

**Pengaruh Lapisan *Diamond Like Carbon* Hasil Proses  
Plasma Chemical Vapour Deposition Pada Baja AISI 410 Yang Dianil Terhadap  
Ketahanan Aus**

**Dimas Ramadya Putra, Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**ABSTRAK**

Baja AISI 410 termasuk baja tahan karat martensitik yang mempunyai sifat keras dan getas. Proses Annealing merupakan perlakuan panas yang cocok untuk menurunkan kekerasan material. Selain perlakuan panas, perlakuan pada material seperti perlakuan permukaan berupa lapisan diperlukan untuk meningkatkan sifat permukaan material. Salah satu metode dalam pembentukan lapisan pada permukaan material adalah Diamond Like Carbon (DLC). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketebalan lapisan Diamond Like Carbon (DLC) hasil proses Plasma Chemical Vapour Deposition dan ketahanan aus. Perlakuan annealing dilakukan dengan temperatur 850°C dengan holding time 20 menit. Selanjutnya dilakukan proses pelapisan dengan metode Plasma Chemical Vapour Deposition variasi tekanan 1,0 mbar, 1,2 mbar, 1,4 mbar, dan 1,6 mbar pada temperatur 400°C dengan waktu proses pelapisan selama 4 jam. Uji metalografi dengan Scanning Electron Microscope digunakan untuk mengetahui ketebalan lapisan dan uji ketahanan aus menggunakan alat uji Ogoshi Wear Testing. Setelah dilakukan pengujian metalografi diperoleh ketebalan lapisan DLC dengan variasi tekanan 1,0 mbar mendapatkan ketebalan lapisan rata-rata sebesar 12,353  $\mu\text{m}$ , pada tekanan 1,2 mbar sebesar 12,997  $\mu\text{m}$ , tekanan 1,4 mbar sebesar 15,213  $\mu\text{m}$  dan tekanan 1,6 mbar sebesar 15,493  $\mu\text{m}$ . Hasil pengujian keausan pada material annealing menghasilkan nilai keausan spesifik sebesar 0,000495  $\text{mm}^2/\text{kg}$ , variasi PCVD 1,0 mbar nilai keausan spesifik sebesar 0,000423  $\text{mm}^2/\text{kg}$ , pada variasi PCVD 1,2 mbar nilai keausan spesifik sebesar 0,000584  $\text{mm}^2/\text{kg}$ , pada variasi PCVD 1,4 mbar nilai keausan spesifik sebesar 0,000988  $\text{mm}^2/\text{kg}$ , pada variasi PCVD 1,6 mbar nilai keausan spesifik sebesar 0,000584  $\text{mm}^2/\text{kg}$ .

**Kata kunci :** AISI 410, Diamond Like Carbon, Annealing, PCVD, Ketahanan aus

**ABSTRACT**

AISI 410 steel is a martensitic stainless steel which has hard and brittle properties. The annealing process is a heat treatment that is suitable for reducing material hardness. Apart from heat treatment, material treatment such as surface treatment in the form of a layer is needed to improve the surface properties of the material. One method of forming a layer on the surface of the material is Diamond Like Carbon (DLC). This research aims to determine the thickness of the Diamond Like Carbon (DLC) layer resulting from the Plasma Chemical Vapor Deposition process and its wear resistance. The annealing treatment was carried out at a temperature of 850°C with a holding time of 20 minutes. Next, the coating process was carried out using the Plasma Chemical Vapor Deposition method with varying pressures of 1.0 mbar, 1.2 mbar, 1.4 mbar and 1.6 mbar at a temperature of 400°C with a coating process time of 4 hours. Metallography tests with a Scanning Electron Microscope are used to determine layer thickness and wear resistance tests using the Ogoshi Wear Testing test equipment. After carrying out metallographic testing, the thickness of the DLC layer with a pressure variation of 1.0 mbar obtained an average layer thickness of 12.353  $\mu\text{m}$ , at a pressure of 1.2 mbar it was 12.997  $\mu\text{m}$ , a pressure of 1.4 mbar was 15.213  $\mu\text{m}$  and a pressure of 1.6 mbar was 15.493  $\mu\text{m}$ . The results of the wear test on the annealing material produced a specific wear value of 0.000495  $\text{mm}^2/\text{kg}$ , a PCVD variation of 1.0 mbar, a specific wear value of 0.000423  $\text{mm}^2/\text{kg}$ , a PCVD variation of 1.2 mbar, a specific wear value of 0.000584  $\text{mm}^2/\text{kg}$ , a PCVD variation of 1.4 mbar, a specific wear value of 0.000988  $\text{mm}^2/\text{kg}$ , a PCVD variation of 1.6 mbar, a specific wear value of 0.000584  $\text{mm}^2/\text{kg}$ .

in the PCVD variation of 1.4 mbar the specific wear value is 0.000988 mm<sup>2</sup>/kg, in the PCVD variation of 1.6 mbar the specific wear value is 0.000584 mm<sup>2</sup>/kg.

**Keyword :** AISI 410, Diamond Like Carbon, Annealing, PCVD, Wear resistance.

## 1. PENDAHULUAN

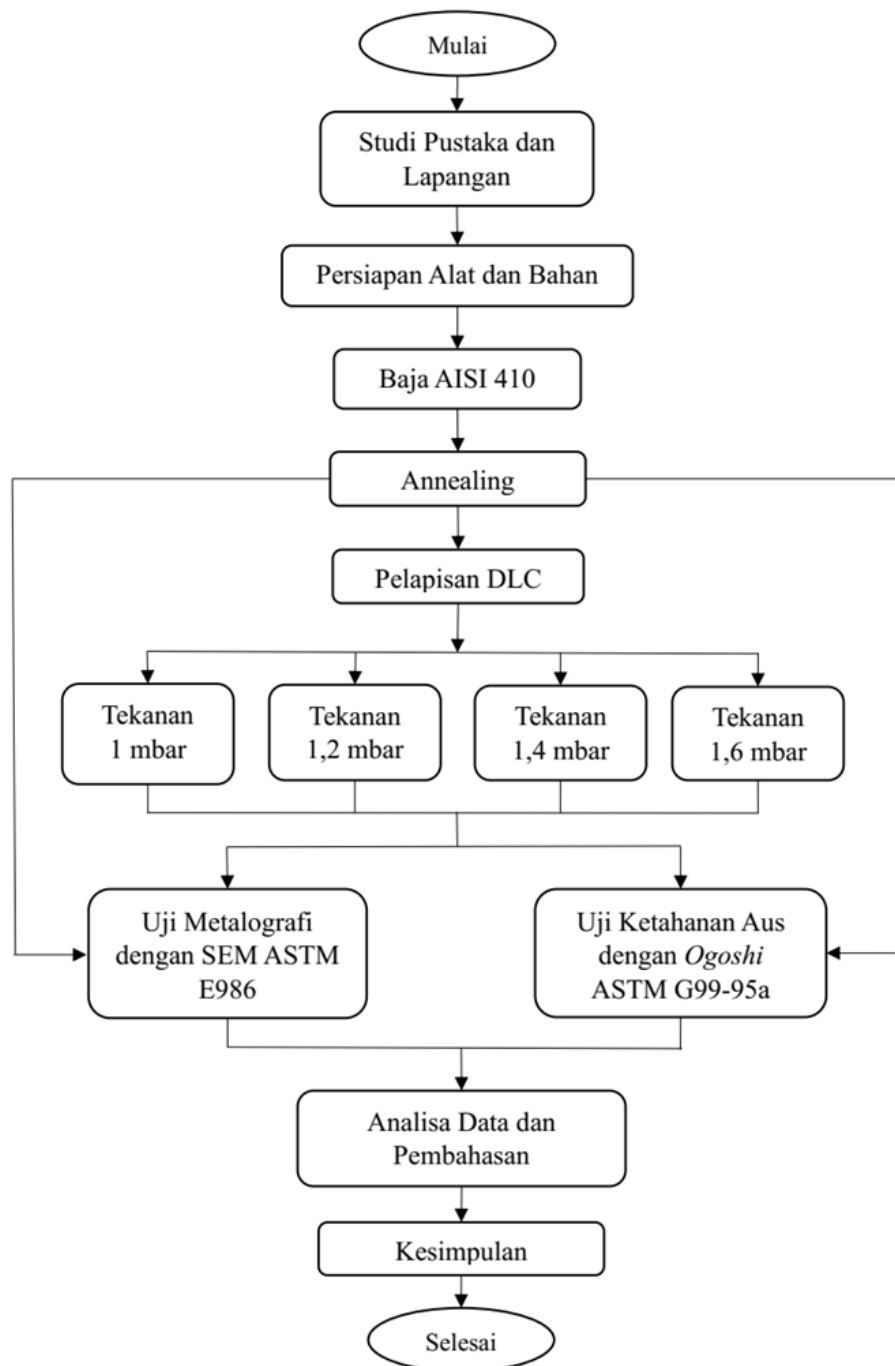
Baja AISI 410 adalah jenis baja tahan karat martensitik yang terkenal karena kekerasannya yang tinggi dan kemampuannya untuk menahan korosi. Baja ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti turbin blade, perkakas, bantalan, serta peralatan bedah dan ortopedi. Sifat martensitiknya memungkinkan baja ini untuk mengalami perlakuan panas dan nitriding guna meningkatkan sifat mekanisnya, seperti kekerasan dan kekuatan, sesuai yang dijelaskan oleh Jatisukanto (2018).

