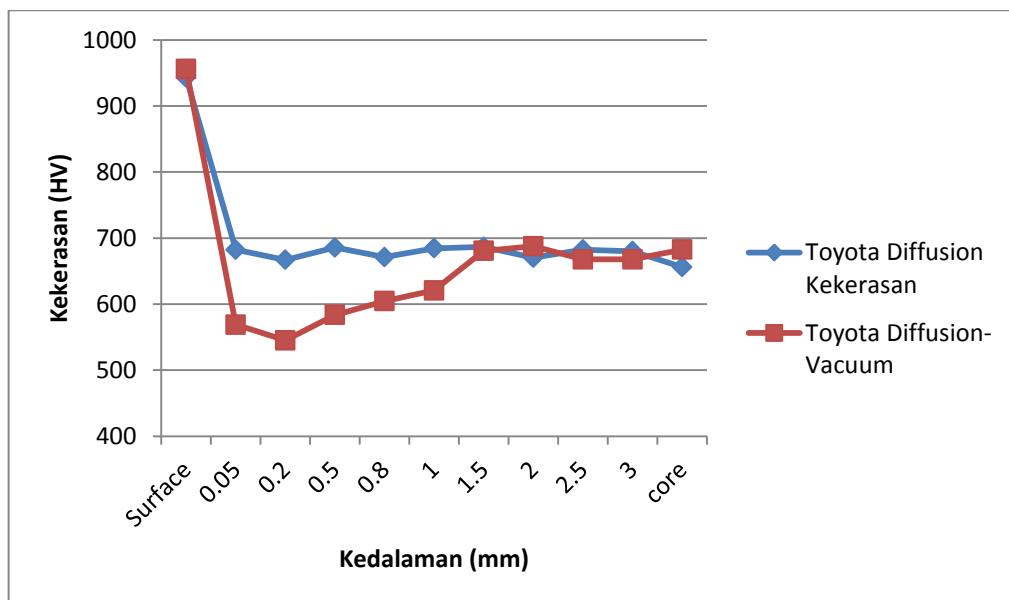
Analisa pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.3 menjelaskan nilai dari uji kekerasan dari enam spesimen menggunakan dua variasi heat treatment yang berbeda yaitu perlakuan *Toyota diffusion* dan *toyota diffusion* dengan tambahan *vacuum heat treatment*, masing-masing perlakuan menggunakan lima kali percobaan 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 (Khafri, 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.

4.3.1 Pengujian Kekerasan dengan Vickers

Tabel 4.3 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 4.4 Perbandingan Uji Kekerasan dengan *Vickers*

Analisa pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.4 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 tampering hanya untuk mengurangi tegangannya.

4.4 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 4.4 Uji Keausan dengan *Tokyo High Speed Universal Wear Testing Machine*

Beban (Kg)	Jarak Tempuh (m)	Waktu (s)	Lebar Alur			Keausan Spesifik (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

$$Bo = \frac{(19 + 18 + 21)}{38} \div 3$$

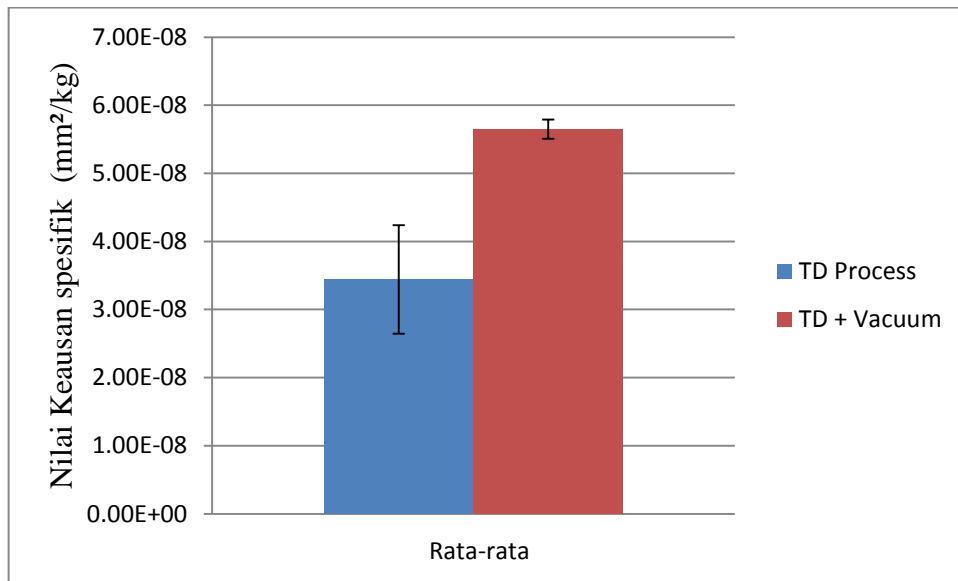
$$Bo = 0.508 \text{ mm}$$

Jadi, nilai keausan spesifiknya adalah:

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

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

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



Gambar 4.5 Perbandingan nilai total Uji Ketahanan Keausan dengan *Tokyo High Speed Universal Wear Testing Machine*

Analisa pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.3, 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 4.3 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 $3.442 \times 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{kg}$ daripada material dengan *Toyota diffusion* dengan penambahan *vacuum heat treatment* yaitu dengan nilai rata-rata ketahanan aus $5.648 \times 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{kg}$.

Proses pemanasan yang berulang akan mengakibatkan kekerasan material akan mngalami 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%.