

ANALISIS VARIASI JARAK ANODA KATODA DAN WAKTU PELAPISAN HARDCHROME TERHADAP KEKERASAN DAN KETEBALAN LAPISAN PADA BAJA ST41 YANG DIKERASKAN

Taufiq Achmad Irfandi

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: taufiq.18056@mhs.unesa.ac.id

Akhmad Hafizh Ainur Rasyid

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: akhmadrasyid@unesa.ac.id

Abstrak

King Pin merupakan salah satu komponen utama pada kendaraan truck berbahan baja ST41 yang sering mengalami kerusakan. Dilapangan juga terjadi kelangkaan suku cadang king pin original membuat orang memilih suku cadang non original. Kualitas king pin non original sangatlah rendah dengan kekerasan 43.3 HRC dan king pin original dengan kekerasan 64.1 HRC. Rendahnya kualitas king pin non original tentunya dapat ditingkatkan lagi dengan melakukan proses pelapisan *hardchrome*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan sampel spesimen king pin yang dikeraskan dan diberi lapisan *hardchrome* dengan variasi jarak anoda-katoda 10, 15, 20 cm dan waktu pelapisan 60, 75, 90 menit. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan & ketebalan tertinggi diperoleh pada variasi jarak anoda-katoda 10 cm dan waktu pelapisan 90 menit dengan nilai kekerasan sebesar 67,68 HRC dan nilai ketebalan sebesar 51,85 μm . Sedangkan nilai kekerasan dan ketebalan terendah diperoleh pada variasi jarak anoda katoda 20 cm dan waktu pelapisan 60 menit dengan nilai kekerasan sebesar 43,30 HRC dan nilai ketebalan sebesar 31,00 μm . Maka dapat disimpulkan bahwa semakin dekat jarak antar anoda-katoda dan semakin lama waktu proses pelapisan dapat meningkatkan nilai kekerasan dan ketebalan lapisan *hardchrome*.

Kata Kunci: King Pin, Baja ST41, *hardchrome*, Uji Kekerasan, Uji ketebalan.

Abstract

The King Pin is one of the main components in a truck made of ST41 steel that often experiences damage. There is also a scarcity of original King Pin spare parts in the field, leading people to choose non-original spare parts. The quality of non-original King Pins is significantly low, with a hardness of 43.3 HRC, compared to the original King Pins with a hardness of 64.1 HRC. The low quality of non-original King Pins can be improved by applying a hard chrome plating process. This research utilizes an experimental method with King Pin specimens that are hardened and coated with hard chrome, with variations in the anode-cathode distance of 10, 15, and 20 cm, and plating times of 60, 75, and 90 minutes. From the research results, it can be concluded that the highest hardness and thickness values are obtained with a 10 cm anode-cathode distance and a 90-minute plating time, with a hardness value of 67.68 HRC and a thickness value of 51.85 μm . On the other hand, the lowest hardness and thickness values are obtained with a 20 cm anode-cathode distance and a 60-minute plating time, with a hardness value of 43.30 HRC and a thickness value of 31.00 μm . Therefore, it can be concluded that a closer anode-cathode distance and a longer plating time can increase the hardness and thickness values of the hard chrome coating.

Keywords: King Pin, ST41 steel, *hardchrome*, hardness testing, thickness testing.

PENDAHULUAN

Perkembangan transportasi di Indonesia mengalami peningkatan yang pesat, peningkatan pesat ini diiringi dengan peningkatan ekonomi di Indonesia yang sangat pesat. Badan Pusat Statistik (BPS) sendiri menyatakan bahwa pada tahun 2022 triwulan 1, pertumbuhan sebesar 15,79% dialami pada sektor transportasi dan pergudangan, Pertumbuhan pada sektor tersebut yang tertinggi dibanding sektor usaha lainnya (Yandhi, 2022). Transportasi darat seperti truck yang paling banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan logistik ke berbagai daerah.

Meningkatnya jumlah penggunaan transportasi darat (Truck) tentunya harus diimbangi dengan performa dan kualitas dari truck tersebut, hal tersebut tidak dapat dicapai hanya dengan melakukan pengecekan dan perawatan secara berkala saja, melainkan membutuhkan suku cadang / sparepart yang berkualitas tinggi. Bagian King Pin misalnya, King Pin *Inclination* adalah sudut garis vertical, yang dapat menimbulkan jarak *offset* semakin kecil. King Pin merupakan komponen yang termasuk dalam bagian sistem kemudi yang mempunyai fungsi sebagai pengunci *axle beam* dan untuk ke stabil an sistem kemudi. King Pin

bekerja sebagai pengunci *axle beam* atau as pikul dengan sistem as roda depan.

Jika ditinjau dari sistem kerjanya, king pin mengalami gesekan dan pembebanan secara terus-menerus, hal tersebut dapat menyebabkan permukaan mengalami keausan yang dalam. Keausan yang dalam dapat dipengaruhi oleh tingkat gesekan dan pembebanan yang diberikan as balak terhadap king pin (as pikul). Keausan adalah terjadinya gesekan antar dua benda atau lebih yang menyebabkan terjadinya kerusakan berupa hilangnya material akibat gesekan pada benda tersebut.