Perlakuan panas, seperti annealing, merupakan teknik penting dalam memodifikasi sifat material. Proses annealing dapat meningkatkan kelunakan, ketangguhan, dan menciptakan struktur mikro yang diinginkan pada baja AISI 410, seperti yang dibahas oleh Darmawan dan Masyrukan (2019). Puspasari dkk. (2020) menekankan bahwa annealing khususnya efektif untuk menurunkan kekerasan material dan mengurangi tegangan sisa yang bisa menyebabkan keretakan pada komponen seperti sudu turbin.

Selain perlakuan panas, perlakuan permukaan juga krusial dalam meningkatkan performa material. Maulana dkk. (2022) menjelaskan bahwa penggunaan Diamond Like Carbon (DLC) melalui metode Plasma Chemical Vapour Deposition (PCVD) adalah salah satu cara efektif untuk meningkatkan kekerasan permukaan, mengurangi gesekan, dan meningkatkan ketahanan terhadap keausan dan korosi pada baja AISI 410. Metode ini melibatkan penambahan unsur intan ke permukaan material, menciptakan lapisan yang sangat keras dan tahan lama di bawah kondisi kerja ekstrim. Proses PCVD sendiri menggunakan plasma untuk membantu deposisi lapisan, seperti yang dijelaskan Anhar dkk. (2017). Penggunaan gas hidrokarbon dalam PCVD memungkinkan proses ini dilakukan pada suhu yang relatif rendah, dengan efisiensi yang baik dalam menciptakan lapisan yang sesuai dengan kebutuhan spesifik material. Studi ini menjadi dasar dari penelitian yang berfokus pada pengaruh lapisan DLC hasil PCVD terhadap ketahanan aus baja AISI 410 yang di anil, sebuah penelitian yang penting untuk mengoptimalkan performa material dalam aplikasi teknik yang memerlukan ketahanan mekanis dan keawetan yang tinggi.

## 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 carbon hasil proses plasma chemical vapour deposition pada baja aisi 410 yang dianil terhadap ketahanan aus.

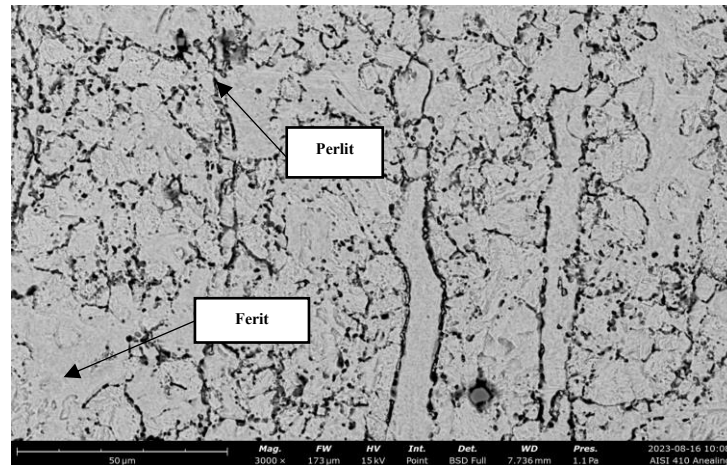


Gambar 1 Diagram Alir Penellitian

### 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.

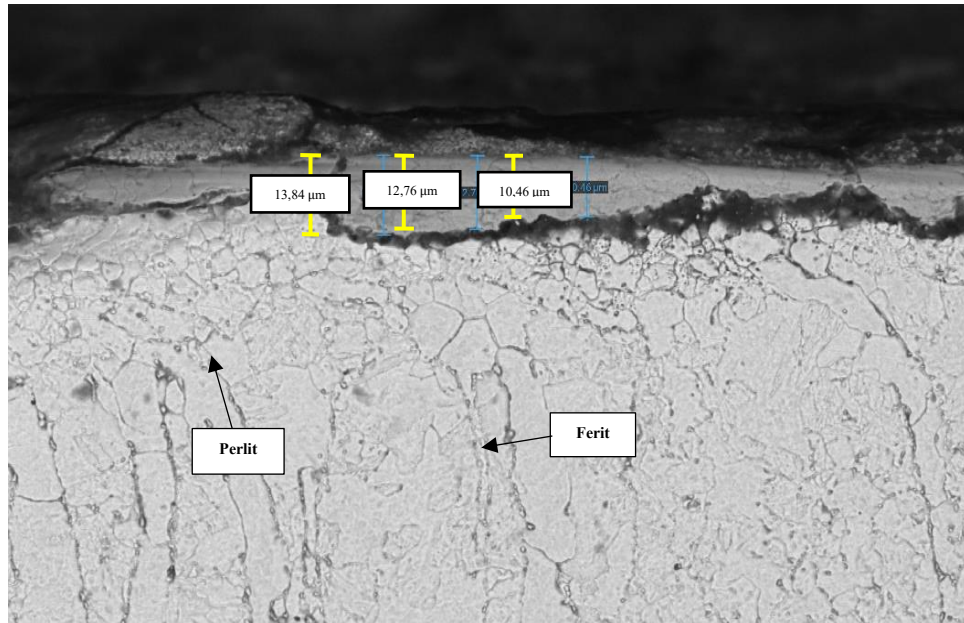
### 3.1 Hasil Pengujian Metalografi Dengan SEM Baja Tahan Karat AISI 410 Yang Dianil



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 temperatur eutektoid yang terdiri dari lapisan dua fasa berbeda ( $\alpha$  dan  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) 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

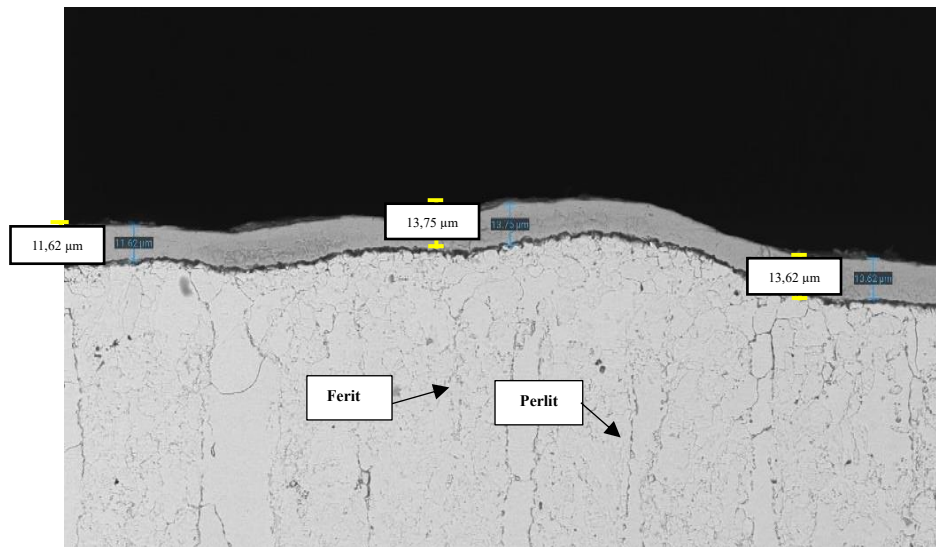


Gambar 3 Ketebalan Lapisan Baja Tahan Karat AISI 410 1,0 mbar

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 4.2 ketebalan lapisan baja tahan karat AISI 410 dengan variasi tekanan 1,0 mbar diambil 3 titik ketebalan lapisan dengan hasil masing-masing 13,4  $\mu\text{m}$ , 12,76  $\mu\text{m}$  dan 10,46  $\mu\text{m}$ . Dari ketiga titik tersebut diperoleh rata-rata ketebalan lapisan sebesar 12,353  $\mu\text{m}$ .

