

PENGARUH LAPISAN DIAMOND LIKE CARBON HASI PROSES PLASMA CHEMICAL VAPOUR DEPOSITION PADA BAJA AISI 410 YANG DIANIL TERHADAP KETANGGUHAN

**Dwi Febriyanto , Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T., IPM.
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah
Surakarta**

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ketangguhan terhadap lapisan DLC dengan metode PCVD, maka pada proses pembentukan lapisan DLC dengan metode PCVD menggunakan parameter tekanan sebesar 1,0, 1,2, 1,4, 1,6 mbar, waktu 4 jam dan temperatur 400°C. Pada penelitian ini, material yang digunakan yaitu baja AISI 410 dilakukan perlakuan panas menggunakan temperatur 850°C dengan waktu penahanan 20 menit. Teknik yang digunakan adalah DLC dengan metode PCVD menggunakan campuran plasma argon dan gas acetylene. Kemudian dilakukan pengujian SEM-EDS mengacu pada standart ASTM E986 dan pengujian ketangguhan dengan metode charpy mengacu pada standart ASTM E23. Dari hasil pengujian SEM-EDS didapatkan hasil ketebalan lapisan rata-rata pada tekanan 1,0 mbar sebesar 12,353 μm , 1,2 mbar sebesar 12,997 μm , 1,4 mbar sebesar 15,213 μm dan 1,6 mbar sebesar 15,493 μm . Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tekanan maka ketebalan lapisan akan semakin meningkat. Dari hasil pengujian ketangguhan didapatkan harga impak pada baja AISI 410 anil sebesar 0,556 j/mm^2 , pada proses PCVD tekanan 1,0 mbar didapatkan harga impak sebesar 0,302 j/mm^2 , tekanan 1,2 mbar sebesar 0,315 j/mm^2 , tekanan 1,4 sebesar 0,7 j/mm^2 , tekanan 1,6 mbar sebesar 0,508 j/mm^2 . Pada tekanan 1,0-1,4 mengalami kenaikan dan tekanan 1,4-1,6 mengalami penurunan. Setelah dilakukan proses PCVD terjadi penurunan pada nilai ketangguhan. Kecuali pada proses PCVD 1,4 mengalami kenaikan menghasilkan harga impak sebesar 0,7 j/mm^2 hal ini disebabkan adanya daerah yang liat pada permukaan patah.

Kata Kunci : Baja AISI 410, Annealing, PCVD, SEM-EDS, Ketangguhan.

Abstract

This research aims to determine the effect of toughness on the DLC layer using the PCVD method, so the process of forming the DLC layer using the PCVD method uses pressure parameters of 1.0, 1.2, 1.4, 1.6 mbar, time 4 hours and temperature 400°C. In this research, the material used, namely AISI 410 steel, was heat treated using a temperature of 850°C with a holding time of 20 minutes. The technique used is DLC with the PCVD method using a mixture of argon plasma and acetylene gas. Then SEM-EDS testing was carried out referring to the ASTM E986 standard and toughness testing using the Charpy method referring to the ASTM E23 standard. From the SEM-EDS test results, the average layer thickness at a pressure of 1.0 mbar was 12.353 μm , 1.2 mbar was 12.997 μm , 1.4 mbar was 15.213 μm and 1.6 mbar was 15.493 μm . So it can be concluded that the higher the pressure, the layer thickness will increase. From the toughness test results, it was found that the impact value for annealed AISI 410 steel was 0.556 j/mm^2 , in the PCVD process at a pressure of 1.0 mbar, the impact value was 0.302 j/mm^2 , 1.2 mbar pressure was 0.315 j/mm^2 , pressure was 1.4 of 0.7 j/mm^2 , 1.6 mbar pressure of 0.508 j/mm^2 . At 1.0-1.4 the pressure increases and at 1.4-1.6 the pressure decreases. After the PCVD

process was carried out, there was a decrease in the toughness value. Except that in the PCVD 1.4 process there was an increase resulting in an impact value of 0.7 j/mm², this was due to the presence of ductile areas on the fracture surface.

Keywords: AISI 410 Steel, Annealing, PCVD, SEM-EDS, Toughness.

1. PENDAHULUAN

Baja tahan karat martensit, seperti AISI 410, menonjol dengan kekuatan, ketangguhan, dan ketahanan korosi yang luar biasa baik pada suhu kamar maupun suhu tinggi, menjadikannya pilihan utama dalam berbagai industri termasuk ruang angkasa, otomotif, dan petrokimia (Zhang dkk, 2021). Komposisi AISI 410 terdiri dari karbon dan kromium sebagai unsur utama, dengan kandungan karbon maksimum 0,15% berat dan kromium 11,5 - 13,5% berat, yang menjadikannya tahan terhadap korosi dalam lingkungan dengan tingkat korosi rendah (Senopati dkk, 2016).

