



## Pengaruh Waktu Penahanan Dehidrogenasi Setelah Pelapisan Black Oxide Pada Baja AISI 4340 Terhadap Sifat Mekanik

Devi Eka Septiyani Arifin<sup>1\*</sup>, Adinda Fadhila Amalia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Proses Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung

### INFO ARTIKEL

**Kata kunci:**

AISI 4340, Black Oxide Coating, Dehidrogenasi, Uji Tarik.

**Keywords:**

AISI 4340, Black Oxide Coating, Dehydrogenation, Tensile strength test

### A B S T R A K

Dalam industri otomotif, terutama pada industri padat karya seperti PT. XYZ yang memproduksi seluruh komponen secara mandiri, proses pelapisan black oxide sering diterapkan untuk meningkatkan ketahanan korosi, khususnya pada baja AISI 4340. Namun, proses ini berpotensi menimbulkan fenomena hydrogen embrittlement akibat perendaman dalam larutan kimia. Salah satu metode untuk mengatasi masalah ini adalah proses dehidrogenasi (baking), yaitu pemanasan termal untuk mengeluarkan hidrogen dan memulihkan sifat mekanik material. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pelapisan black oxide tanpa proses dehidrogenasi serta variasi waktu penahanan dehidrogenasi terhadap sifat mekanik baja AISI 4340, meliputi kekuatan tarik, kekerasan, dan oxalic acid drop test. Variasi proses dehidrogenasi terdiri dari spesimen tanpa dehidrogenasi, serta spesimen dengan proses dehidrogenasi selama 3 jam dan 4 jam pada suhu  $190 \pm 14^\circ\text{C}$ . Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan waktu penahanan dehidrogenasi berbanding lurus dengan peningkatan kekuatan tarik dan kekerasan material. Persentase peningkatan kekuatan tarik antara spesimen 3 jam dan 4 jam mencapai 2,64%, sedangkan peningkatan kekerasannya sebesar 3,96%. Spesimen tanpa proses dehidrogenasi menunjukkan nilai kekuatan tarik dan kekerasan yang lebih rendah.

### A B S T R A C T

In the automotive industry, especially in labor-intensive industries such as PT XYZ which produces all components independently, the black oxide coating process is often applied to improve corrosion resistance, especially on AISI 4340 steel. However, this process has the potential to cause hydrogen embrittlement phenomena due to immersion in chemical solutions. One method to overcome this problem is the dehydrogenation (baking) process, which is thermal heating to remove hydrogen and restore the mechanical properties of the material. This study aims to analyze the effect of black oxide coating without dehydrogenation process and variation of dehydrogenation holding time on mechanical properties of AISI 4340 steel, including tensile strength, hardness, and oxalic acid drop test. The dehydrogenation process variation consists of specimens without dehydrogenation, as well as specimens with dehydrogenation process for 3 hours and 4 hours at  $190 \pm 14^\circ\text{C}$ . The test results show that the increase in dehydrogenation holding time is directly proportional to the increase in tensile strength and hardness of the material. The percentage increase in tensile strength between the 3-hour and 4-hour specimens reached 2.64%, while the increase in hardness was 3.96%. Specimens without dehydrogenation process showed lower tensile strength and hardness values.

Received: 19-12-2025

Revised: 17-01-2026

Online published: 30-03-2026

### 1. Pendahuluan

Dalam dunia industri otomotif terutama industri padat karya yang membuat semua komponen pendukung secara mandiri seperti PT. XYZ, tentunya memiliki prosedur proses manufaktur yang beragam untuk setiap komponennya. Salah satu proses yang dilalui dalam pembuatan komponen dengan material AISI 4340 di PT. XYZ adalah proses pelapisan black oxide.

Pelapisan black oxide atau dapat disebut juga sebagai blackening adalah sebuah metode pelapisan conversion coating, yaitu pelapisan kimia tanpa energi listrik yang membentuk lapisan pelindung berwarna hitam pada bagian permukaan baja, baja paduan, maupun baja tahan karat.

Pelapisan ini terjadi saat atom Fe yang ada pada permukaan baja bereaksi membentuk magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) [1]. Secara umum pelapisan black oxide diperuntukan menambah ketahanan korosi, namun proses pelapisan black oxide yaitu mencelupkan komponen kedalam larutan kimia berpotensi menyebabkan fenomena hydrogen embrittlement yang dapat berpengaruh pada sifat mekanik komponen. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan adanya proses dehidrogenasi setelah proses pelapisan.