Saat dilakukan survei dan wawancara di bengkel Alfian Motor, dalam perawatan dan perbaikan yang dilakukan sering mendapatkan masalah kerusakan pada sistem kemudi dimana penyebab utama kerusakannya terjadi pada king pin. Dalam siklus bulanan saja tercatat terdapat 8 hingga 14 perbaikan untuk masalah kerusakan king pin saja. Pada kendaraan truck dengan merk dan tipe tertentu dilakukan penggantian king pin dalam tempo 2-3 bulan, hal tersebut disebabkan karena memakai suku cadang king pin non original dan tidak tersedianya suku cadang king pin dengan kualitas original.

Namun di lapangan harga suku cadang king pin original sangatlah mahal dan stoknya sangat sedikit, sehingga menyebabkan kelangkaan komponen tersebut. Dalam transportasi darat, suku cadang kingpin tergolong komponen fast moving yang dimana perlu penggantian dalam tempo tertentu atau jika mengalami kerusakan. Hal ini adalah penyebab memilih suku cadang KW atau non-original untuk menunjang kebutuhan suku cadang yang langka dan mahal. Harga suku cadang king pin KW jauh lebih murah dari pada suku cadang yang original.

Material yang digunakan dalam pembuatan poros atau pasak (King pin) adalah material yang memiliki tinggi seperti baja berjenis ST41, ST42, ST60 (Sofarrifai, 2019). Namun baja ST 41 yang paling sering digunakan karena memiliki harga yang lebih murah dan mudah didapat. Daya tahan baja ST41 ini memiliki kekuatan dan keuletan yang cukup baik. King pin memiliki lapisan hard chrome pada bagian permukaannya, lapisan *hardchrome* ini berfungsi untuk mencegah terjadinya keausan yang terjadi pada permukaan king pin akibat gesekan & pembebanan berlebih yang diberikan oleh as balak ke king pin. *Hardchrome* merupakan salah satu metode *surface treatment* bahan yang dapat meningkatkan kekerasan, tahan aus dan tahan korosi (Huang dkk., 2000).

Dalam realitanya, kekerasan hard chrome yang dimiliki suku cadang king pin original sebesar 64.1 HRC dan king pin KW (non-original) sebesar 43.3 HRC. Kekerasan *hardchrome* tersebut memiliki selisih yang cukup signifikan dan kekerasan *hardchrome* king pin KW (non-original) dapat ditingkatkan lagi dengan metode elektroplating pelapisan *hardchrome* atau krom keras

dengan tepat. Elektroplating diartikan sebagai perpindahan ion logam melalui larutan elektrolit dengan media arus listrik, sehingga ion logam dapat mengendap dan membentuk lapisan logam (Huda, 2005).

Pelapisan elektroplating dilakukan untuk mendapatkan kekerasan permukaan yang tinggi, tahan terhadap goresan, tahan aus, dan meningkatkan ketahanan logam terhadap korosi. Di dunia industri sendiri sudah banyak menggunakan metode elektroplating untuk melapisi logam seperti komponen mesin, tromol, piston, poros roda (Suarsana, 2008). Dalam proses elektroplating, tipe pelapisan yang memiliki tingkat kekerasan yang tinggi dan tahan korosi adalah pelapisan *hardchrome* atau krom keras.

Pelapisan krom keras (*hardchrome*) diaplikasikan guna untuk memberikan sifat yang dimiliki pada unsur krom guna untuk memperoleh keuntungan terutama pada sifat tahan terhadap gesekan, keausan, korosi, dan koefisien gesek yang sangat rendah. Menurut (Nasution dan Sakti, 2018) Kekerasan lapisan krom keras (*hardchrome*) dapat dipengaruhi kuat oleh jarak antar anoda dan katoda. Hal itu kekerasan karena semakin dekat jarak antara anoda dan katoda akan mempengaruhi proses reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi saat proses elektroplating.

Dalam proses elektroplating *hardchrome*, salah satu faktor yang dapat mempengaruhi adalah waktu pencelupan (Adnan dkk., 2018). Hal tersebut disebabkan karena semakin lama reaksi oksidasi maka ion logam yang menempel di katoda akan makin banyak. Di dalam industri pelapisan logam terdapat beberapa kondisi yang dapat mempengaruhi kekerasan lapisan *hardchrome* saat proses elektroplating diantaranya, jarak antara anoda katoda, waktu pencelupan, tegangan listrik dan material yang digunakan.

Menurut (Suarsana, 2009) Memberikan pengerasan (*heat treatment*) sebelum dilapisi dengan krom keras dapat meningkatkan kekerasan yang cukup signifikan dibandingkan tanpa memberikan pengerasan. Berdasarkan penjabaran masalah diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh jarak antar anoda katoda dan waktu pelapisan pada proses pelapisan *hardchrome* terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan pada permukaan king pin.

Rumusan Masalah

Pada masalah penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- Bagaimana pengaruh variasi jarak anoda-katoda dan waktu proses elektroplating terhadap kekerasan hasil lapisan *hardchrome*.
- Bagaimana pengaruh variasi jarak anoda-katoda dan waktu proses elektroplating terhadap ketebalan yang dihasilkan dari pelapisan *hardchrome*.