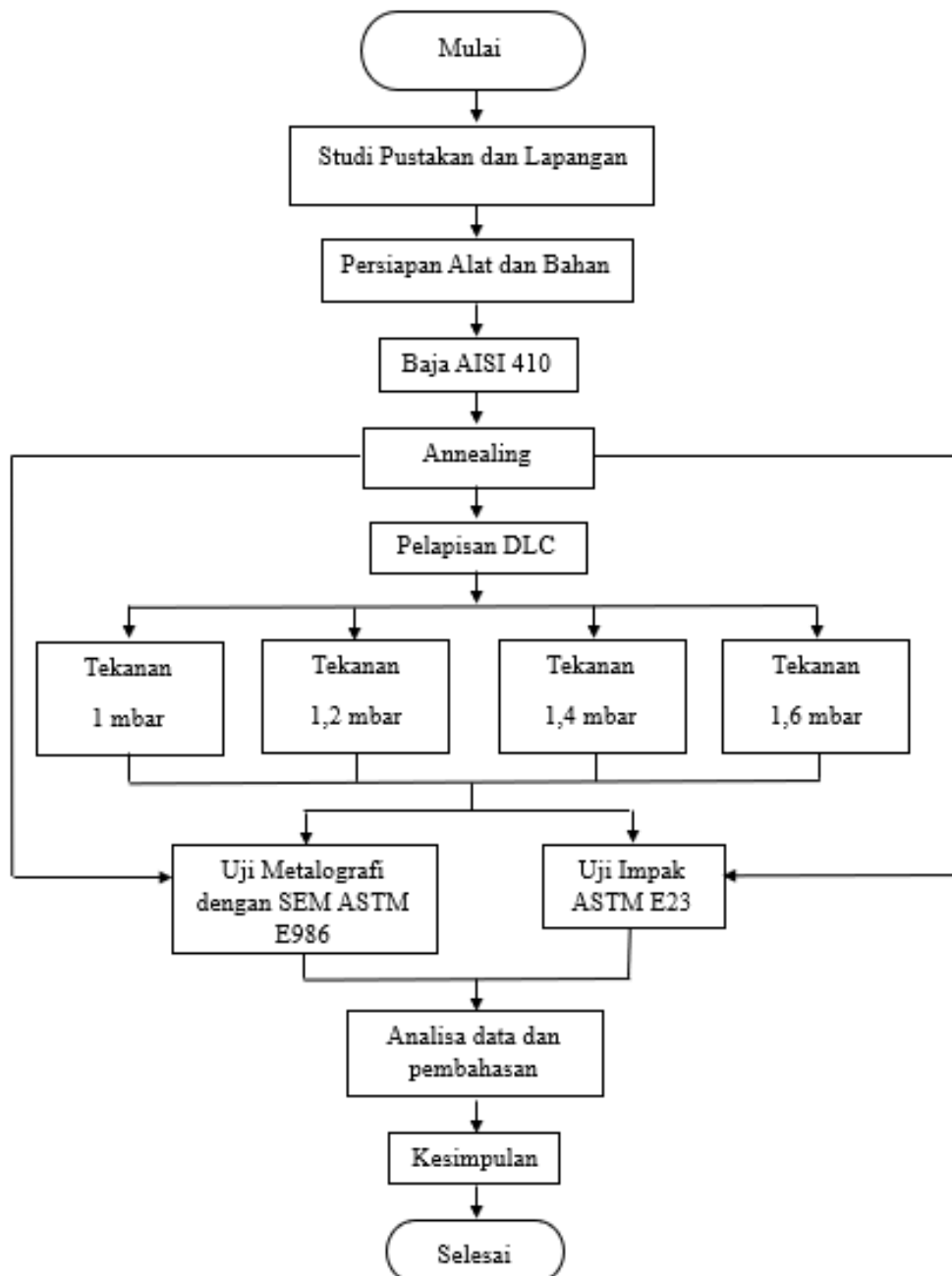
Sifat keras dan getas dari baja AISI 410 memerlukan perlakuan panas untuk meningkatkan sifat mekaniknya, seperti annealing yang dapat meningkatkan kelunakan, keliatan, dan ketangguhan, serta menghasilkan struktur mikro yang diinginkan (Darmawan dan Masyrukan, 2019). Selain itu, untuk aplikasi komponen yang bergesekan, perlakuan permukaan seperti Plasma Chemical Vapour Deposition (PCVD) digunakan untuk meningkatkan ketahanan terhadap kelelahan, keausan, dan korosi dari permukaan material dengan lapisan Diamond Like Carbon (DLC). DLC dikenal karena sifatnya yang termasuk koefisien gesekan rendah, stabilitas kimia tinggi, dan tingkat kekerasan yang tinggi (Sujitno dkk, 2019).

Proses PCVD untuk pembentukan lapisan DLC biasanya melibatkan campuran gas hidrokarbon dan argon, namun penggunaan Liquefied Petroleum Gas (LPG) sebagai alternatif lebih murah dan tersedia secara luas (Suprpto dkk, 2018). Studi terkait menunjukkan bahwa penambahan lapisan DLC pada permukaan baja AISI 410 dapat secara signifikan meningkatkan kekerasan permukaan dan ketahanan terhadap deformasi, mengoptimalkan performa material dalam berbagai aplikasi industri (Anhar dkk, 2017; Sujitno dkk, 2019).