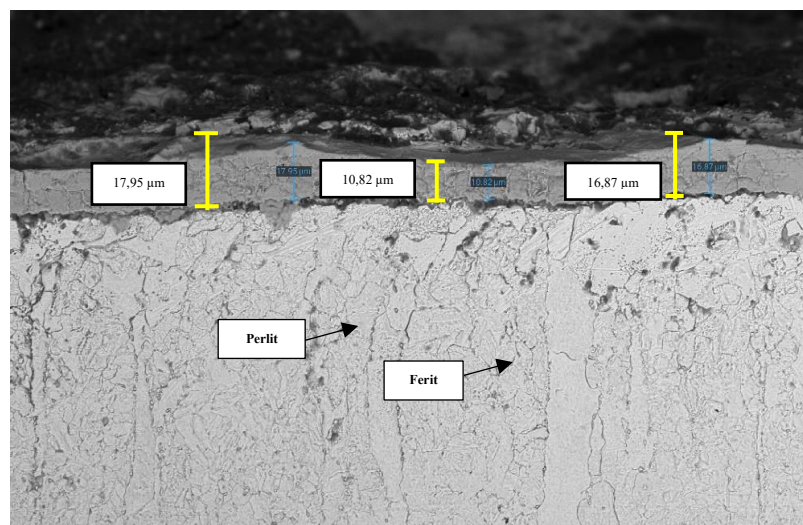
### 3.3 Hasil Pengujian Metalografi Dengan SEM Baja Tahan Karat AISI 410 Yang Diproses PCVD 1,2 mbar

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 4.3 dapat dilihat ketebalan lapisan baja tahan karat AISI 410 1,2 mbar diambil 3 titik ketebalan lapisan dengan hasil masing-masing 11,62  $\mu\text{m}$ , 13,75  $\mu\text{m}$  dan 13,62  $\mu\text{m}$ . Dari ketiga titik tersebut diperoleh rata-rata ketebalan lapisan sebesar 12,997  $\mu\text{m}$ .



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

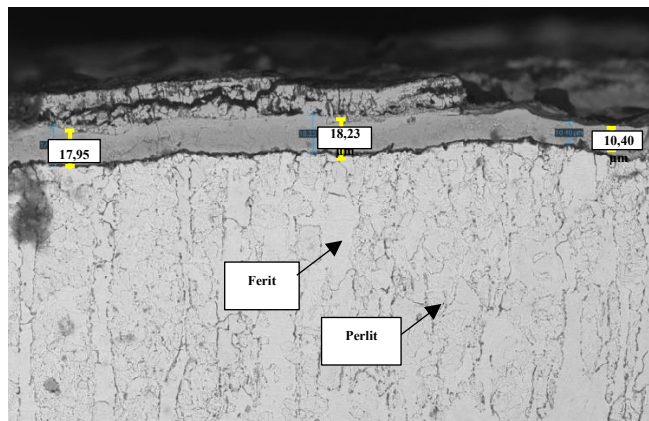


Gambar 5 Ketebalan Lapisan Baja Tahan Karat AISI 410 1,4 mbar

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 4.4 dapat dilihat ketebalan lapisan pada lapisan baja tahan karat AISI 410 1,4 mbar diambil 3 titik lapisan dengan hasil masing-masing 17,95  $\mu\text{m}$ , 10,82  $\mu\text{m}$  dan 16,87  $\mu\text{m}$ . Dari ketiga titik tersebut diperoleh rata-rata ketebalan lapisan sebesar 15,213  $\mu\text{m}$ .

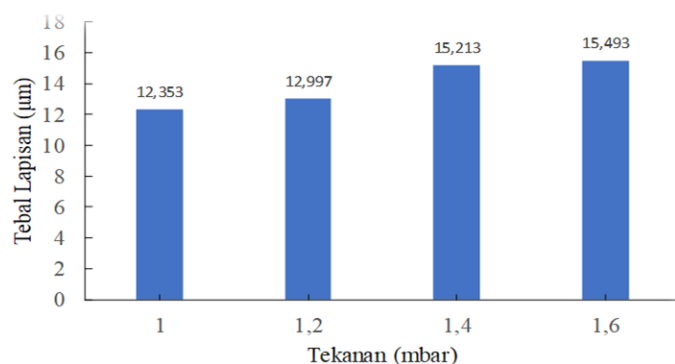
### 3.5 Hasil Pengujian Metalografi Dengan SEM Baja Tahan Karat AISI 410 Yang Diproses PCVD 1,6 mbar

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 4.5 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  $\mu\text{m}$ , 18,23  $\mu\text{m}$  dan 10,40  $\mu\text{m}$ . dari ketiga titik tersebut dapat diperoleh rata-rata ketebalan lapisan sebesar 15,493  $\mu\text{m}$ .



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  $\mu\text{m}$ , pada tekanan 1,2 mbar sebesar

12,997  $\mu\text{m}$ , tekanan 1,4 mbar sebesar 15,213  $\mu\text{m}$  dan tekanan 1,6 mbar sebesar 15,493  $\mu\text{m}$  hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi tekanan maka ketebalan lapisan semakin meningkat.

### 3.7 Hasil Pengujian Keausan

Pengujian keausan digunakan untuk mengukur tingkat keausan suatu material. Keausan didefinisikan sebagai kerusakan pada permukaan padat yang disebabkan oleh hilangnya atau perpindahan material akibat gaya mekanik dari sebuah hubungan padat (*solid*), cair (*liquid*), atau gas. Pengujian keausan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan alat uji keausan *Ogoshi Wear Testing*. 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 di Laboratorium Material Departemen Teknik Mesin Industri Universitas Gadjah Mada. Data yang diperoleh dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1

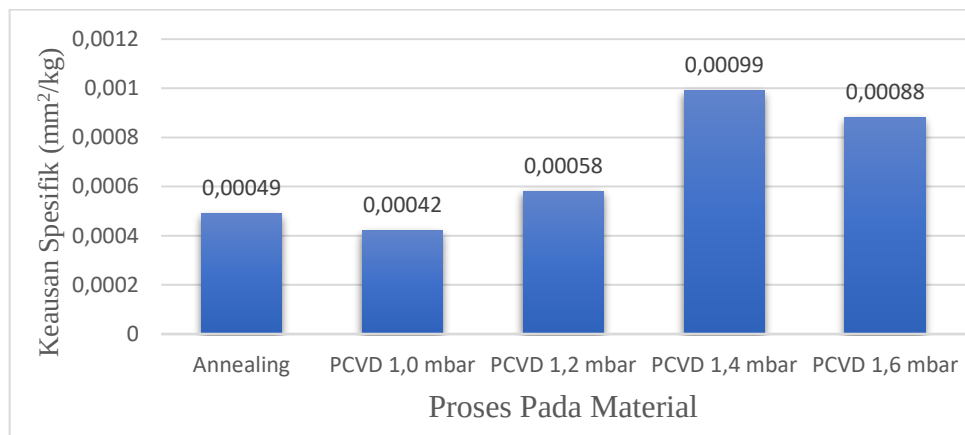
Tabel 1 Data Hasil Pengujian Keausan

| N<br>o | Material<br>baja AISI<br>410                   | bo<br>(mm) | bo rata-<br>rata<br>(mm) | B<br>(mm) | r<br>(mm) | Po<br>(kg) | lo<br>(m) | Ws<br>(mm <sup>2</sup> /kg)     |
|--------|------------------------------------------------|------------|--------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|---------------------------------|
| 1      | Annealing                                      | 1,546      | 1,485                    | 3         | 13        | 6,3<br>6   | 30        | 0,000495                        |
|        |                                                | 1,488      |                          |           |           |            |           |                                 |
|        |                                                | 1,310      |                          |           |           |            |           |                                 |
|        |                                                | 1,588      |                          |           |           |            |           |                                 |
|        |                                                | 1,494      |                          |           |           |            |           |                                 |
| 2      | Annealing<br>dan diPCVD<br>tekanan 1,0<br>mbar | 1,940      | 1,409                    | 3         | 13        | 6,3<br>6   | 30        | 0,000423                        |
|        |                                                | 1,870      |                          |           |           |            |           |                                 |
|        |                                                | 1,442      |                          |           |           |            |           |                                 |
|        |                                                | 0,892      |                          |           |           |            |           |                                 |
|        |                                                | 0,904      |                          |           |           |            |           |                                 |
| 3      | Annealing<br>dan diPCVD<br>tekanan 1,2<br>mbar | 1,808      | 1,569                    | 3         | 13        | 6,3<br>6   | 30        | 0,000584                        |
|        |                                                | 1,790      |                          |           |           |            |           |                                 |
|        |                                                | 1,554      |                          |           |           |            |           |                                 |
|        |                                                | 1,650      |                          |           |           |            |           |                                 |
|        |                                                | 1,044      |                          |           |           |            |           |                                 |
| 4      | Annealing<br>dan diPCVD<br>tekanan 1,4<br>mbar | 2,380      | 1,870                    | 3         | 13        | 6,3<br>6   | 30        | 0,000988                        |
|        |                                                | 2,110      |                          |           |           |            |           |                                 |
|        |                                                | 1,832      |                          |           |           |            |           |                                 |
|        |                                                | 1,598      |                          |           |           |            |           |                                 |
|        |                                                | 1,430      |                          |           |           |            |           |                                 |
| N<br>o | Material<br>baja AISI<br>410                   | bo<br>(mm) | bo rata-rata<br>(mm)     | B<br>(mm) | r<br>(mm) | Po<br>(kg) | lo<br>(m) | Ws<br>(mm <sup>2</sup> /k<br>g) |
| 5      | Annealing<br>dan diPCVD<br>tekanan 1,6<br>mbar | 2,062      | 1,801                    | 3         | 13        | 6,36       | 30        | 0,0008<br>83                    |
|        |                                                | 2,068      |                          |           |           |            |           |                                 |
|        |                                                | 1,806      |                          |           |           |            |           |                                 |
|        |                                                | 1,488      |                          |           |           |            |           |                                 |
|        |                                                | 1,582      |                          |           |           |            |           |                                 |