Dehidrogenasi atau yang biasa disebut proses baking merupakan sebuah proses pemanasan yang temperatur dan waktu penahanannya bergantung pada jenis material dengan



<https://doi.org/10.23960/mech.v17.i1.2026213>  
ISSN 2460-1888 (online), 2078-1880 (print)/© 2026.

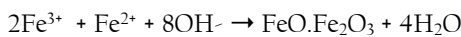
MECH is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

tujuan material terhindar dari kegetasan akibat hidrogen dan mengubah sifat mekanik material kembali seperti semula atau bahkan melebihi semula[2].

Berdasarkan uraian diatas, dilakukan penelitian “Pengaruh waktu penahanan dehidrogenasi setelah waktu pelapisan black oxide pada baja AISI 4340 terhadap sifat mekanik” dengan tujuan untuk menganalisis pengaruh pelapisan black oxide tanpa proses dehidrogenasi dan menganalisis pengaruh variasi waktu penahanan dehidrogenasi terhadap kekuatan tarik, nilai kekerasan, dan ketahanan korosi (oxalic acid drop test).

1.1 Black Oxide Coating

Pelapisan black oxide atau dapat disebut juga sebagai blackening adalah sebuah metode pelapisan conversion coating, yaitu pelapisan kimia tanpa energi listrik yang membentuk lapisan pelindung berwarna hitam pada bagian permukaan baja, baja paduan, maupun baja tahan karat. Pelapisan ini terjadi saat atom Fe yang ada pada permukaan baja bereaksi membentuk magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>).[1] Proses terbentuknya lapisan magnetite berawal dari reaksi redoks antara ion Fe dengan senyawa air (H<sub>2</sub>O) yang menghasilkan Fe<sup>2+</sup> dan OH<sup>-</sup> dan bereaksi kembali hingga menghasilkan lapisan oksida yaitu Fe(OH)<sub>2</sub> berwarna hijau pekat. Jika lingkungannya semakin basa maka akan berubah menjadi semakin hitam pekat membentuk Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan persamaan reaksi terbentuknya lapisan magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) [1] sebagai berikut:



Pelapisan black oxide berdasarkan jenis materialnya diklasifikasikan menjadi 4 kelas yaitu:

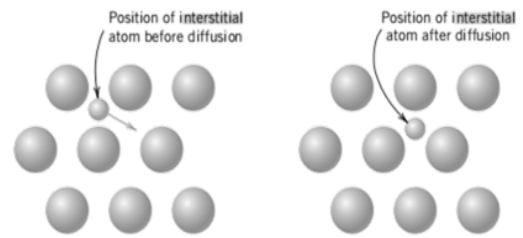
- Class 1, diperuntukan komponen dengan material forged iron, casting steels, dan low alloy steels.
- Class 2, diperuntukan komponen dengan material stainless steels seri 4XX
- Class 3, diperuntukan komponen dengan material stainless steels seri 3XX dan 4XX
- Class 4, diperuntukan komponen dengan material baja tahan karat yang dilakukan uji saltspray[3]

1.2 Hydrogen Damage

Hydrogen Damage pada baja merupakan kerusakan mekanis dari sebuah baja atau logam yang disebabkan oleh interaksi antara logam dengan atom hidrogen. Hydrogen damage diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) yaitu:

- a. Hydrogen embrittlement, merupakan fenomena difusi dan penetrasi atom hidrogen kedalam logam yang diakibatkan oleh beberapa proses. Hydrogen embrittlement dapat mengakibatkan berkurangnya ductility dan tensile strength. Mekanisme proses terjadinya hydrogen embrittlement bermacam-macam diantaranya precipitate crack nucleation (retak endapan), kegagalan batas butir, dan dislocation locking atau fenomena hidrogen terjebak).[4]
- b. Hydrogen Attack, adalah fenomena di mana hidrogen yang terdapat dalam baja pada suhu tinggi bereaksi dengan karbida, menghasilkan gas metana.[4]
- c. Hydrogen Blistering, adalah fenomena di mana atom hidrogen berdifusi ke dalam logam dan mengisi rongga

pada struktur atom. Di dalam rongga tersebut, atom-atom hidrogen bergabung membentuk molekul hidrogen, sehingga konsentrasi molekul hidrogen meningkat yang menyebabkan tekanan di dalam rongga bertambah dan