Penelitian terbaru mengenai pengaruh lapisan DLC terhadap ketangguhan baja AISI 410 menyoroti pentingnya aplikasi teknologi ini dalam memperbaiki sifat mekanik material, membuka potensi baru dalam pengembangan dan penerapan material yang lebih efisien dan handal di masa depan.

2. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui sebab-akibat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh lapisan diamond like carbond hasil proses plasma chemical vapour deposition pada baja aisi 410 yang dianil terhadap ketangguhan.

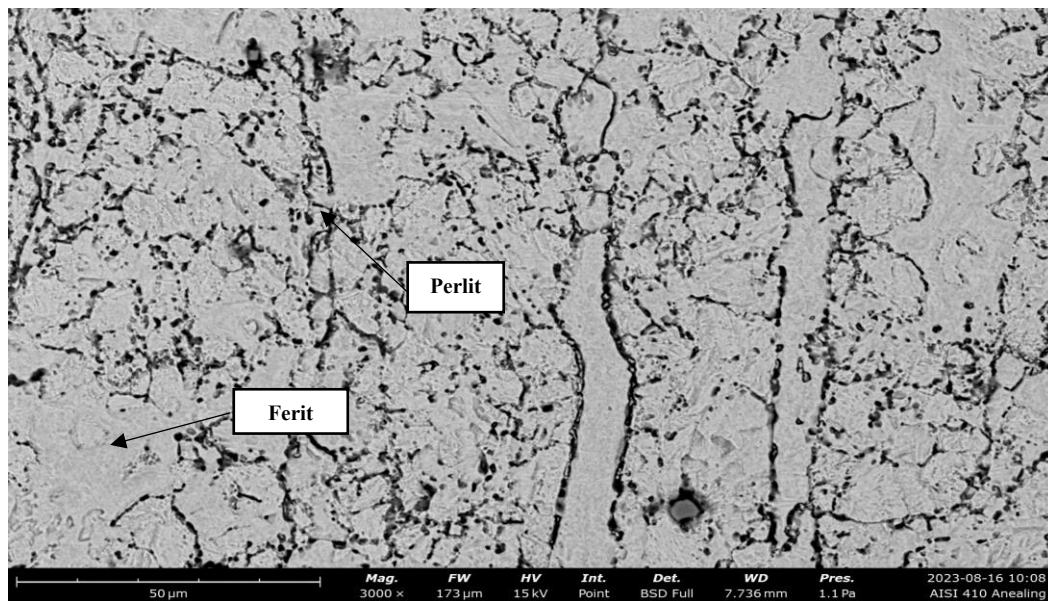


Gambar 1 Diagram Alir Penelitian (*Flow Chart*)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini memaparkan hasil-hasil dari tahapan penelitian mulai dari analisis dan hasil dari pengujian. Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan dengan mengacu pada seluruh rangkaian *flowchart* penelitian, maka diperoleh hasil pengujian SEM-EDS dan hasil pengujian ketangguhan.

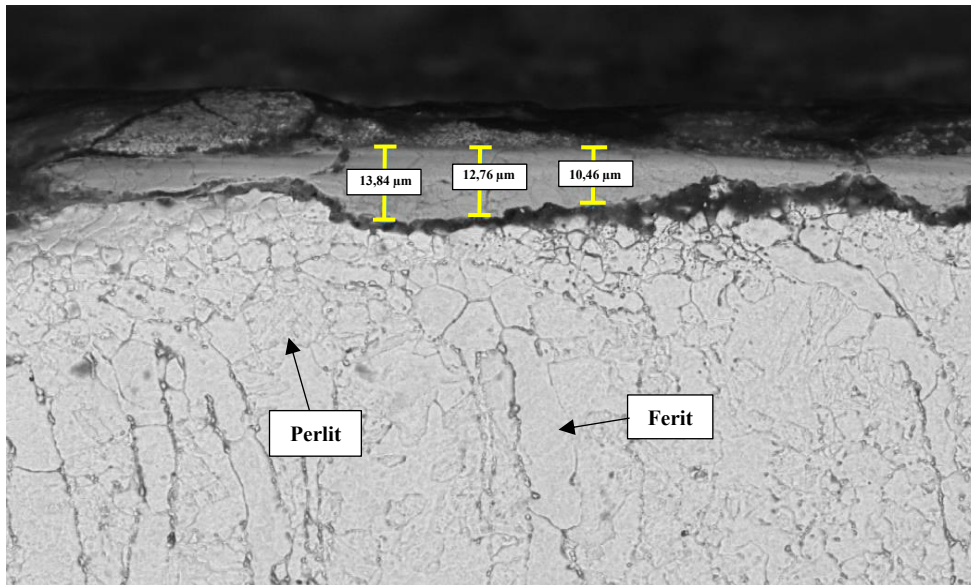
3.1 Hasil Pengujian Matalografi Dengan SEM Baja Tahan Karat AISI 410 Yang Dianil