Dari Gambar 8 dapat dilihat proses pada material annealing menghasilkan nilai keausan spesifik sebesar 0,000495 mm<sup>2</sup>/kg, proses pada material PCVD 1,0 mbar mengalami

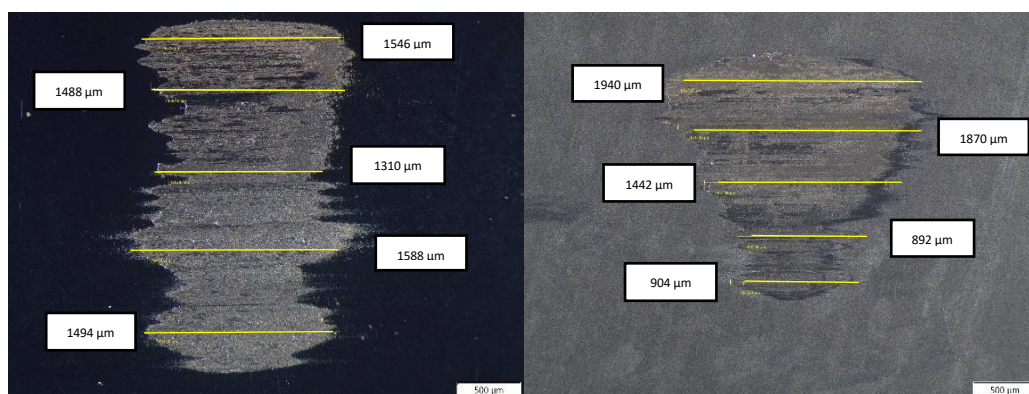


penurunan nilai keausan spesifik sebesar 0,000423 mm<sup>2</sup>/kg, proses pada material PCVD 1,2 mbar mengalami kenaikan nilai keausan spesifik sebesar 0,000584 mm<sup>2</sup>/kg, proses pada material PCVD 1,4 mbar mengalami kenaikan nilai keausan spesifik tertinggi sebesar 0,000988 mm<sup>2</sup>/kg, proses pada material PCVD 1,6 mbar mengalami penurunan nilai keausan spesifik sebesar 0,000584 mm<sup>2</sup>/kg. Sehingga nilai keausan spesifik yang paling rendah didapatkan pada proses PCVD tekanan 1,0 mbar dengan nilai keausan spesifik sebesar 0,000423 mm<sup>2</sup>/kg. Dalam hal ini hasil pengujian tidak terlihat adanya kecenderungan hasil atau pengaruh tekanan.



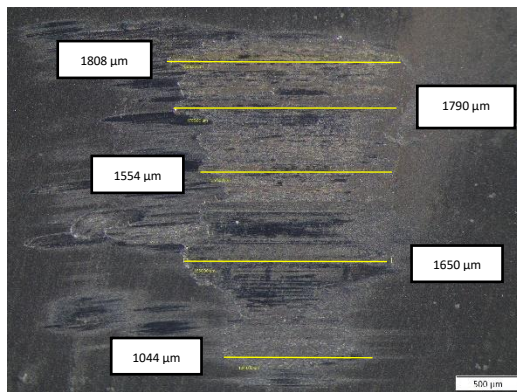
Gambar 8 Grafik Kausan Spesifik (mm<sup>2</sup>/kg)

Dari Gambar 9 menunjukkan nilai lebar keausan spesimen setelah dilakukan pengujian keausan pada baja AISI 410 annealing, PCVD 1,0 mbar, PCVD 1,2 mbar, PCVD 1,4 mbar, dan PCVD 1,6 mbar.

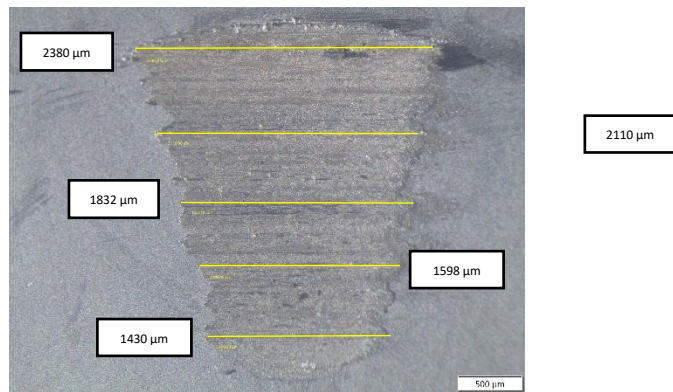


a. Permukaan Sampel Yang Diproses Annealing

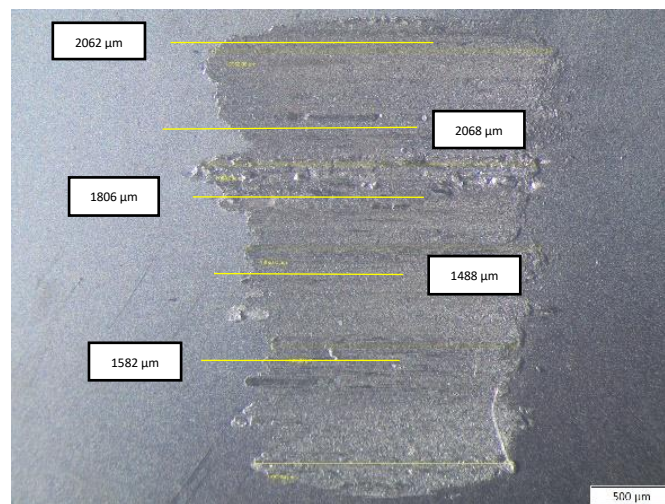
b. Permukaan Sampel Yang Diproses PCVD 1,0 mbar



c. Permukaan Sampel Yang Diproses  
PCVD 1,2 mbar



d. Permukaan Sampel Yang Diproses  
PCVD 1,4 mbar

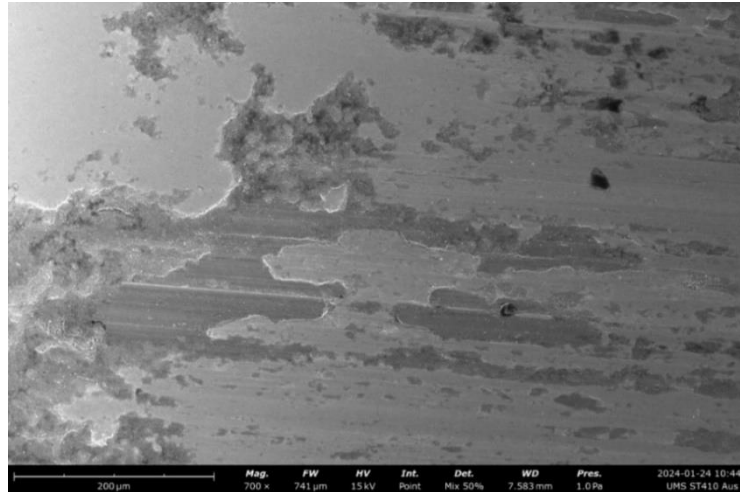


e. Permukaan Sampel Yang Diproses  
PCVD 1,6 mbar

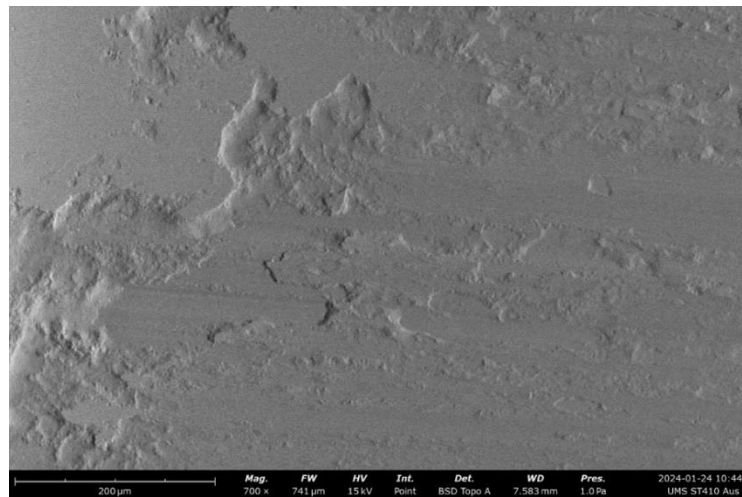
Gambar 9 Permukaan Hasil Pengujian Keausan

### 3.8 Hasil Pengujian Metalografi Dengan Scanning Electron Microscope (SEM) Setelah Uji Keausan Pada Baja AISI 410 Yang Dianil dan PCVD

Pada sub bab ini memaparkan hasil pengujian metalografi dengan SEM pada permukaan spesimen yang telah di uji keausan untuk mengetahui kondisi permukaan akibat gesekan antara spesimen uji dengan piringan pengaus. Gambar 4.9 menunjukkan gambar permukaan pada spesimen Baja Tahan Karat AISI 410 yang diproses Annealing.