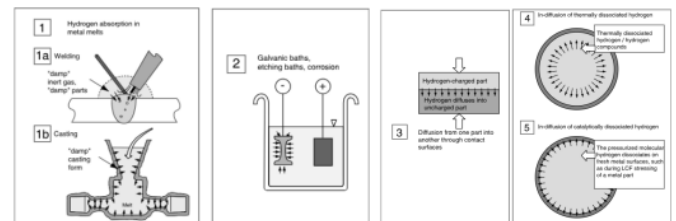


Gambar 1. Ilustrasi interstitial diffusion [8]

memicu retakan.[4]

Beberapa aktivitas yang menyebabkan adanya hydrogen embrittlement sebagai berikut:

- Metal Melts, salah satu contoh aktivitas nya adalah pengelasan akibat elektroda atau gas pelindung yang lembab menyebabkan hidrogen terarsopsi[5]
- Processing bath, contoh aktivitasnya adalah pada proses perendaman galvanis (seperti rendaman pelapisan untuk perak, kromium, nikel, cadmium, zinc) atau pada proses perendaman cairan kimia (seperti rendaman etsa).[5]
- Contact diffusion, dapat terjadi jika terjadi kontak logam yang intens dengan permukaan bermuatan hidrogen.[5]
- Thermal decomposition of hydrogen compound, dapat terjadi jika senyawa yang mengandung hidrogen, seperti



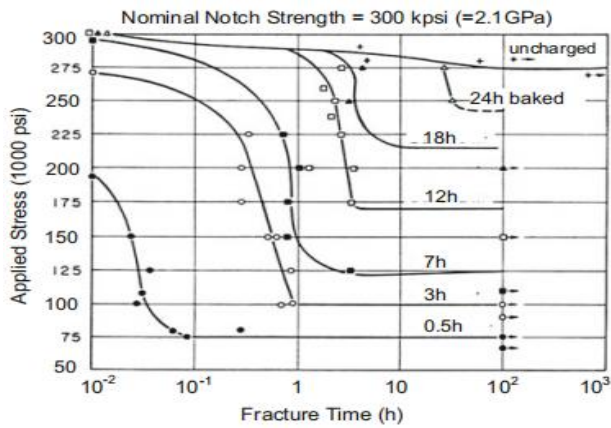
Gambar 2. Aktivitas yang berpotensi hydrogen embrittlement [5]

air, dipanaskan hingga suhu tinggi, senyawa tersebut dapat terurai secara termal dan menghasilkan pembentukan atom hidrogen. Misalnya atom dapat terdifusi pada dinding pipa logam yang bermuatan air bersuhu tinggi[5]

1.3 Dehidrogenasi

Dehidrogenasi atau yang biasa disebut proses baking merupakan sebuah proses pemanasan yang temperatur dan waktu penahanannya bergantung pada jenis material. Proses dehidrogenasi bertujuan agar material terhindar dari kegetasan akibat hidrogen dan kekuatan tariknya kembali seperti semula/bahkan melebihi semula.[2]

Mekanisme terjadinya penurunan kegetasan dengan proses dehidrogenasi adalah energi termal dari panas tungku menjadi energi aktivasi yang menyebabkan adanya peningkatan energi didalam baja dan pergerakan difusi atom keluar permukaan baja atau dapat disebut fenomena climb [6]. Selanjutnya akan terjadi fenomenan poligonisasi yaitu penataan jembali susunan dislokasi menjadi beraturan dan sebagian atom hydrogen akan berdifusi keluar sehingga struktur pada baja menjadi teratur kembali. [7]



Gambar 4. Pengaruh konsentrasi hidrogen dan waktu penahanan baking terhadap waktu patah pada baja AISI 4340 [7]

1.4 Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan adalah metode pengujian untuk mengukur ketahan suatu material terhadap deformasi plastis. Dengan cara menekan indentor biasanya berupa bola baja atau diamond cone ke permukaan material uji dengan pembebanan tertentu, lalu mengukur dan menghitung bekas tekan (indentasi). Uji kekerasan dengan metode indentation hardness terbagi menjadi 4 (empat) yaitu Brinell, Rockwell, Vickers, dan Meyer. Pada uji kekerasan Vickers, digunakan indentor berbentuk prisma dari bahan berlian dengan sudut kemiringan 136°. [8]