Tujuan Masalah

Tujuan pada penelitian ini yaitu:

- Mengetahui pengaruh variasi jarak anoda-katoda dan waktu proses elektroplating terhadap kekerasan hasil lapisan *hardchrome*.
- Mengetahui pengaruh variasi jarak anoda-katoda dan waktu proses *elektroplating* terhadap ketebalan yang dihasilkan dari pelapisan *hardchrome*.

METODE

Jenis Penelitian

Metode experiment adalah metode yang digunakan pada penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dan ketebalan lapisan *hardchrome* hasil dari proses elektroplating *hardchrome* pada baja ST41 yang telah dikeraskan. Variasi elektroplating yang digunakan waktu plating dan jarak antar anoda-katoda.

Tempat Dan Waktu Penelitian

• Tempat Penelitian

Penelitian ini juga dilakukan di banyak tempat, diantaranya:

1. Spesimen uji dibuat di bengkel Alfian Motor
2. Proses hardening (heat treatment) dilaksanakan di Universitas Negeri Surabaya pada laboratorium pelapisan logam
3. Proses pelapisan *elektroplating hardchrome* dan pengujian kekerasan dan ketebalan spesimen dilakukan di bengkel Mesin Dian

• Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada Januari 2023 sampai Mei 2023

Variabel Penelitian

• Variabel Bebas

Penelitian ini memiliki variabel bebas yaitu variasi jarak antar anoda-katoda 10cm, 15cm, 20cm dan waktu pelapisan 60 menit, 75 menit, 90 menit.

• Variabel Terikat

Penelitian ini memiliki variabel terikat yaitu nilai kekerasan dan nilai ketebalan lapisan *hardchrome*.

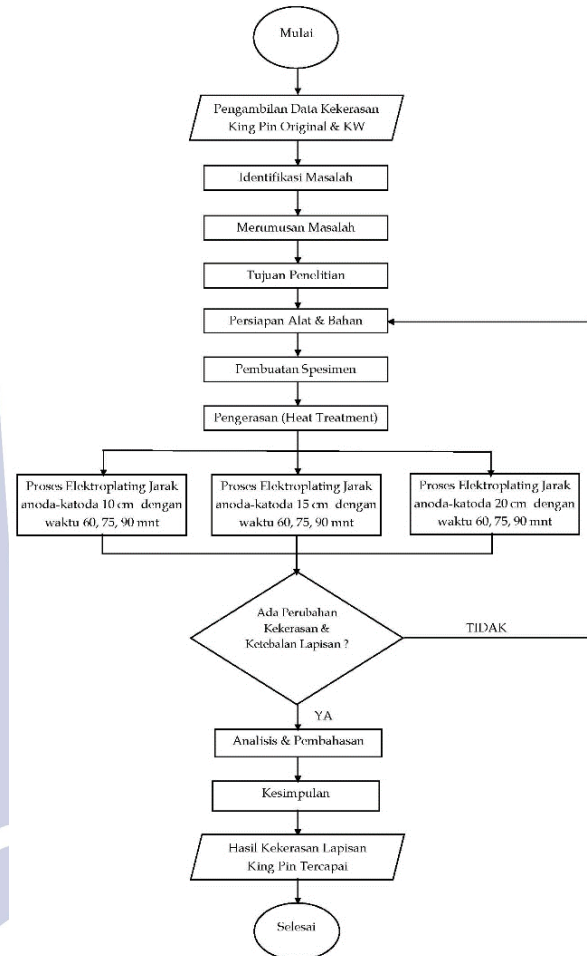
• Variabel Kontrol

Variabel kontrol pada penelitian ini diantaranya:

- Bahan material menggunakan Baja ST 41 yang tergolong baja karbon medium
- Semua spesimen diberi dikeraskan (*hardening*) sebelum dilapisi, dengan suhu
- *hardening* 900°C dan ditahan 15 menit kemudian di *quench* dengan air
- Tegangan yang digunakan sebesar 12V

- Komposisi elektrolit yang digunakan Asam kromat 350 gr/l, Asam sulfat 2 ml/l, katalis 20 ml/l.
- Kondisi operasi dengan *temperature* berkisar 46-57°C dan rapat arus 33A/dm².

Rancangan Penelitian

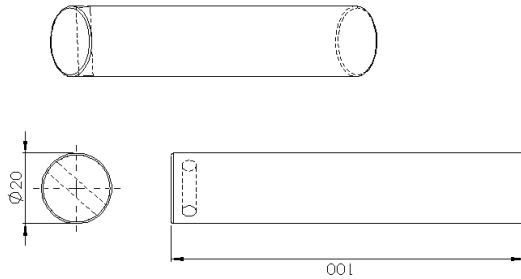


Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Tahap Pembuatan Spesimen

Adapun langkah membuat spesimen ini adalah:

- Siapkan alat dan bahan berupa baja ST41 dengan diameter 20mm dan panjang 6 meter
- Kemudian ukur baja tersebut dengan panjang 100 mm sama bagian, kemudian potong dengan gerinda potong sejumlah 9 bagian.
- Setelah itu kikir tiap ujung spesimen pada bagian yang dipotong agar spesimen tidak terlalu tajam
- Kemudian beri lubang kecil dengan di bor 5 mm pada salah satu ujung spesimen