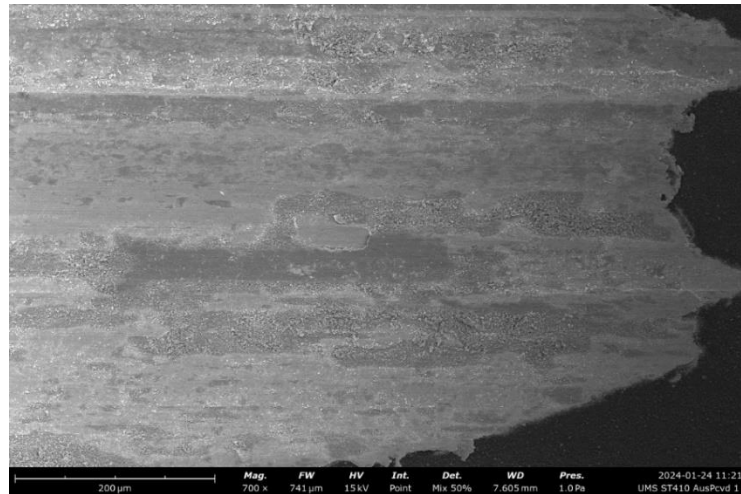


Gambar 10 Permukaan Uji Keausan Pada Spesimen Annealing

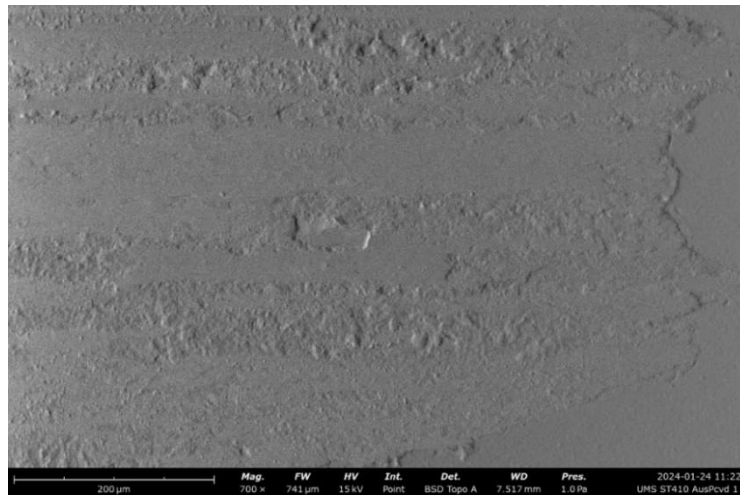


Gambar 11 Permukaan Uji Keausan Pada Spesimen Annealing Dengan BSD  
Topo A

Dari hasil pengujian permukaan yang telah dilakukan uji keausan dengan SEM pada Gambar 10 terlihat adanya beberapa warna pada permukaan spesimen. Warna tersebut meliputi abu-abu terang, abu-abu gelap, hitam dan titik-titik putih. Terdapat bagian yang terlihat seperti terangkat, di mana bagian ini dapat diamati lebih jelas dengan menggunakan SEM BSD Topo A. Gambar 4.10 menunjukkan topografi permukaan dari Gambar 10 terlihat adanya perbedaan ketinggian dari tiap-tiap bagian. Bagian yang lebih gelap memberikan arti bahwa bagian tersebut menandakan titik yang lebih rendah dibandingkan bagian yang lebih terang.

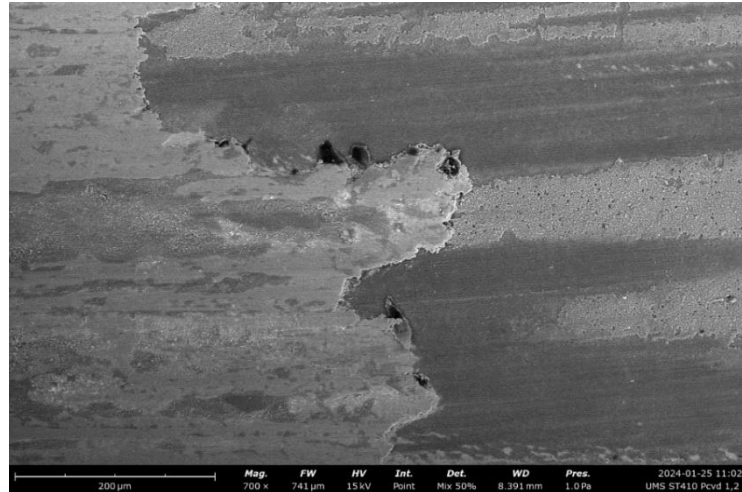


Gambar 12 Permukaan Uji Keausan Pada Spesimen PCVD 1,0 mbar

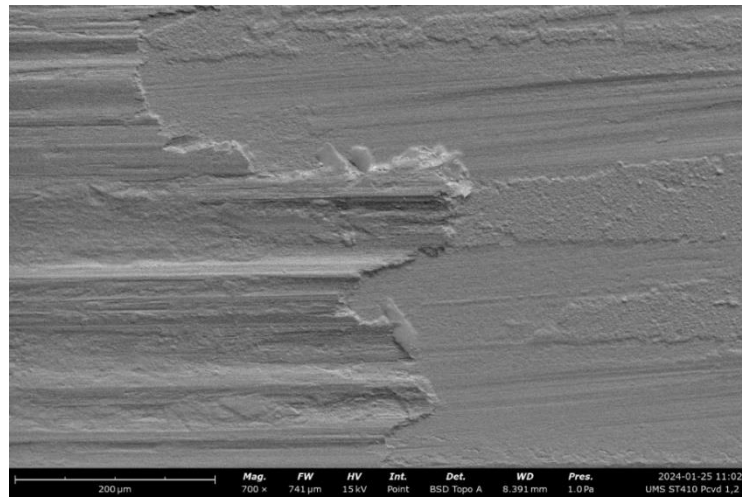


Gambar 13 Permukaan Uji Keausan Pada Spesimen PCVD 1,0 mbar Dengan BSD Topo A

Dari hasil pengujian permukaan yang telah dilakukan uji keausan dengan SEM pada Gambar 12 terlihat adanya beberapa warna pada permukaan spesimen. Warna tersebut meliputi abu-abu terang, abu-abu gelap, hitam dan titik-titik putih. Namun pada bagian ini warna hitam hampir tidak terlihat dikarenakan berukuran sangat kecil. Terdapat bagian yang terlihat seperti terangkat, di mana bagian ini dapat diamati lebih jelas dengan menggunakan SEM BSD Topo A. Gambar 13 menunjukkan topografi permukaan dari Gambar 12 terlihat adanya perbedaan ketinggian dari tiap-tiap bagian. Bagian yang lebih gelap memberikan arti bahwa bagian tersebut menandakan titik yang lebih rendah dibandingkan bagian yang lebih terang.