Gambar 2 Baja Tahan Karat AISI 410 Yang Dianil

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa struktur mikro pada sampel adalah perlit dan ferit. Fasa perlit adalah struktur mikro untuk baja eutektoid yang didinginkan dengan lambat melalui temperature eutektoid yang terdiri dari lapisan dua fasa berbeda (α dan Fe_3C) yang terbentuk secara bersamaan selama transformasi. Banyak sedikitnya perlit dipengaruhi karena kandungan karbon. Semakin sedikit kandungan karbon maka sedikit kandungan perlit. Sedangkan fasa ferit mempunyai sifat lunak dan lebih mudah berkarat, fasa ferit yang berbentuk seperti pulau kecil berwarna putih yang tersebar merata hampir seluruh area. Adanya fasa ferit mengakibatkan menurunnya sifat kekerasan pada baja AISI 410, fasa ferit memiliki sifat memicu nukleasi dan penggabungan microvoid dan dapat menimbulkan fracture pada material yang terekspos temperatur tinggi oleh karena itu fasa ferit sangat dibatasi jumlahnya agar sifat mekanik dari material dapat dikontrol dengan baik.

3.2 Hasil Pengujian Metalografi Dengan SEM Baja Tahan Karat AISI 410 Yang Diproses PCVD 1,0 mbar

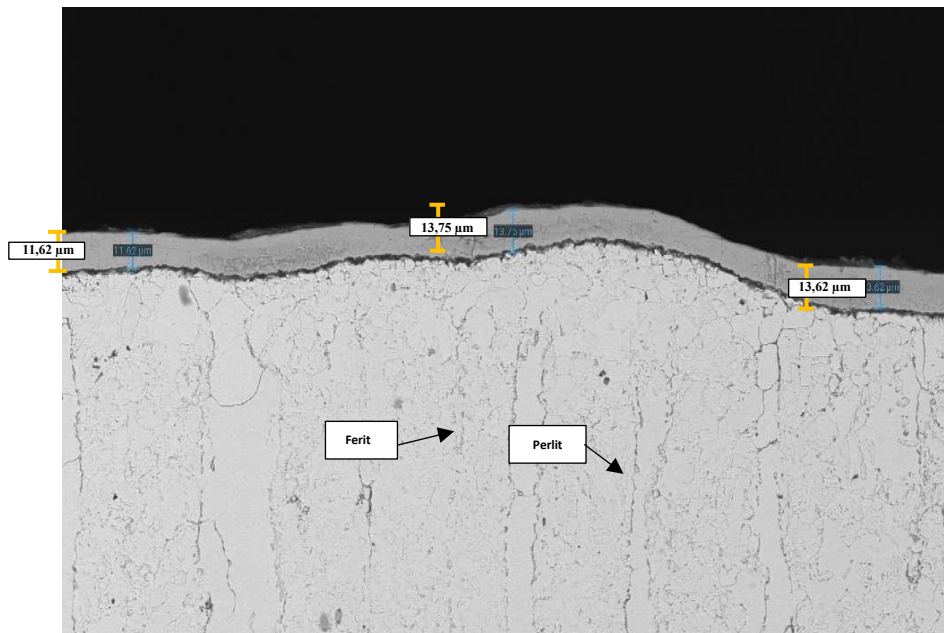


Gambar 3 Ketebalan Lapisan Baja Tahan Karat AISI 410 1,0 mbar

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa struktur mikro pada sampel adalah perlit dan ferit. Fasa perlit adalah campuran sementit dan ferit. Banyak sedikitnya perlit dipengaruhi karena kandungan karbon. Semakin sedikit kandungan karbon maka sedikit kandungan perlit. Sedangkan fasa ferit mempunyai sifat lunak dan lebih mudah berkarat terlihat pada setiap ferit titik kecil yang merupakan karat. Pada gambar 3 ketebalan lapisan baja tahan karat AISI 410 dengan variasi tekanan 1,0 mbar diambil 3 titik ketebalan lapisan dengan hasil masing-masing 13,4 μm , 12,76 μm dan 10,46 μm . Dari ketiga titik tersebut diperoleh rata-rata ketebalan lapisan sebesar 12,353 μm .