Gambar 2. Dimensi Spesimen King Pin

Tahap Proses Pengerasan (*Heat Treatment*)

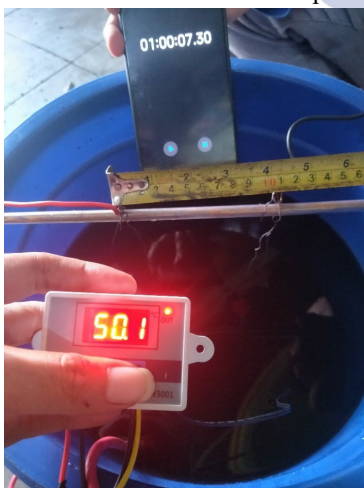
Setelah spesimen dibuat selanjutnya diberikan perlakuan panas *hardening* terlebih dahulu sebelum dilakukan pelapisan krom keras. Baja ST 41 tergolong baja medium karbon maka pengerasan (*hardening*) dilakukan pada suhu austenisasi yaitu 900°C dan ditahan selama 15 menit dan kemudian didinginkan dengan cepat (*quenching*) dengan media air.



Gambar 3. Proses Pengerasan King Pin

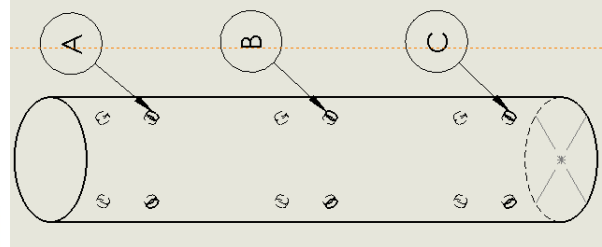
Tahap Proses Pelapisan *Hardchrome*

Setelah dilakukan pengerasan maka selanjutnya diberikan pelapisan *hardchrome* pada permukaan logam dengan proses *electroplating*. Parameter-parameter proses *electroplating* yang digunakan pada proses ini yaitu Tegangan 12v dengan variasi Jarak anoda dan katoda 10cm, 15cm, 20cm dan variasi waktu. pelapisan 60 menit, 75 menit, 90 menit, komposisi larutan dan kondisi operasi yaitu asam kromat 350 gr/l, asam sulfat 2 ml/l, katalis 20 ml/l, Temperatur berkisar 38-46°C dan rapat arus 33A/dm²

Gambar 4. Proses Pelapisan *Hardchrome*

Tahap Pengujian Kekerasan Lapisan Spesimen

Pengujian kekerasan dilakukan dengan alat uji *leeb hardness tester* dengan merk HM-6580. Alat uji *leeb hardness tester* sudah sesuai standar baku ASTM A596. Pengujian kekerasan dilakukan pada bagian atas yang di beri tanda kode A, bagian tengah yang di beri tanda kode B, bagian bawah yang di beri tanda kode C, dengan jumlah 12 titik pengujian dan tiap titik diuji sebanyak 1 kali.



Gambar 5. Titik Pengujian Pada Spesimen

Tahap Pengujian Ketebalan Lapisan Spesimen

Untuk mengetahui ketebalan (deposit) lapisan *hardchrome* yang melapisi permukaan maka perlu dilakukan uji ketebalan. Pengujian ketebalan dilakukan dengan alat uji *Coating Thickness Gauge* dengan merk UNI-T type UT343D. Pengujian ketebalan dilakukan sama seperti dilakukannya uji kekerasan yaitu pada bagian atas yang diberi kode A, bagian tengah yang diberi kode B, bagian bawah yang diberi kode C, dengan jumlah 12 titik pengujian dan tiap titik diuji sebanyak 1 kali.

Tahapan yang dilakukan untuk melakukan pengujian ketebalan uji ini cukup simpel, yaitu nyalakan alat uji dan tempelkan probe dari *coating thickness gauge* ke titik spesimen yang akan diuji maka nilai ketebalan akan muncul pada layar alat uji. Lakukan pengujian ini pada setiap titik-titik uji spesimen dan uji seluruh spesimen agar mendapatkan hasil ketebalan dari proses pelapisan *hardchrome* yang telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian

• Hasil Pengujian Kekerasan Lapisan

Berikut hasil uji kekerasan yang dilakukan dengan alat uji *Leeb Hardness Tester* tipe HM-6580 dengan skala pengukuran nilai kekerasan Hardness Rockwell (HRC). Hasil nilai kekerasan lapisan dimasukkan dalam bentuk tabel dan angka seperti tabel dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Uji Kekerasan Lapisan Baja ST41 Pada Waktu Pelapisan 60 menit

Spesimen	Jarak	Kekerasan Lapisan (HRC)			
		Titik			
		1	2	3	4
1 A	10	47,8	47,5	46,9	47,6
1 B		46,8	47,2	47,0	47,7
1 C		48,0	48,2	47,6	47,3

Rata-Rata		47,5			
2 A	15	45,1	46,1	45,5	45,8
2 B		44,8	45,2	44,9	45,7
2 C		45,9	45,6	45,1	46,0
Rata-Rata		45,5			
3 A	20	43,4	43,7	43,2	42,9
3 B		44,0	43,6	43,9	43,5
3 C		43,6	43,8	43,1	44,1
Rata-Rata		43,6			

Tabel 2. Hasil Uji Kekerasan Lapisan Baja ST41 Pada Waktu Pelapisan 75 Menit.