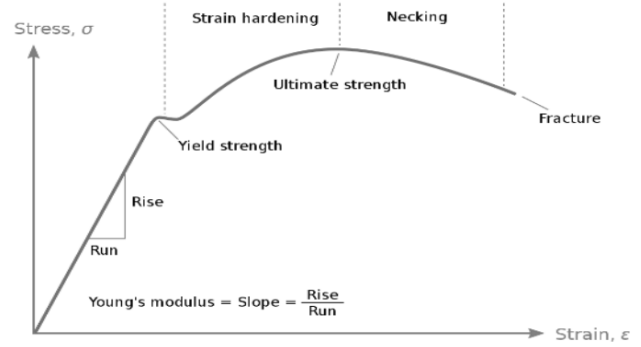
Gambar 5. Indentor uji keras vickers [8]

Hasil penekanan membentuk bekas kecil yang kemudian diamati menggunakan mikroskop dan diukur ukurannya. Nilai pengukuran tersebut selanjutnya diubah menjadi angka kekerasan. Agar bekas tekan dapat terlihat jelas dan bisa diukur dengan tepat, permukaan spesimen perlu disiapkan secara optimal melalui proses pengamplasan dan pemolesan. Nilai kekerasan Vickers diperoleh dengan menggunakan rumus yang mengaitkan antara besarnya beban yang diberikan dan luas bekas tekan yang dihasilkan selama proses pengujian. [8]

1.5 Pengujian Tarik

Uji tarik adalah metode pengujian yang dilakukan dengan memberikan gaya tarik searah pada sampel uji hingga menghasilkan kurva hubungan antara tegangan dan regangan (stress-strain). Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis

perilaku material saat mengalami tarikan hingga terjadi deformasi plastis dan akhirnya patah, sehingga dapat menilai



Gambar 3. Grafik stress-train [9]

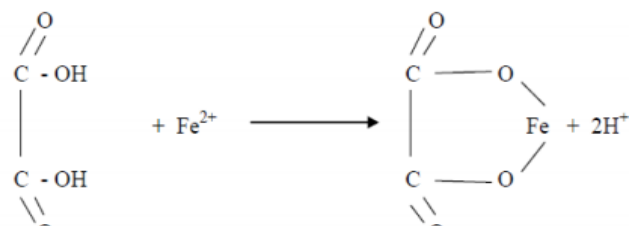
kekuatan serta kemampuan material untuk meregang sebelum patah [9].

Terdapat beberapa parameter yang dihasilkan dari kurva tegangan-regangan yang didapat dari uji tarik, antara lain: Yield Strength adalah titik dimana material mulai memasuki dan mengalami deformasi plastis permanen. Ultimate Tensile Strength adalah kekuatan maksimum material menahan beban tarik yang diberikan sebelum akhirnya mengalami patah. Regangan atau Elongation adalah nilai perubahan panjang benda uji setelah patah dan panjang benda uji sebelum patah. Modulus Elastisitas adalah kekakuan material pada daerah deformasi plastis, yaitu untuk mengetahui kemampuan bahan menerima beban tanpa menimbulkan deformasi plastis. [9]

1.6 Oxalic acid drop test

Oxalic drop test adalah sebuah metode pengujian untuk melakukan pengujian ketahanan korosi. Prosedurnya dari pengujian ini adalah dengan memberikan larutan oksalat 5% pada permukaan material lalu dibiarkan bereaksi selama ketentuan waktu dan dibilas dengan air. Larutan oksalat dapat menyebabkan permukaan lapisan dengan ketahanan korosi rendah terkikis. Sehingga tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kualitas hasil pelapisan terhadap ketahanan korosi. [3]

Mekanisme yang terjadi saat lapisan pada permukaan baja mengalami perubahan adalah karena adanya reaksi pengkelatan antara lapisan logam dengan larutan asam oksalat (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>). Pengkelatan atau dalam bahasa Inggris chelation merupakan fenomena pengikatan ion logam dengan cara menambahkan senyawa pengkhelet yang nantinya akan terlarut menjadi larutan senyawa kompleks yang dapat larut. Senyawa kompleks adalah senyawa yang terbentuk apabila ion logam (Fe) mendapat sumbangan elektron dari atom



Gambar 6. Ilustrasi terbentuknya senyawa kompleks [10]

pendonor (COOH) sehingga tercipta reaksi ikatan antar keduanya.[10]

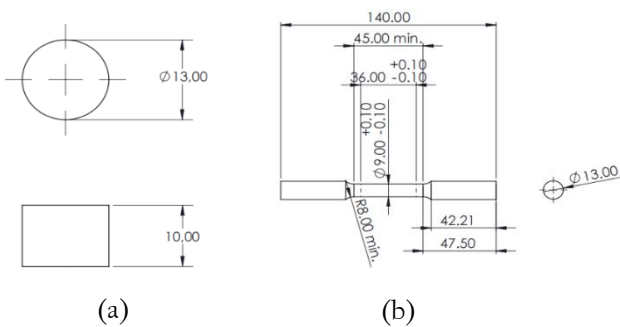
## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental, yaitu eksperimen pada material AISI 4340 yang diberi perlakuan pelapisan black oxide lalu dehidrogenasi untuk diuji visual, *oxalic acid drop test*, uji keras, dan uji tarik. Proses dehidrogenasi menggunakan variasi waktu penahanan yaitu tanpa, 3 jam, dan 4 jam.