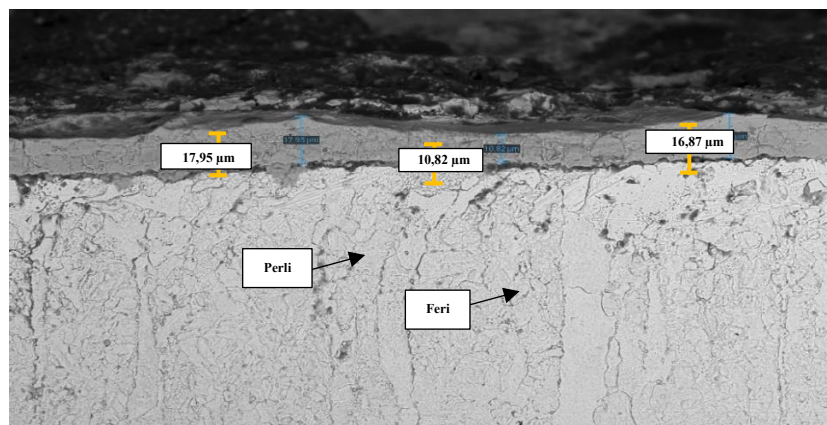
3.3 Hasil Pengujian Metalografi Dengan SEM Baja Tahan Karat AISI 410 Yang Diproses PCVD 1,2 mbar

Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa struktur mikro pada sampel adalah perlit dan ferit. Fasa perlit adalah campuran sementit dan ferit. Banyak sedikitnya perlit dipengaruhi karena kandungan karbon. Semakin sedikit kandungan karbon maka sedikit kandungan perlit. Sedangkan fasa ferit mempunyai sifat lunak dan lebih mudah berkarat terlihat pada setiap ferit titik kecil yang merupakan karat. Pada gambar 4 dapat dilihat ketebalan lapisan baja tahan karat AISI 410 1,2 mbar diambil 3 titik ketebalan lapisan dengan hasil masing-masing 11,62 μm , 13,75 μm dan 13,62 μm . Dari ketiga titik tersebut diperoleh rata-rata ketebalan lapisan sebesar 12,997 μm .



Gambar 4. Ketebalan Lapisan Baja Tahan Karat AISI 410 1,2 mbar

3.4 Hasil Pengujian Metalografi Dengan SEM Baja Tahan Karat AISI 410 Yang Diproses PCVD 1,4 mbar

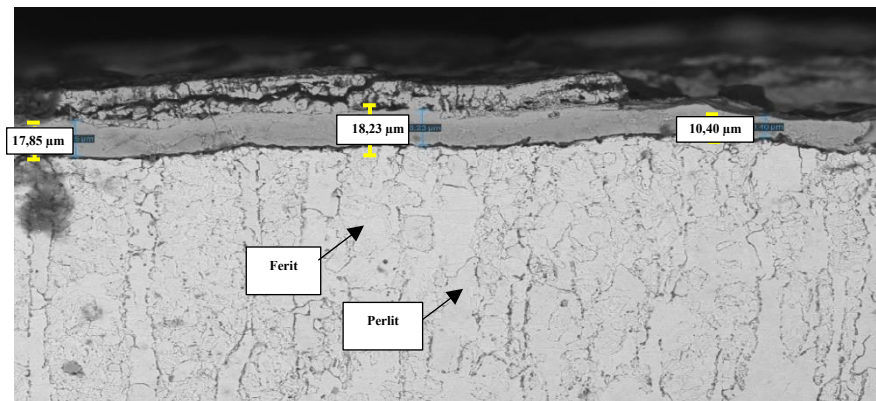


Gambar 5 ketebalan lapisan baja tahan karat AISI 410 1,4 mbar

Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa struktur mikro pada sampel adalah perlit dan ferit. Fasa perlit adalah campuran sementit dan ferit. Banyak sedikitnya perlit dipengaruhi karena kandungan karbon. Semakin sedikit kandungan karbon maka sedikit kandungan perlit. Sedangkan fasa ferit mempunyai sifat lunak dan lebih mudah berkarat terlihat pada setiap ferit titik kecil yang merupakan karat. Pada gambar 5 dapat dilihat ketebalan lapisan pada lapisan baja tahan karat AISI 410 1,4 mbar diambil 3 titik lapisan dengan hasil masing-masing 17,95 μm , 10,82 μm dan 16,87 μm . Dari ketiga titik tersebut diperoleh rata-rata ketebalan lapisan sebesar 15,213 μm .

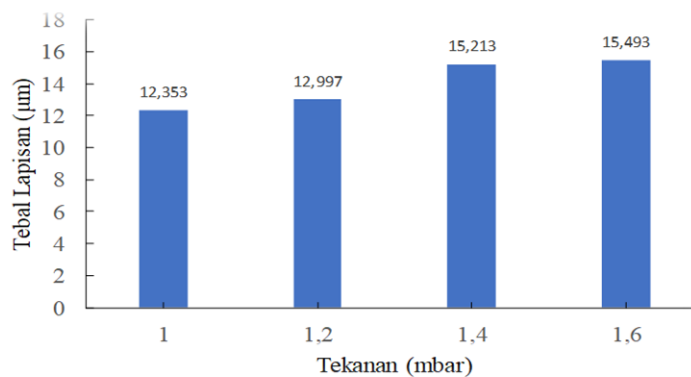
3.5 Hasil Pengujian Metalografi Dengan SEM Baja Tahan Karat AISI 410 Yang Diproses PCVD 1,6 mbar

Berdasarkan Gambar 6 diketahui bahwa struktur mikro pada sampel adalah perlit dan ferit. Fasa perlit adalah campuran sementit dan ferit. Banyak sedikitnya perlit dipengaruhi karena kandungan karbon. Semakin sedikit kandungan karbon maka sedikit kandungan perlit. Sedangkan fasa ferit mempunyai sifat lunak dan lebih mudah berkarat terlihat pada setiap titik kecil yang merupakan karat. Pada gambar 6 dapat dilihat ketebalan lapisan pada lapisan baja tahan karat AISI 410 1,6 mbar diambil 3 titik ketebalan lapisan dengan hasil masing-masing 17,85 μm , 18,23 μm dan 10,40 μm . dari ketiga titik tersebut dapat diperoleh rata-rata ketebalan lapisan sebesar 15,493 μm .