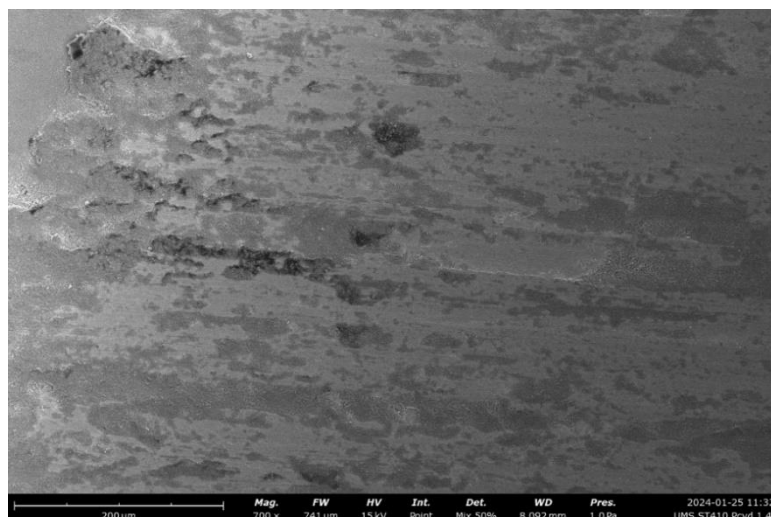


Gambar 14 Permukaan Uji Keausan Pada Spesimen PCVD 1,2 mbar

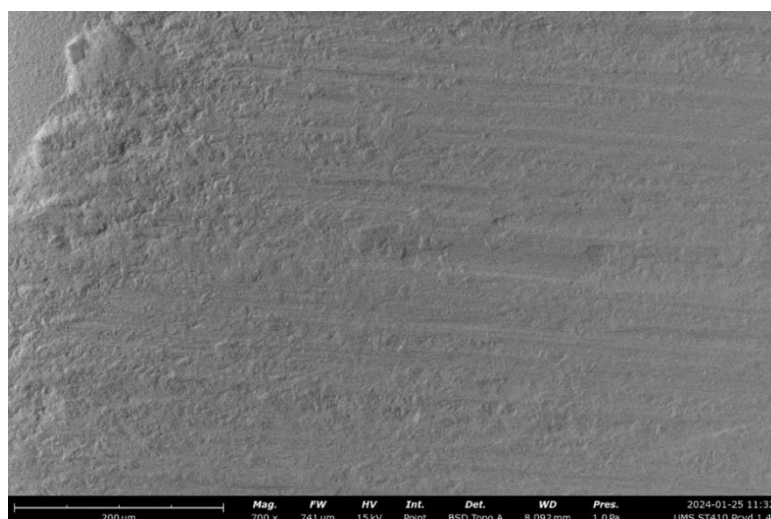


Gambar 15 Permukaan Uji Keausan Pada Spesimen PCVD 1,2 mbar Dengan BSD  
Topo A

Dari hasil pengujian permukaan yang telah dilakukan uji keausan dengan SEM pada Gambar 14 terlihat adanya beberapa warna pada permukaan spesimen. Warna tersebut meliputi abu-abu terang, abu-abu gelap, hitam dan titik-titik putih. Terdapat bagian yang terlihat seperti terangkat, di mana bagian ini dapat diamati lebih jelas dengan menggunakan SEM BSD Topo A. Gambar 15 menunjukkan topografi permukaan dari Gambar 14 terlihat adanya perbedaan ketinggian dari tiap-tiap bagian. Bagian yang lebih gelap memberikan arti bahwa bagian tersebut menandakan titik yang lebih rendah dibandingkan bagian yang lebih terang.



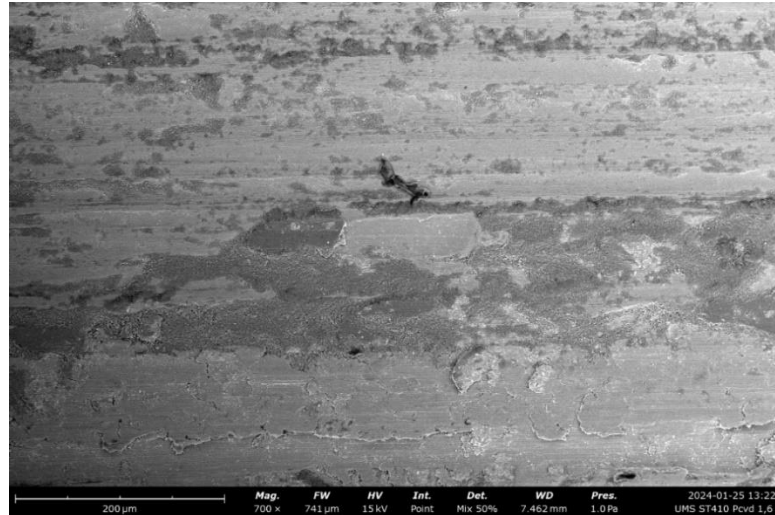
Gambar 16 Permukaan Uji Keausan Pada Spesimen PCVD 1,4 mbar



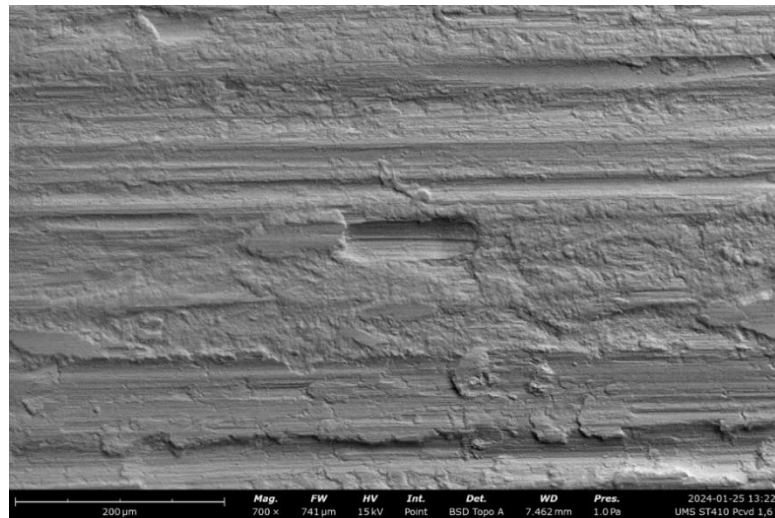
Gambar 17 Permukaan Uji Keausan Pada Spesimen PCVD 1,4 mbar Dengan  
BSD Topo A

Dari hasil pengujian permukaan yang telah dilakukan uji keausan dengan SEM pada Gambar 16 terlihat adanya beberapa warna pada permukaan spesimen. Warna tersebut meliputi abu-abu terang, abu-abu gelap, hitam dan titik-titik putih. Terdapat bagian yang terlihat seperti terangkat, di mana bagian ini dapat diamati lebih jelas dengan menggunakan SEM BSD Topo A. Gambar 17 menunjukkan topografi permukaan dari Gambar 16 terlihat adanya perbedaan ketinggian dari tiap-tiap bagian. Bagian yang lebih gelap memberikan arti bahwa bagian tersebut menandakan titik yang lebih rendah dibandingkan bagian yang lebih terang.





Gambar 18 Permukaan Uji Keausan Pada Spesimen PCVD 1,6 mbar



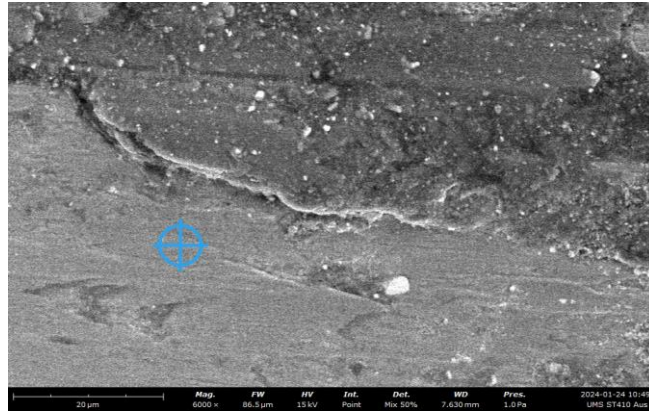
Gambar 19 Permukaan Uji Keausan Pada Spesimen PCVD 1,6 mbar Dengan BSD Topo A

Dari hasil pengujian permukaan yang telah dilakukan uji keausan dengan SEM pada Gambar 18 terlihat adanya beberapa warna pada permukaan spesimen. Warna tersebut meliputi abu-abu terang, abu-abu gelap, hitam dan titik-titik putih. Terdapat bagian yang terlihat seperti terangkat, di mana bagian ini dapat diamati lebih jelas dengan menggunakan SEM BSD Topo A. Gambar 19 menunjukkan topografi permukaan dari Gambar 18 terlihat adanya perbedaan ketinggian dari tiap-tiap bagian. Bagian yang lebih gelap memberikan arti bahwa bagian tersebut menandakan titik yang lebih rendah dibandingkan bagian yang terang.