### 2.2. Material dan Spesimen

Spesimen yang digunakan untuk uji tarik pada penelitian ini adalah baja AISI 4340 berbentuk silinder berdimensi: panjang 140 mm, diameter pengecaman 13 mm, dan diameter gauge 9 mm. Spesimen yang digunakan untuk uji keras dan *oxalic acid drop test* adalah baja silinder berdimensi: panjang 10 mm dengan diameter 13 mm.



Gambar 7. Bentuk dan dimensi spesimen untuk (a) *oxalic acid drop test* & hardness test. (b) tensile strength test

Spesimen untuk *oxalic acid drop test* secara keseluruhan berjumlah 3 buah, dimana setiap variasi waktu penahanan hanya berjumlah 1 spesimen. Sedangkan spesimen untuk uji tarik berjumlah 9 buah, dimana setiap variasi waktu penahanan berjumlah 3 buah.

### 2.3. Variabel Penelitian

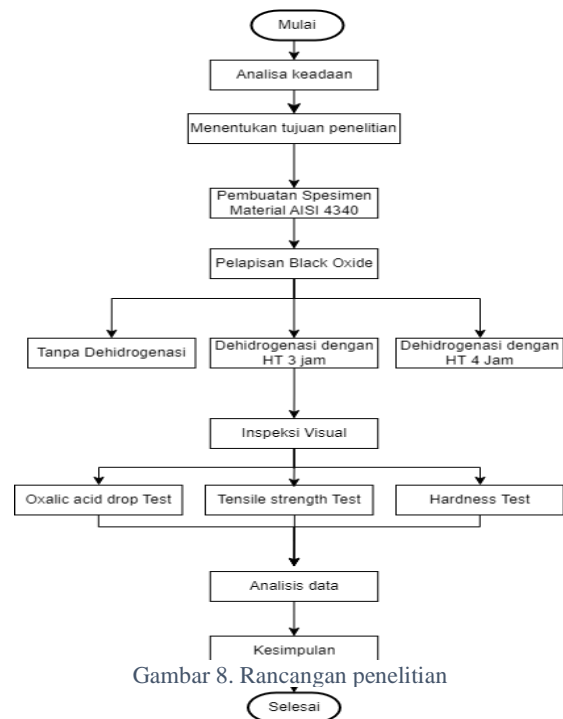
Variabel penelitian dibagi menjadi 3 yaitu:

- a. Variabel bebas
  - Dimensi spesimen: baja AISI 4340 dengan bentuk awal silinder dan dibentuk sesuai desain
  - Temperatur saat dehidrogenasi/baking (°C) : 190±14
  - Waktu penahanan saat dehidrogenasi/baking : Tanpa dehidrogenasi, 3 jam, dan 4 jam.
- b. Variabel terikat
  - *Oxalic acid drop test*
  - Uji keras
  - Uji tarik
- c. Variabel control

- Larutan kimia yang digunakan saat proses pelapisan adalah campuran antara NaOH (Sodium hidroksida) dan NaNO<sub>3</sub> (Sodium nitrat) dengan perbandingan 650 grs/l dan 350 grs/l. Dengan volume bak pelapisan 90 liter.
- Temperatur larutan saat proses pelapisan adalah 140°C.

### 2.4. Rancangan Penelitian

Urutan serta petunjuk dalam penelitian ini mengacu pada gambar rancangan dibawah.