Gambar 6 Ketebalan Lapisan Baja Tahan Karat AISI 1,6 mbar

3.6 Perbandingan Ketebalan Lapisan Diamond Like Carbon Dengan Variasi Tekanan 1,0 mbar, 1,2 mbar, 1,4 mbar dan 1,6 mbar



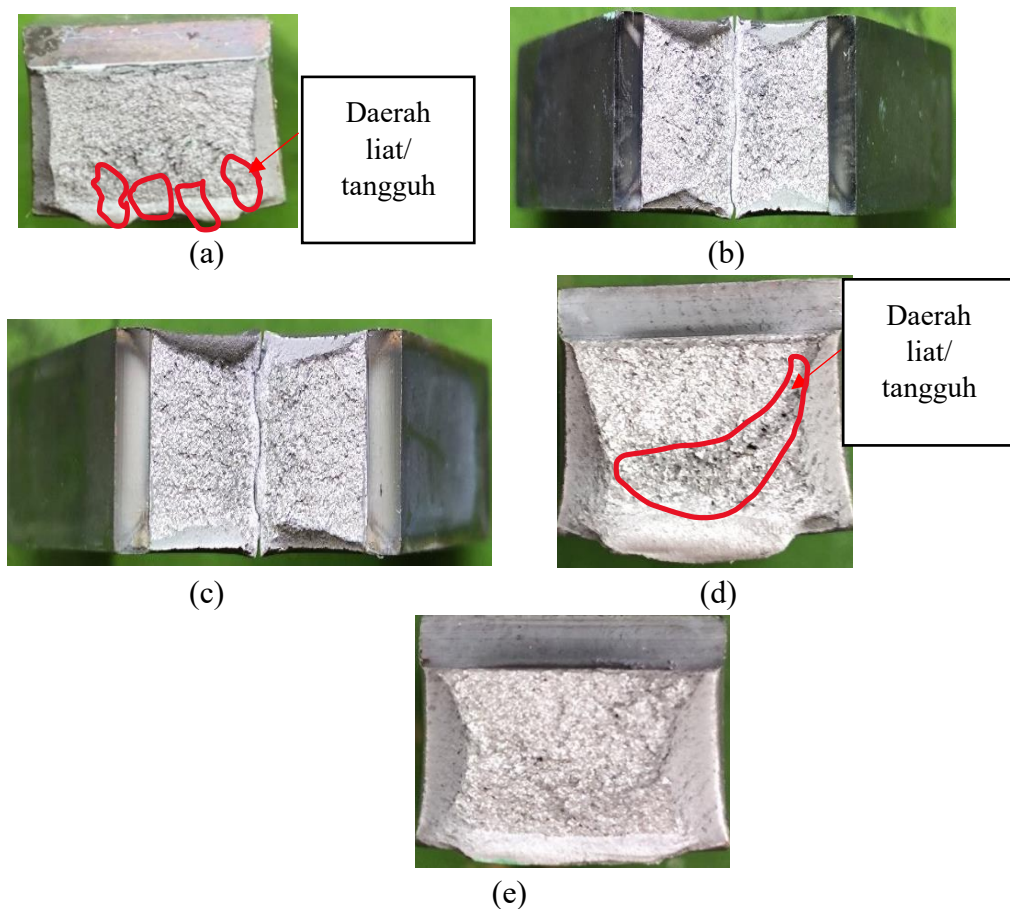
Gambar 7 Hasil Perbandingan Ketebalan Pada Lapisan Diamond Like Carbon

Berdasarkan Gambar 7 ketebalan lapisan DLC dengan variasi tekanan 1,0 mbar mendapatkan ketebalan lapisan rata-rata sebesar 12,353 μm , pada tekanan 1,2 mbar sebesar

12,997 μm , tekanan 1,4 mbar sebesar 15,213 μm dan tekanan 1,6 mbar sebesar 15,493 μm hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi tekanan maka ketebalan lapisan semakin meningkat. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tekanan maka laju transfer semakin cepat sehingga carbon yang keluar semakin banyak dan dideposisikan pada permukaan material.