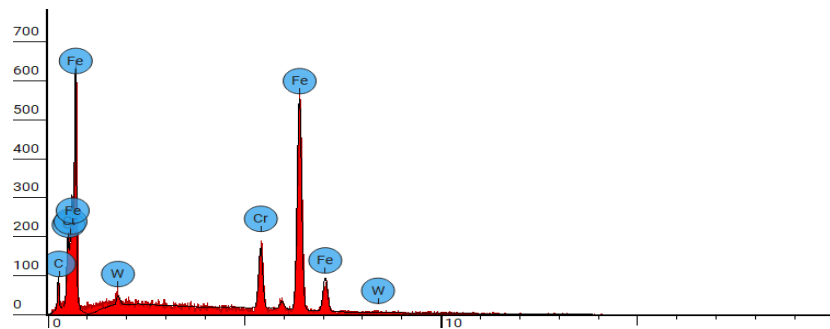
### 3.9 Hasil Pengujian Metalografi Dengan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS)

#### Setelah Uji Keausan Pada Baja AISI 410 Yang Diproses PCVD 1,0 mbar

##### A. Analisis Spot 1



Gambar 20 Spot 1 EDS Baja AISI 410 PCVD 1,0 mbar



Gambar 21 Line Analysis Spot 1 Baja AISI 410 PCVD 1,0 mbar

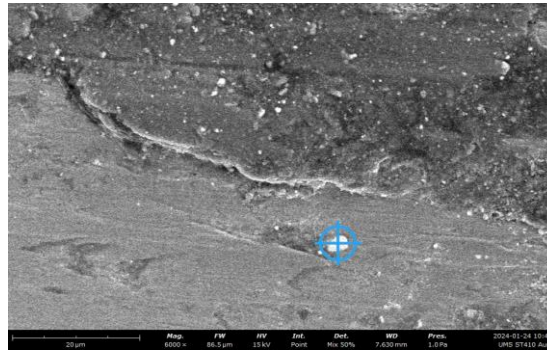
Pada pengujian EDS spot 1 (Gambar 20) pada baja AISI 410 PCVD 1,0 mbar didapatkan line analysis EDS seperti pada Gambar 4.20 yang menunjukkan munculnya beberapa unsur penyusun lapisan baja AISI 410. Untuk data presentase komposisi spektrum lapisan DLC dapat dilihat pada Tabel 2. Pada tabel menunjukkan adanya unsur C (Carbon) sebesar 3,904% berat, O (Oxygen) sebesar 1,502% berat, Cr (Chromium) sebesar 13,514% berat, Fe (Iron) sebesar 79,680% berat, W (Tungsten) sebesar 1,401% berat. Kandungan besi pada lapisan baja AISI 410 lebih dari 50% berat yang artinya unsur utama pada titik ini adalah besi.

Tabel 2 Analisis Spot 1 Baja AISI 410 PCVD 1,0 mbar

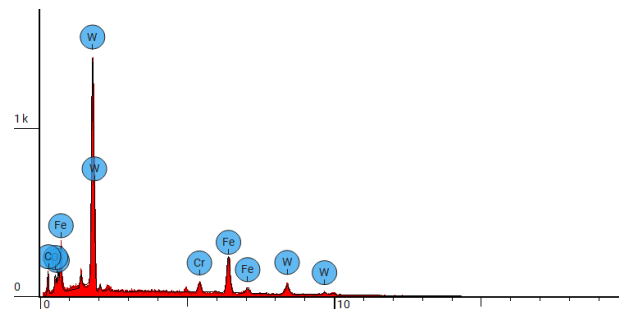
|  | Element Number | Element Symbol | Element Name | Atomic Conc. | Weight Conc. |
|--|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
|  | 6              | C              | Carbon       | 15.383       | 3.904        |
|  | 8              | O              | Oxygen       | 4.441        | 1.502        |
|  | 24             | Cr             | Chromium     | 12.298       | 13.514       |
|  | 26             | Fe             | Iron         | 67.517       | 79.680       |
|  | 74             | W              | Tungsten     | 0.361        | 1.401        |



## B. Analisis Spot 2



Gambar 22 Spot 2 EDS Baja AISI 410 PCVD 1,0 mbar



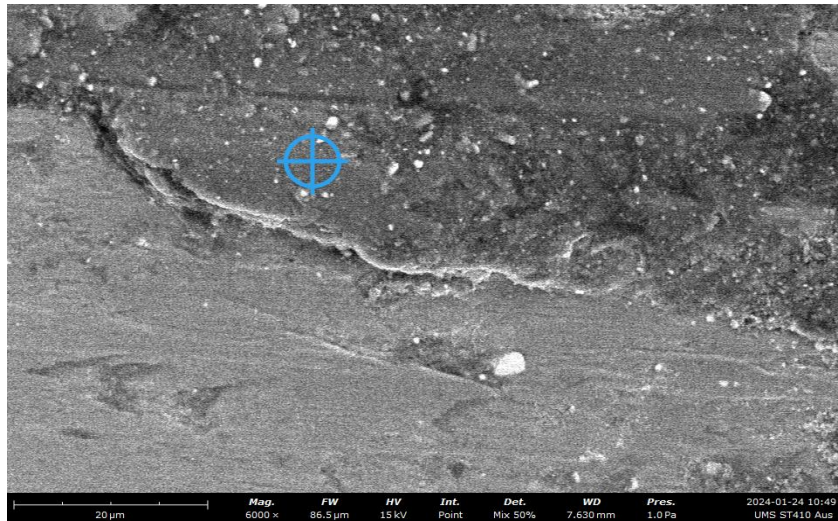
Gambar 23 Line Analysis Spot 2 Baja AISI 410 PCVD 1,0 mbar

Pada pengujian EDS spot 2 (Gambar 20) pada baja AISI 410 PCVD 1,0 mbar didapatkan line analysis EDS seperti pada Gambar 23. yang menunjukkan munculnya beberapa unsur penyusun lapisan baja AISI 410. Untuk data presentase komposisi spektrum lapisan DLC dapat dilihat pada Tabel 3. Pada tabel menunjukkan adanya unsur C (Carbon) sebesar 4,805% berat, O (Oxygen) sebesar 1,401% berat, Cr (Chromium) sebesar 4,104% berat, Fe (Iron) sebesar 27,227% berat, W (Tungsten) sebesar 62,462% berat. Kandungan tungsten pada lapisan baja AISI 410 lebih dari 50% berat yang artinya unsur utama pada titik ini adalah tungsten. Adanya unsur tungsten akibat dari serpihan material pada piringan pengaus pada saat proses pengujian keausan.

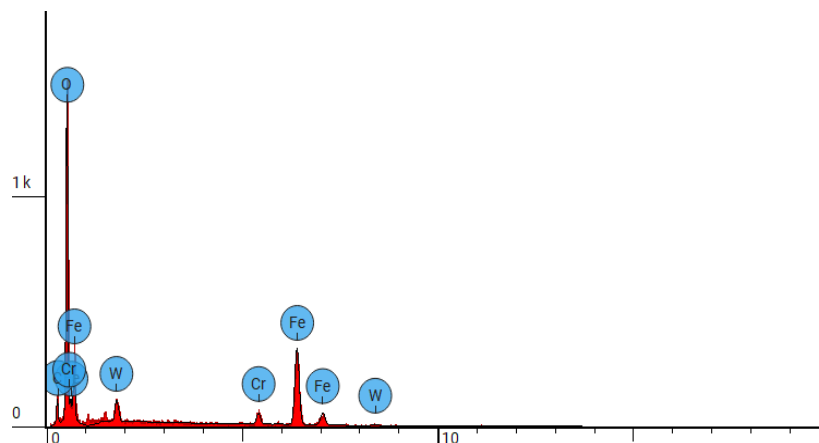
Tabel 3 Analisis Spot 2 Baja AISI 410 PCVD 1,0 mbar

|  | Element Number | Element Symbol | Element Name | Atomic Conc. | Weight Conc. |
|--|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
|  | 6              | C              | Carbon       | 28.705       | 4.805        |
|  | 8              | O              | Oxygen       | 6.285        | 1.401        |
|  | 24             | Cr             | Chromium     | 5.663        | 4.104        |
|  | 26             | Fe             | Iron         | 34.979       | 27.227       |
|  | 74             | W              | Tungsten     | 24.368       | 62.462       |

### C. Analisis Spot 3



Gambar 24 Spot 3 EDS Baja AISI 410 PCVD 1,0 mbar



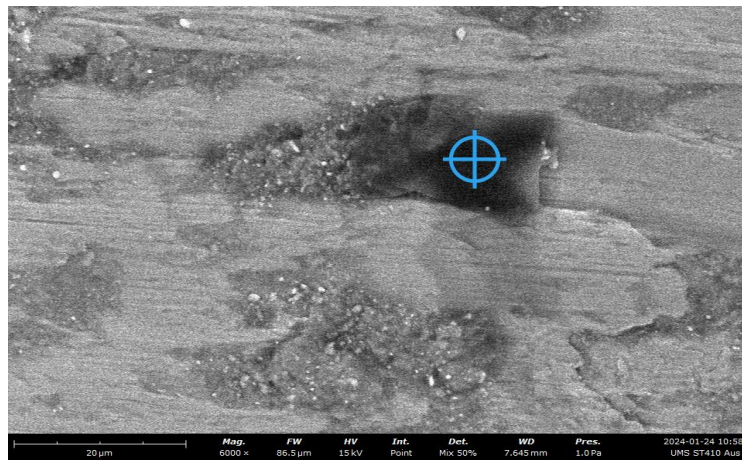
Gambar 25 Line Analysis Spot 3 Baja AISI 410 PCVD 1,0 mbar

Pada pengujian EDS spot 3 (Gambar 24) pada baja AISI 410 PCVD 1,0 mbar didapatkan line analysis EDS seperti pada Gambar 25 yang menunjukkan munculnya beberapa unsur penyusun lapisan baja AISI 410. Untuk data presentase komposisi spektrum lapisan perbatasan DLC dapat dilihat pada Tabel 4. Pada tabel menunjukkan adanya unsur C (Carbon) sebesar 5,800% berat, O (Oxygen) sebesar 28,900% berat, Cr (Chromium) sebesar 4,400% berat, Fe (Iron) sebesar 54,200% berat, W (Tungsten) sebesar 6,700% berat. Kandungan besi pada lapisan baja AISI 410 lebih dari 50% berat yang artinya unsur utama pada titik ini adalah besi.