Gambar 8. Rancangan penelitian

### 2.5. Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan selama penelitian antara lain:

- Mempersiapkan alat dan bahan penelitian
- Memotong spesimen sesuai desain
- Melakukan proses hardening pada spesimen dan melakukan uji tarik dan uji keras. Lalu, mengamplas permukaan spesimen setelah hardening
- Melakukan proses pelapisan black oxide sesuai dengan standar black oxide coating class 1 pada MIL-DTL-13924D. Spesimen dikaitkan dengan kawat dengan tujuan memudahkan saat proses pelapisan. Proses pelapisan menggunakan larutan kimia
- Setelah pelapisan dilakukan proses pembilasan panas dan pembilasan dingin lalu ditiriskan hingga kering
- Setelah spesimen kering dilakukan dehidrogenasi/baking pada temperature tungku 190±14°C dan waktu penahanan divariasikan menjadi 0 jam, 3 jam, dan 4 jam.
- Lakukan uji visual dengan mengusapkan kair putih ke seluruh permukaan spesimen. Dianggap lolos uji visual

apabila tidak meinggalkan noda pada kain putih setelah diusap.

- Lakukan oxalic acid drop test dengan meneteskan larutan asam oksalat dengan konsentrasi 5% keatas permukaan spesimen, biarkan bereaksi selama 8 menit, bilas lalu keringkan dan amati permukaan bekas penetesan.
- Lakukan uji nilai kekerasan vickers sesuai dengan ASTM E92

Gambar 10. Diagram hasil uji tarik

- Lakukan pengujian tarik hingga spesimen patah sesuai dengan ASTM E8

2.6. Teknik Analisa Data

Analisa data dilakukan pada data yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium, data tersebut berupa angka yang dikemas dalam tabel dan digambarkan dalam bentuk diagram dengan tujuan memudahkan dalam melakukan analisa dan menyimpulkan. Hasil analisa ini akan menunjukkan ada tidaknya pengaruh proses pelapisan black oxide dan ada tidaknya penngaruh waktu penahanan saat proses baking terhadap oxalic acid drop test, nilai kekerasan, dan uji tarik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

Kekuatan tarik maksimum sebelum dilakukan proses pelpisan adalah 1649 MPa. Sedangkan nilai kekerasan sebelum dilakukan proses pelapisan adalah 507 HV. Tabel dibawah menunjukkan data nilai kekuatan tarik maksimum dan nilai kekerasan setelah proses pelapisan black oxide dan proses dehidrogenasi:

Tabel 1. Hasil uji tarik

Variasi	Nomor spesimen	$\sigma_{ult}$ (MPa)	Rata-rata(MPa)
D0	1	950	986,7
	2	1000	
	3	1010	
D3	1	1684	1624
	2	1590	
	3	1598	
D4	1	1689	1668
	2	1650	
	3	1665	

Tabel 2. Hasil uji keras

Variasi	Nilai kekerasan (HV)
D0	289,41
D3	454,43
D4	473,19

3.2 Pembahasan hasil uji tarik

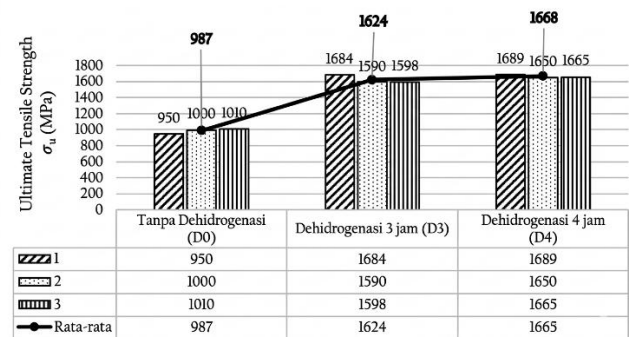


Diagram diatas menunjukkan pengaruh waktu penahanan dehidrogenasi terhadap nilai kekuatan tarik maskimum. Dari diagram diatas didapat bahwa nilai rata-rata kekuatan tarik maksimum tertinggi pada spesimen D4 yaitu dengan proses dehidrogenasi selama 4 jam dengan nilai rata-rata 1668 MPa. Persentase perbandingan peningkatan nilai rata-rata antara D3 dengan D4 adalah sebesar 2,64%.

Sedangkan spesimen D0 yaitu tanpa proses dehidrogenasi memiliki nilai kekuatan tarik maksimum lebih rendah dibandingkan spesimen lainnya dengan nilai rata-rata 987 MPa. Nilai rata-rata spesimen D0 juga lebih mengalami penurunan yang signifikan jika dibandingkan dengan nilai kekuatan tarik maksimum sebelum dilakukan pelapisan dan dehidrogenasi. Perbandingan penurunan nilai rata-rata kekuatan tarik antara sebelum pelapisan (1649 MPa) dengan D0 (987 MPa) adalah sebesar 40,14%.