3.7 Hasil Pengujian Ketangguhan

Pengujian impact atau ketangguhan digunakan untuk mengukur ketangguhan suatu material. Ketangguhan suatu material adalah kemampuan dari suatu material tersebut untuk menyerap energi pada daerah plastis. Pengujian ketangguhan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode Charpy. Pengujian dilakukan dengan memvariasi spesimen uji dengan ketebalan pelapisan DLC yaitu sebesar 1,0 mbar, 1,2 mbar, 1,4 mbar dan 1,6 mbar. Pengujian ini dilakukan pada laboratorium bahan teknik departemen teknik mesin sekolah vokasi universitas gajah mada. Data yang diperoleh dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel 4.2. Alat uji mempunyai panjang lengan ayun sebesar 0.8 meter dan berat pendulum sebesar 20 kilogram.



Gambar 8 Permukaan Patah Pada Baja AISI 410 (a) campuran patah getas dan liat, (b) patah getas, (c) patah getas, (d) campuran patah getas dan liat, (e) patah getas

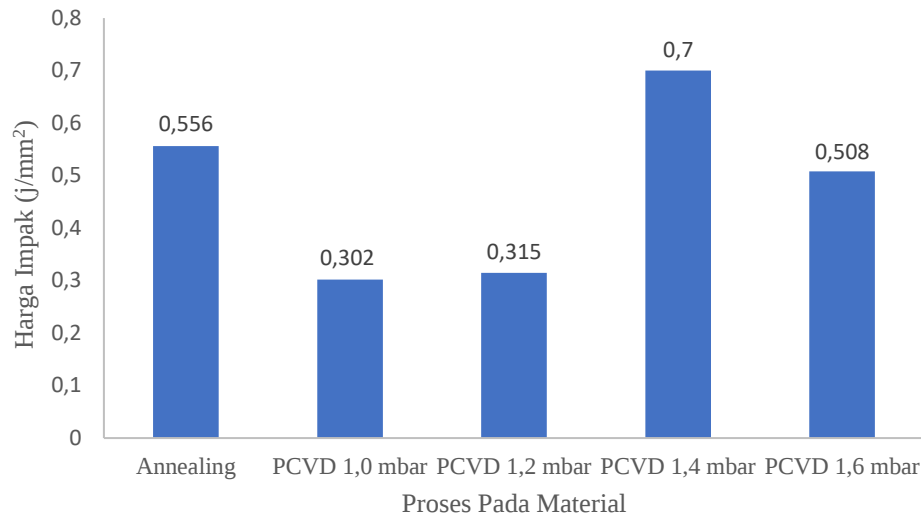
Pola patahan pada material (Gambar 8) setelah pengujian merupakan patah getas (Granular/kristalin) yang ditandai dengan permukaan rata dan mengkilap. Hanya saja pada (Gambar 8 a dan d) terlihat adanya campuran patah getas dan liat diantara patah gelap ditandai area yang berserat dan buram. Area yang berserat dan buram pada baja AISI 410 yang diPCVD 1,4 mbar (Gambar 8 d) lebih luas dari pada area yang berserat dan buram dari AISI 410 yang dianil (Gambar 8 a).

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Impak

No	Kode	Sudut α (°)	Energi terpasang (J)	Sudut β (°)	Energi terserap (J)	Luas (mm ²)	Harga impact (J/mm ²)
1	Annealing	151,0	300	126,5	44,8	80,5	0,556
2	DLC 1,0 mbar	151,0	300	135,4	26,3	87,0	0,302
3	DLC 1,2 mbar	151,0	300	135,0	26,8	85,2	0,315
4	DLC 1,4 mbar	151,0	300	120,5	58,7	83,9	0,700
5	DLC 1,6 mbar	151,0	300	128,0	41,4	81,6	0,508

Dari Gambar 9 menunjukkan nilai harga impak pada annealing, PCVD 1,0 mbar, PCVD 1,2 mbar, PCVD 1,4 mbar dan PCVD 1,6 mbar. Dari grafik tersebut dapat dilihat proses pada material annealing menghasilkan harga impak sebesar 0,556 j/mm², proses pada material yang dilakukan PCVD 1,0 mbar mengalami penurunan menghasilkan harga impak sebesar 0,302 j/mm², proses pada material yang dilakukan PCVD 1,2 mbar mengalami penurunan menghasilkan harga impak sebesar 0,315 j/mm². Proses pada material yang dilakukan PCVD 1,6 mbar juga mengalami penurunan menghasilkan harga impak sebesar 0,508 j/mm². Kecuali pada proses material yang dilakukan PCVD 1,4 mengalami kenaikan dan menghasilkan kenaikan harga impak menjadi 0,7 j/mm² hal ini disebabkan oleh adanya daerah yang liat

pada permukaan patah (Gambar 8 d) lebih banyak dari daerah patah liat pada material yang diannealing (Gambar 8 a).