Spesimen	Jarak	Kekerasan Lapisan (HRC)			
		Titik			
		1	2	3	4
4 A	10	57,8	57,1	56,7	58,0
4 B		58,2	56,7	57,6	57,1
4 C		58,0	57,3	57,4	58,2
Rata-Rata		57,5			
5 A	15	55,1	55,8	56,5	55,1
5 B		54,7	54,5	54,9	55,1
5 C		55,9	55,6	55,7	54,8
Rata-Rata		55,3			
6 A	20	52,4	53,4	52,8	53,7
6 B		52,0	53,1	53,5	52,3
6 C		53,8	52,1	52,9	53,3
Rata-Rata		52,9			

Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan Lapisan Baja ST41 Pada Waktu Pelapisan 90 Menit.

Spesimen	Jarak	Kekerasan Lapisan (HRC)			
		Titik			
		1	2	3	4
7 A	10	68,1	68,0	67,1	67,5
7 B		67,0	67,5	67,2	68,0
7 C		67,6	67,2	67,7	67,6
Rata-Rata		67,5			
8 A	15	65,3	65,2	66,0	65,5
8 B		66,1	65,1	64,9	66,2
8 C		65,0	65,3	65,7	65,6
Rata-Rata		65,5			
9 A	20	62,6	61,7	61,5	62,5
9 B		62,1	61,9	62,3	62,8
9 C		63,0	62,8	63,1	62,2
Rata-Rata		62,4			

Tabel 4. Hasil Uji Kekerasan Dasar Baja ST41 (Raw Material)

Spesimen	Kekerasan Lapisan (HRC)			
	Titik			
	1	2	3	4
10	14,8	15,2	14,6	15,0
Rata Rata		14,90		

Dari hasil uji kekerasan diatas, maka dapat dibuatkan grafik dari rata-rata hasil uji kekerasan lapisan (HRC), seperti pada gambar grafik dibawah ini:



Gambar 6. Grafik Hasil Uji Nilai Kekerasan Lapisan

Dari grafik hasil uji kekerasan lapisan pada gambar diatas dapat diketahui bahwa makin dekat jarak anoda-katoda dan bertambahnya nilai waktu pelapisan dapat mempengaruhi pada nilai kekerasan lapisan yang meningkat. Pada hasil grafik diatas nilai kekerasan lapisan tertinggi didapat pada jarak 10cm dengan waktu 90 menit memiliki nilai rata-rata kekerasan sebesar 67,5 HRC dan nilai kekerasan terendah didapat pada jarak 20cm dengan waktu 60 menit memiliki rata-rata nilai kekerasan sebesar 43,6 HRC.

• Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan

Berikut hasil uji kekerasan yang dilakukan dengan alat uji *coating thickness gauge* dengan skala pengukuran nilai ketebalan mikro milimeter (μm). Hasil nilai kekerasan lapisan dimasukkan dalam bentuk tabel dan angka seperti. tabel dibawah ini:

Tabel 5. Hasil Uji Ketebalan Lapisan Baja ST41 Pada Waktu Pelapisan 60 menit

Spesimen	Jarak	Ketebalan Lapisan (μm)			
		Titik			
		1	2	3	4
1 A	10	35,7	35,5	36,0	35,2
1 B		36,1	35,4	35,8	35,8
1 C		35,3	35,5	35,6	35,9
Rata-Rata		35,65			
2 A	15	33,4	33,7	33,2	33,3
2 B		34,1	33,8	33,9	34,0
2 C		33,2	34,1	33,5	33,0
Rata-Rata		33,6			
3 A	20	31,1	30,9	30,7	31,3
3 B		32,0	31,9	32,1	31,6
3 C		30,9	31,4	32,0	31,5
Rata-Rata		31,5			

Tabel 6. Hasil Uji Ketebalan Lapisan Baja ST41 Pada Waktu Pelapisan 75 menit

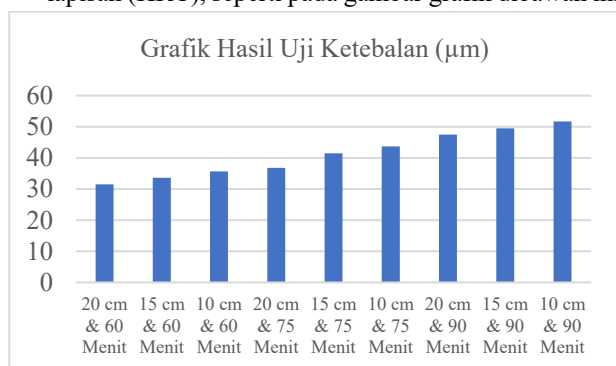
Spesimen	Jarak	Ketebalan Lapisan (μm)			
		Titik			