3.3 Pembahasan hasil uji keras

Gambar 9. Diagram hasil uji keras

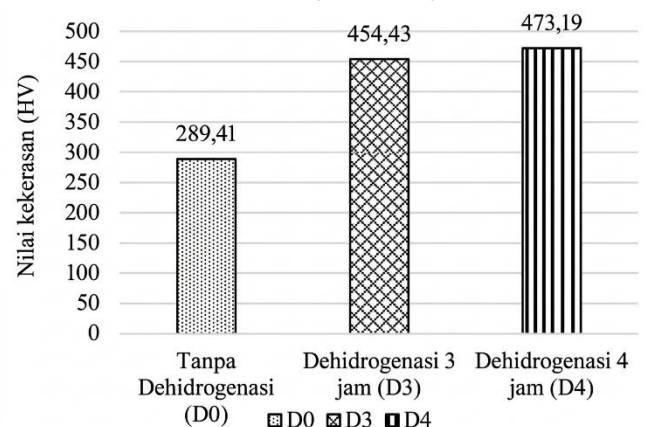


Diagram diatas menunjukkan pengaruh waktu penahanan dehidrogenasi terhadap nilai kekerasan Vickers. Dari diagram tersebut didapat bahwa nilai kekerasan tertinggi pada spesimen D4 yaitu dengan proses dehidrogenasi selama 4 jam dengan nilai 473,19 HV. Persentase perbandingan peningkatan nilai kekerasan antara spesimen D3 dengan D4

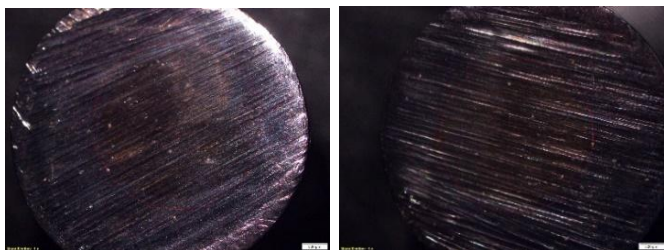
adalah sebesar 3,96%. Semakin bertambahnya waktu penahanan menunjukkan nilai kekerasan meningkat.

### 3.4 Analisa hasil oxalic acid drop test

Oxalic acid drop test ini dilakukan untuk mengetahui kualitas lapisan black oxide terhadap ketahanan korosi. Acuan menentukan kualitas *poor*, *medium*, atau *good* berdasarkan Gambar 11.

*Poor quality* ditunjukkan dengan noda tetesan Bagian tengah dengan noda abu-abu muda. *Medium quality* ditunjukkan dengan noda tetesan tengah berwarna hitam keabu-abuan. Sedangkan, *good quality* ditunjukkan dengan noda tetesan Bagian tengah berwarna hitam atau coklat tua.

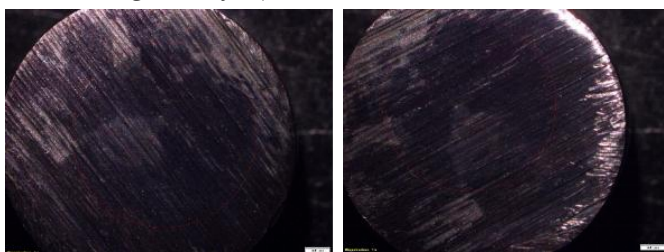
#### a. Hasil oxalic acid drop test pada spesimen D0 (Tanpa Proses Dehidrogenasi)



Gambar 12. Kondisi permukaan spesimen D0 setelah *oxalic acid drop test*

Gambar diatas menunjukkan bekas tetesan larutan asam oksalat yang dilingkari dengan lingkaran merah berwarna coklat tua pada bagian tengah, menandakan bahwa kulitas lapisan termasuk kedalam *good quality*.

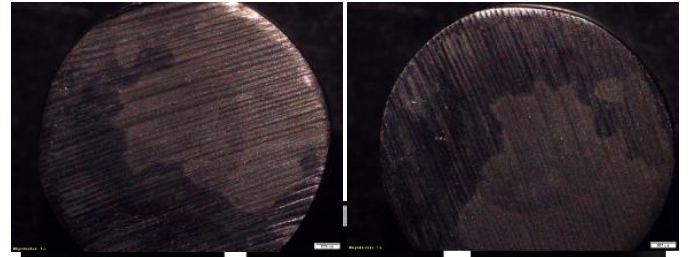
#### b. Hasil oxalic acid drop test pada spesimen D3 (Waktu Dehidrogenasi 3 jam)



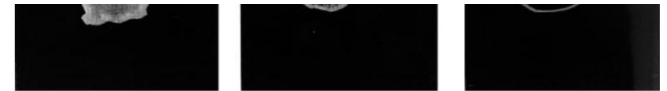
Gambar 13. Kondisi permukaan spesimen D3 setelah *oxalic acid drop test*

Gambar diatas menunjukkan bekas tetesan larutan asam oksalat yang dilingkari dengan lingkaran merah berwarna hitam pada bagian tengah, menandakan bahwa kulitas lapisan termasuk kedalam *good quality*.