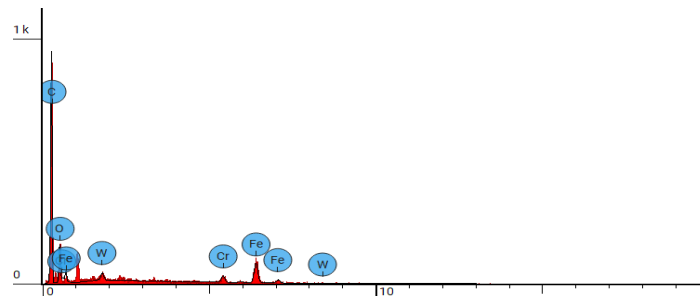
Tabel 4 Analisis Spot 3 Baja AISI 410 PCVD 1,0 mbar

|  | Element Number | Element Symbol | Element Name | Atomic Conc. | Weight Conc. |
|--|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
|  | 6              | C              | Carbon       | 14.285       | 5.800        |
|  | 8              | O              | Oxygen       | 53.429       | 28.900       |
|  | 24             | Cr             | Chromium     | 2.503        | 4.400        |
|  | 26             | Fe             | Iron         | 28.706       | 54.200       |
|  | 74             | W              | Tungsten     | 1.078        | 6.700        |

#### D. Analisis Spot 4



Gambar 26 Spot 4 EDS Baja AISI 410 PCVD 1,0 mbar



Gambar 27 Line Analysis Spot 4 Baja AISI 410 PCVD 1,0 mbar

Pada pengujian EDS spot 4 (Gambar 26) pada baja AISI 410 PCVD 1,0 mbar didapatkan line analysis EDS seperti pada Gambar 4.26 yang menunjukkan munculnya beberapa unsur penyusun lapisan baja AISI 410. Untuk data presentase komposisi spektrum lapisan DLC dapat dilihat pada Tabel 5. Pada tabel menunjukkan adanya unsur C (Carbon) sebesar 57,300% berat, O (Oxygen) sebesar 13,000% berat, Cr (Chromium) sebesar 4,400% berat, Fe (Iron) sebesar 22,400% berat, W (Tungsten) sebesar 2,900% berat. Kandungan carbon pada lapisan baja AISI 410 lebih dari 50% berat yang artinya unsur utama pada titik ini adalah carbon.

Tabel 5 Analisis Spot 4 Baja AISI 410 PCVD 1,0 mbar

|  | Element Number | Element Symbol | Element Name | Atomic Conc. | Weight Conc. |
|--|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
|  | 6              | C              | Carbon       | 78.407       | 57.300       |
|  | 8              | O              | Oxygen       | 13.353       | 13.000       |
|  | 24             | Cr             | Chromium     | 1.391        | 4.400        |
|  | 26             | Fe             | Iron         | 6.591        | 22.400       |
|  | 74             | W              | Tungsten     | 0.259        | 2.900        |

#### 4. PENUTUP

Berdasarkan data hasil pengujian Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS) dan uji keausan 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 mbar diambil 3 titik ketebalan lapisan diperoleh rata-rata ketebalan lapisan sebesar 12,353  $\mu\text{m}$ . Pada proses pelapisan DLC tekanan 1,2 mbar diambil 3 titik ketebalan lapisan diperoleh rata-rata ketebalan lapisan 12,997  $\mu\text{m}$ . Pada proses pelapisan DLC tekanan 1,4 mbar diambil 3 titik ketebalan lapisan diperoleh rata-rata ketebalan lapisan sebesar 15,213  $\mu\text{m}$ . Pada proses pelapisan DLC tekanan 1,6 mbar diambil 3 titik ketebalan lapisan diperoleh rata-rata ketebalan lapisan sebesar 15,493  $\mu\text{m}$ . Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi tekanan maka ketebalan lapisan akan semakin meningkat. (2) Dari data hasil pengujian keausan pada material annealing dilanjutkan PCVD 1,0 mbar menghasilkan nilai keausan spesifik sebesar 0,000423  $\text{mm}^2/\text{kg}$ , proses pada material PCVD 1,2 mbar menghasilkan nilai keausan spesifik sebesar 0,000584  $\text{mm}^2/\text{kg}$ , proses pada material PCVD 1,4 mbar menghasilkan nilai keausan spesifik tertinggi sebesar 0,000988  $\text{mm}^2/\text{kg}$ , proses pada material PCVD 1,6 mbar menghasilkan nilai keausan spesifik sebesar 0,000883  $\text{mm}^2/\text{kg}$ . Dalam hal ini spesimen pada PCVD 1,0 mbar hingga PCVD 1,4 mbar mengalami kenaikan nilai keausan. Setelah tekanan PCVD 1,4 mbar terjadi penurunan nilai keausan. (3) Dari data hasil pengujian keausan pada hasil proses annealing dibanding PCVD nilai keausan berfluktuasi. Pada hasil proses PCVD 1,0 mbar nilai keausan lebih rendah sedangkan pada PCVD 1,2 mbar hingga PCVD 1,6 mbar nilai keausan lebih tinggi daripada PCVD 1,0 mbar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anhar, W., Jamal, N., & Suprpto. (2017). Pengaruh Post-Treatment Plasma CVD Lapisan Diamond-Like Carbon Terhadap Sifat Kekerasan Permukaan Baja AISI 410.
- Darmawan, A. S., & Masyrukan. (2019). *Struktur dan Sifat Material*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Iwamoto, Y., Takenami, K., Takamura, R., Inoue, M., Hirara, Y., Akasaka, H., & Ohtake, N. (2019). Preparation of DLC Films on Inner Surfaces of Metal Tubes by Nanopulse Plasma CVD. *Surface & Coatings Technology*. doi:10.1016/j.surfcoat.2019.125062
- Jatisukanto, G. (2018). Pengaruh Dimensi Atom Target D.C. Magnetron Sputtering Terhadap Sifat Mekanis Baja AISI 410.
- Kovacı, H., Bozkurt, Y. B., Yetim, A. F., Baran, Ö., & Çelik, A. (2020). Corrosion and Tribocorrosion Properties of Duplex Surface Treatments Consisting of Plasma Nitriding and DLC Coating. *Tribology International*. doi:10.1016/j.triboint.2020.106823
- Lan, R., Ma, Z., Wang, C., Lu, G., Yuan, Y., & Shi, C. (2019). Microstructural and Tribological Characterization of DLC Coating by In-Situ Duplex.
- Prasetyo, M. A., Anwar, M. S., Mabruri, E., Agustiningtyas, D. T., Noviana, R. C., & Laksono, A. D. (2020). Pengaruh Perlakuan Panas Baja Tahan Karat Martensitik AISI 410 Terhadap Struktur Mikro dan Ketahanan Korosi di Lingkungan Simulasi Geothermal dalam Larutan Artificial Brine. *Teknik*. doi:10.14710/Teknik.v41n2.224690
- Puspasari, V., Prasetyo, M. A., Hala, J. V. T., Anwar, M. S., Heribirowo, S., Mabruri, E. (2020). Pengaruh *Annealing* Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Tahan Karat AISI 410-3Mo-3Ni.
- Roberge, P. R. (1999). *Handbook of Corrosion Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- Robertson, J. (2002). Diamond-Like Amorphous Carbon. *Materials Science and Engineering*.
- Suharlan, D., Malau, V., Sujitno, T., Suprpto. (2019). Deposisi Lapisan Tipis DLC (*Diamond Like Carbon*) Dengan Teknik CVD (*Chemical Vapour Deposition*) Pada Permukaan *Machinery Steel* HQ 805.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana., Dimiyati, A. (2015). Studi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium.

- Suprpto. (2018). *Pengembangan Teknologi Plasma Untuk Nitridasi*. Yogyakarta:Pustaka Pelajar.
- Suprpto, Sujitno, T., Andriyanti, W., & Pribadi, B. (2018). The Formation of Diamond Like Carbon on Carbon Steel Using Plasma of Argon-Liquified Petroleum Gas Mixing. doi:10.1063/1.5054426
- Supriyono. (2017). *Material Teknik*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- 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 & Related Materials*. doi:10.1016/j.diamond.2019.04.008
- Wardoyo & Sumpena. (2018). Pengaruh Variasi Temperatur Quenching Pada Aluminium Paduan AlMgSi-Fe12% Terhadap Keausan.