		1	2	3	4
4 A	10	43,8	43,0	43,5	43,1
4 B		44,2	44,0	43,9	43,7
4 C		43,6	43,7	43,5	44,1
Rata-Rata		43,7			
5 A	15	41,5	42,0	41,5	42,1
5 B		40,9	41,0	41,4	41,1
5 C		41,9	41,1	41,4	41,6
Rata-Rata		41,5			
6 A	20	39,2	39,0	39,1	38,9
6 B		38,1	38,6	38,3	38,4
6 C		38,6	38,0	38,4	38,8
Rata-Rata		36,8			

Tabel 7. Hasil Uji Ketebalan Lapisan Baja ST41 Pada Waktu Pelapisan 90 menit

Spesimen	Jarak	Ketebalan Lapisan (μm)			
		Titik			
		1	2	3	4
7 A	10	51,9	52,0	51,7	51,8
7 B		51,1	51,5	51,4	52,0
7 C		52,1	51,8	51,3	51,2
Rata-Rata		51,7			
8 A	15	49,5	49,0	49,2	49,7
8 B		50,1	49,6	49,9	49,6
8 C		50,2	49,0	49,8	48,9
Rata-Rata		49,5			
9 A	20	47,2	48,1	47,2	47,5
9 B		47,3	47,1	47,4	47,0
9 C		48,0	47,7	47,9	47,6
Rata-Rata		47,5			

Dari hasil uji ketebalan diatas, maka dapat dibuatkan grafik dari rata-rata hasil uji ketebalan lapisan (HRC), seperti pada gambar grafik dibawah ini:



Gambar 7. Grafik Hasil Uji Nilai Ketebalan Lapisan

Dari grafik hasil uji ketebalan lapisan pada gambar diatas dapat diketahui bahwa semakin dekat jarak anoda-katoda dan bertambahnya waktu pelapisan dapat mempengaruhi pada nilai ketebalan lapisan yang meningkat. Pada hasil grafik diatas nilai ketebalan lapisan tertinggi didapat pada jarak 10cm dengan waktu 90 menit memiliki nilai rata-rata ketebalan sebesar 51,7

μm dan nilai ketebalan terendah didapat pada jarak 20cm dengan waktu 60 menit memiliki rata-rata nilai ketebalan sebesar 31,5 μm .

Pembahasan

Analisa Statistik Hasil Uji Kekerasan Lapisan

Agar hasil data valid dan menjawab hipotesa, maka perlu dilakukan pengujian menggunakan metode ANOVA Dua Jalur (*Univariate Two Way Anova*) dan dilanjut dengan uji T *independent*. Dalam analisisnya menggunakan aplikasi SPSS 25 untuk mendapatkan jawaban dari rumusan yang dibuat. Sebelum dilakukan analisis anova dua jalur, data harus dipastikan bahwa data dari masing-masing varian harus berdistribusi normal, sama (homogen). Berikut hasil uji normalitas dan homogen

Tabel 8. Hasil Uji Normalitas Data Nilai Kekerasan Lapisan

Tests of Normality						
Standardized Residual for Hasil	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
	.076	108	.139	.979	108	.083

Dari hasil uji normalitas pada nilai kekerasan lapisan dapat diketahui nilai sig. dari uji normalitas Kolmogorov-Smirnov sebesar 0,139 dan nilai sg. Dari uji normalitas Shapiro-Wilk sebesar 0,083. Dari kedua metode uji normalitas tersebut nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 maka disimpulkan bahwa data hasil pengujian kekerasan berdistribusi normal.

Tabel 9. Hasil Uji Homogenitas (*Levene's test*) Data Nilai Kekerasan Lapisan

Levene's Test of Equality of Variances ^{a,b}			Sig.
Hasil Kekerasan King Pin	Based on Mean		.196
	Based on Median		.384
	Based on Median and with adjusted df		.386
	Based on trimmed mean		.206

Dari hasil uji homogenitas pada nilai kekerasan lapisan dapat diketahui nilai sig. dari *Based on trimmed mean* sebesar 0,206 lebih besar dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa data hasil pengujian kekerasan adalah homogen.

Tabel 10. Hasil Uji Anova

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Hasil Kekerasan King Pin					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7317.425 ^a	8	914.678	3836.320	.000
Intercept	330240.541	1	330240.541	1385086.540	.000
Waktu	6938.527	2	3469.263	14550.697	.000
Jarak	372.617	2	186.309	781.411	.000
Waktu * Jarak	6.281	4	1.570	6.586	.000
Error	23.604	99	.238		
Total	337581.570	108			
Corrected Total	7341.029	107			

Dari uji anova diatas dapat diketahui bahwa variabel waktu*jarak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat (nilai kekerasan). Hal itu dibuktikan pada nilai signifikansi waktu*jarak sebesar

0,000 lebih. kecil dari nilai alfa 0,05 maka, bisa disimpulkan bahwa variabel waktu*jarak berpengaruh signifikan terhadap hasil kekerasan lapisan *hardchrome*.