#### c. Hasil oxalic acid drop test pada spesimen D4 (waktu Dehidrogenasi 4 jam)



Gambar 14. Kondisi permukaan spesimen D4 setelah *oxalic acid drop test*



termas (a) alam *good qual* (b) (c)

Gambar 11. Acuan menentukan kualitas lapisan (a) *poor quality*, (b) *medium quality*, (c) *good quality* [3]

## 4. Kesimpulan

Dari Analisa hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil pengukuran tertinggi pada hasil uji kekuatan tarik penelitian ini adalah pada spesimen dengan proses dehidrogenasi 4 jam dengan nilai rata-rata kekuatan tarik maksimum 1668 MPa. Semakin bertambahnya waktu penahanan nilai kekuatan tarik meningkat hal tersebut dibuktikan dengan persentase perbandingan peningkatan nilai rata-rata antara D3 dengan D4 adalah sebesar 2,64%.
- Hasil pengukuran tertinggi pada hasil uji nilai kekerasan penelitian ini adalah pada spesimen dengan proses dehidrogenasi 4 jam dengan nilai keekrasan 473,19 HV. Semakin bertambahnya waktu penahanan menunjukkan nilai kekerasan meningkat hal tersebut dibuktikan dengan Persentase perbandingan peningkatan nilai kekerasan antara spesimen D3 dengan D4 adalah sebesar 3,96%.
- Sedangkan spesimen D0 yaitu tanpa proses dehidrogenasi memiliki nilai kekuatan tarik maksimum lebih rendah dibandingkan spesimen lainnya dengan nilai rata-rata 987 MPa. Nilai rata-rata spesimen D0 juga lebih mengalami penurunan yang signifikan jika dibandingkan dengan nilai kekuatan tarik maksimum sebelum dilakukan pelapisan dan dehidrogenasi. Perbandingan penurunan nilai rata-rata kekuatan tarik antara sebelum pelapisan (1649 MPa) dengan D0 (987) adalah sebesar 40,14%.

## References

- M. S. Adhim, "Sintesis Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (Magnetit) dari Batu Besi Menggunakan Metode Kopersipitasi dengan Variasi PH," *Skripsi*, vol. 4, pp. 1–59, 2018.
- S. K. Dwivedi and M. Vishwakarma, "ScienceDirect Hydrogen embrittlement in different materials: A review," vol. 3, 2018.
- "MIL-DTL-13924D," 1999
- M. F. N. Putro, "Pengaruh Temperatur Terhadap

- Penyerapan Hidrogen Pada Baja SA 210 Al Menggunakan Metode Cyclic Voltammetry,” pp. 39–41, 2021, [Online]. Available:  
[https://repository.its.ac.id/98104/1/02111640000058-Undergraduate\\_Thesis.pdf](https://repository.its.ac.id/98104/1/02111640000058-Undergraduate_Thesis.pdf)
- [5] V. Mostetschnig, “Hydrogen Embrittlement.” [Online]. Available:  
<https://aeroenginesafety.tugraz.at/doku.php?id=5%3A54%3A544%3A544#references>
- [6] R. W. Parikesit, “MAKALAH DISLOKASI DAN MEKANISME PENGUATAN Ridho Wahyu Parikesit PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK,” *Univ. TADULAKO*, 2021.
- [7] M. Nagumo, *Fundamentals of Hydrogen Embrittlement*. 2016.
- [8] W. D. Callister and J. Wiley, *Materials Science*. Marcel Dekker, 2007.
- [9] O. A. Sastranegara, “Mengenal Uji Tarik dan Sifat sifat Mekanik Logam,” *Situs infromasi Mek. Mater. dan manufaktur*, vol. 1, 2009.
- [10] K. S. Nabati, “THE USE OF OXALIC ACID AS A WASHING AGENT TO REMOVE,” *Maj. Kulit Politek. ATK Yogyakarta*, vol. 20, no. 2021, pp. 136–147, 2021.