Gambar 9 Grafik Harga Impak Pada Baja AISI 410 (j/mm²)

4. PENUTUP

Berdasarkan data hasil pengujian Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS) dan uji ketangguhan terhadap material baja AISI 410 dengan proses annealing dan proses PCVD dengan variasi tekanan 1,0 mbar, 1,2 mbar, 1,4 mbar dan 1,6 mbar maka dapat disimpulkan : (1) Dari data hasil pengujian mikro material baja tahan karat AISI 410 dengan variasi tekanan 1,0 mbar, 1,2 mbar, 1,4 mbar dan 1,6 mbar diperoleh hasil bahwa pengaruh tekanan tidak merubah fasa pada substrat baja tahan karat AISI 410. Pada proses pelapisan DLC tekanan 1,0 diambil 3 titik ketebalan lapisan diperoleh rata-rata ketebalan lapisan sebesar 12,353 μm . Pada proses pelapisan DLC tekanan 1,2 diambil 3 titik ketebalan lapisan diperoleh rata-rata ketebalan lapisan sebesar 12,997 μm . Pada proses pelapisan DLC tekanan 1,4 diambil 3 titik ketebalan lapisan diperoleh rata-rata ketebalan lapisan sebesar 15,213 μm . Pada proses pelapisan DLC tekanan 1,6 diambil 3 titik ketebalan lapisan diperoleh rata-rata ketebalan lapisan sebesar 15,493 μm . Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi tekanan maka ketebalan lapisan akan semakin meningkat. (2) Dari hasil pengujian ketangguhan material baja AISI 410 yang dianil dan dilanjutkan dengan proses PCVD tekanan 1,0 mbar didapatkan harga impak sebesar 0,302 j/mm², pada tekanan 1,2 mbar didapatkan harga impak sebesar 0,315 j/mm², pada tekanan 1,4 mbar didapatkan harga impak

sebesar 0,7 j/mm² dan pada tekanan 1,6 mbar didapatkan harga impak sebesar 0,508 j/mm². Pada proses PCVD tekanan 1,0-1,4 mbar mengalami kenaikan sedangkan pada tekanan 1,4-1,6 mbar mengalami penurunan. (3) Setelah dilakukan proses PCVD terjadi penurunan pada nilai ketangguhan. Kecuali pada proses PCVD 1,4 mengalami kenaikan menghasilkan harga impak sebesar 0,7 j/mm² hal ini disebabkan adanya daerah yang liat pada permukaan patah.

DAFTAR PUSTAKA

- ANGGORO, B. T. (2015). *Analisa Kekerasan dan Ketebalan Lapisan DLC pada Material Pahat HSS dengan Variasi Temperatur Proses Pelapisan* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Anhar, W., Jamal, N., & Suprpto, S. (2017). Pengaruh Post-Treatment Plasma CVD Lapisan Diamond-Like Carbon Terhadap Sifat Kekerasan Permukaan Baja Aisi 410. *ROTOR*, 10(1), 62-66.
- Anhar, W., Malau, V., & Sujitno, T. (2017). THE EFFECT OF DEPOSITION TIME OF He-CH₄TO SURFACE ROUGHNESS ON AISI 410 STEEL SURFACE. *ROTOR*, 9(1), 12-14.
- Darmawan, A. S., & Masyrukan. (2019). *Struktur dan Sifat Material*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Saifudin (2017). Perbandingan Karakterisasi Fisis Dan Mekanis Lapisan Diamond-Like Carbon (DLC) Dengan Teknik Plasma Assisted.
- Senopati, G., Sutowo, C., & Maburi, E. (2016). Fenomena Temper Embrittlement Pada Baja Martensitik AISI 410 Untuk Aplikasi Stem Gate Valve 20" Class 150 Grade WCB [Temper Embrittlement Phenomena of AISI 410 Martensitic Steel for Stem Gate Valve 20" Class 150 Grade WCB]. *Metalurgi*, 31(1), 1-6.
- Sujitno, T., Mulyani, E., Suprpto, W. A., Andriyanti, W., Suharlan, D., & Malau, V. (2019). Effect of diamond-like carbon thin film on the fatigue strength of AISI 4340 steel. *Adv. Mater.*, 8(1), 21-26.
- Suprpto, S., Sujitno, T., Andriyanti, W., & Pribadi, B. (2018, September). The formation of diamond like carbon on carbon steel using plasma of argon-liquified petroleum gas mixing. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2014, No. 1). AIP Publishing.
- Wang, Y., Cao, X., Zhang, Z., Huang, K., Peng, G., Fang, T., ... & Wu, J. (2019). Formation and wear performance of diamond-like carbon films on 316L stainless steel prepared by cathodic plasma electrolytic deposition. *Diamond and Related Materials*, 95, 135-140.
- Wei, X., Yin, P., Wu, J., Nie, X., Lu, Z., & Zhang, G. (2021). Deposition of DLC films on the inner wall of U-type pipes by hollow cathode PECVD. *Diamond and Related Materials*, 114, 108308.
- Zhang, Y., Guo, B., Li, Q., Li, X., Jian, J., Jin, Y., & Ao, J. (2021). Damage and cracking prediction of AISI 410 martensitic stainless steel at elevated temperatures. *steel research international*, 92(9), 2100030.