Tabel 11. Hasil Uji *T-Test Independent Data Kekerasan*

NO	Jarak & Waktu	T	Sig.(2-tailed)
1	10 cm & 15 cm dalam 60 menit	11.075	.000
2	10 cm & 20 cm dalam 60 menit	23.638	.000
3	15 cm & 20 cm dalam 60 menit	11.477	.000
4	10 cm & 15 cm dalam 75 menit	9.514	.000
5	10 cm & 20 cm dalam 75 menit	19.109	.000
6	15 cm & 20 cm dalam 75 menit	9.531	.000
7	10 cm & 15 cm dalam 90 menit	12.451	.000
8	10 cm & 20 cm dalam 90 menit	28.326	.000
9	15 cm & 20 cm dalam 90 menit	16.027	.000
10	60 mnt & 75 mnt dalam 10 cm	-49.945	.000
11	60 mnt & 90 mnt dalam 10 cm	-121.631	.000
12	75 mnt & 90 mnt dalam 10 cm	-53.069	.000
13	60 mnt & 75 mnt dalam 15 cm	-46.154	.000
14	60 mnt & 90 mnt dalam 15 cm	-111.532	.000
15	75 mnt & 90 mnt dalam 15 cm	-48.092	.000
16	60 mnt & 75 mnt dalam 20 cm	-44.740	.000
17	60 mnt & 90 mnt dalam 20 cm	-103.145	.000
18	75 mnt & 90 mnt dalam 20 cm	-40.358	.000

Berikut adalah hasil uji t dari data nilai kekerasan. Pedoman hipotesis menunjukan jika nilai Sig.(2-tailed) dapat diterima apabila nilainya Sig.(2-tailed) < 0,05. Hasil yang didapat pada tabel diatas menunjukan bahwa seluruh variasi variabel bebas dan terikat pada Sig.(2-tailed) bernilai 0,000. Hal ini menunjukan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil pelapisan *hardchrome* terhadap kekerasan lapisan setiap antar variabel bebas maupun terikat.

• Pembahasan Hasil Uji Kekerasan Lapisan

Pada proses electroplating *hardchrome* jarak natar anoda-katoda & waktu pelapisan memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasan lapisan yang dihasilkan, hal tersebut telah terbukti bahwa setiap kali jarak didekatkan nilai kekerasan ikut naik, begitu pula setiap kali waktu pelapisan semakin lama maka nilai kekerasan juga ikut naik. Kekerasan tertinggi dihasilkan pada jarak 10 cm dan waktu pelapisan 90 menit dengan nilai rata-rata kekerasan sebesar 67,5

HRC. Dan kekerasan terendah dihasilkan pada jarak 20 cm dan waktu pelapisan 60 menit dengan nilai rata-rata kekerasan sebesar 43,6 HRC. Berikut ada beberapa faktor yang mempengaruhi naiknya nilai kekerasan lapisan :

- Peningkatan kekerasan permukaan baja ST41 disebabkan karena adanya penambahan unsur krom pada permukaan baja ST41. Dimana unsur krom memiliki nilai kekerasan 8,5 Mohs dibanding baja carbon hanya berkisar 4,5 Mohs.
- Nilai kekerasan lapisan *hardchrome* meningkat seiring dengan jarak antar anoda-katoda yang diterapkan saat proses pelapisan *hardchrome*. Semakin dekat jarak anoda.katoda maka dapat memperkecil hambatan pada larutan dan mempercepat elektron mengalir menuju katoda dan terjadi pengendapan krom pada permukaan katoda.
- Nilai kekerasan lapisan *hardchrome* meningkat seiring dengan lama waktu pelapisan yang dilakukan. Hal tersebut juga sejalan dengan teori hukum faraday yaitu berat endapan (W) sebanding dengan kuat arus (I) dan waktu plating (t) Jika nilai t (waktu) nya tinggi maka endapan yang menempel akan tinggi, semakin lama waktu pelapisan maka ketebalan yang dihasilkan semakin tinggi sehingga membuat lapisan *hardchrome* merata dengan sempurna. Ketebalan yang baik dan sempurna membuat lapisan memiliki kekerasan yang tinggi.

• Analisa Statistik Hasil Uji Ketebalan Lapisan

Agar hasil. data valid dan menjawab hipotesa, maka dilakukan. pengujian menggunakan metode ANOVA Dua Jalur (*Univariate Two Way Anova*) dan dilanjut dengan uji T *independent* Dalam analisisnya menggunakan aplikasi SPSS 25 untuk mendapatkan jawaban dari rumusan yang dibuat Sebelum dilakukan analisis anova dua jalur, data. harus dipastikan terlebih dahulu bahwa data dari masing-masing varian harus berdistribusi normal, sama (homogen). Berikut hasil uji normalitas dan homogen

Tabel 12. Hasil Uji Normalitas Data Nilai Ketebalan Lapisan

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		Ketebalan
N		108
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	1.6124
	Std. Deviation	.07382
Most Extreme Differences	Absolute	.124
	Positive	.105
	Negative	-.124
Test Statistic		.124
Asymp. Sig. (2-tailed)		.000 ^c
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig.	.064 ^d
	99% Confidence Interval	
	Lower Bound	.058
	Upper Bound	.070

Dari hasil uji normalitas pada nilai ketebalan lapisan dapat diketahui nilai sig dari uji normalitas

Kolmogorov-Smirnov sebesar 0,064 yang berarti nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 maka dapat dikatakan bahwa data hasil pengujian ketebalan berdistribusi normal.

Tabel 13. Hasil uji Homogenitas Data Nilai Ketebalan lapisan

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.	
Ketebalan	Based on Mean	2.491	8	99	.117
	Based on Median	.996	8	99	.444
	Based on Median and with adjusted df	.996	8	12.771	.483
	Based on trimmed mean	1.334	8	99	.236

Dari hasil uji data nilai ketebalan lapisan pada tabel diatas dapat diketahui nilai sig. dari *Based on trimmed mean* sebesar 0,236 lebih besar dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa data hasil pengujian ketebalan adalah homogen.

Tabel 14. Hasil Uji Anova Data Nilai Ketebalan lapisan

Dependent Variable: Ketebalan					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.575 ^a	8	.072	880.896	.000
Intercept	280.790	1	280.790	3441646.224	.000
Waktu	.532	2	.266	3257.561	.000
Jarak	.042	2	.021	257.758	.000
Waktu * Jarak	.001	4	.000	4.132	.004
Error	.008	99	8.159E-5		
Total	281.373	108			
Corrected Total	.583	107			

Dari uji anova diatas dapat diketahui bahwa variabel waktu*jarak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap <variabel terikat (nilai ketebalan). Hal itu dibuktikan pada nilai signifikansi waktu*jarak sebesar 0,004 lebih kecil dari nilai alfa 0,05 maka, dapat disimpulkan bahwa variabel waktu*jarak berpengaruh signifikan terhadap hasil ketebalan lapisan *hardchrome*.

Tabel 15. Hasil Uji T-Test Independent Data Ketebalan

NO	Jarak & Waktu	T	Sig.(2-tailed)
1	10 cm & 15 cm dalam 60 menit	14.926	.000
2	10 cm & 20 cm dalam 60 menit	26.017	.000
3	15 cm & 20 cm dalam 60 menit	12.068	.000
4	10 cm & 15 cm dalam 75 menit	14.255	.000
5	10 cm & 20 cm dalam 75 menit	32.697	.000
6	15 cm & 20 cm dalam 75 menit	17.743	.000
7	10 cm & 15 cm dalam 90 menit	13.216	.000
8	10 cm & 20 cm dalam 90 menit	28.857	.000
9	15 cm & 20 cm dalam 90 menit	12.451	.000
10	60 mnt & 75 mnt dalam 10 cm	-60.113	.000
11	60 mnt & 90 mnt dalam 10 cm	-125.661	.000
12	75 mnt & 90 mnt dalam 10 cm	-55.227	.000

13	60 mnt & 75 mnt dalam 15 cm	-49.482	.000
14	60 mnt & 90 mnt dalam 15 cm	-95.100	.000
15	75 mnt & 90 mnt dalam 15 cm	-47.652	.000
16	60 mnt & 75 mnt dalam 20 cm	-39.956	.000
17	60 mnt & 90 mnt dalam 20 cm	-91.856	.000
18	75 mnt & 90 mnt dalam 20 cm	-57.627	.000

Berikut adalah hasil uji t dari data nilai ketebalan. Pedoman hipotesis menunjukan jika nilai Sig.(2-tailed) dapat diterima apabila nilainya Sig.(2-tailed) < 0,05. Hasil yang didapat pada tabel diatas menunjukan bahwa seluruh variasi variabel bebas dan terikat pada Sig.(2-tailed) bernilai 0,000. Hal ini menunjukan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil pelapisan *hardchrome* terhadap ketebalan lapisan setiap antar variabel bebas maupun terikat.

• Pembahasan Hasil Uji Ketebalan Lapisan

Pada proses elektroplating *hardchrome* jarak, natar anoda-katoda & waktu pelapisan memiliki pengaruh terhadap nilai ketebalan lapisan yang dihasilkan, hal tersebut telah terbukti bahwa setiap kali jarak didekatkan nilai ketebalan ikut naik, begitu pula setiap kali waktu pelapisan semakin lama maka nilai ketebalan juga ikut naik. ketebalan tertinggi dihasilkan pada jarak 10 cm dan waktu pelapisan 90 menit dengan nilai rata-rata ketebalan sebesar 51,7 µm Dan ketebalan terendah dihasilkan pada jarak 20 cm dan waktu pelapisan 60 menit dengan nilai rata rata ketebalan sebesar 31,5 µm. Berikut ada beberapa faktor yang mempengaruhi naiknya nilai ketebalan lapisan :

- Nilai ketebalan lapisan *hardchrome* meningkat seiring dengan jarak antar anoda-katoda yang diterapkan saat proses pelapisan *hardchrome*. Semakin dekat jarak anoda-katoda maka dapat memperkecil hambatan pada larutan dan mempercepat elektron mengalir menuju katoda dan terjadi pengendapan krom pada permukaan katoda.
- Nilai ketebalan lapisan *hardchrome* meningkat seiring dengan lama waktu pelapisan yang dilakukan. Hal tersebut juga sejalan dengan teori hukum faraday dimana dalam hukum faraday yaitu berat endapan (W) sebanding dengan kuat arus (I) dan waktu plating (t). Jika nilai t (waktu) nya tinggi maka endapan yang menempel akan tinggi, semakin lama waktu. pelapisan maka ketebalan yang dihasilkan semakin tinggi sehingga membuat lapisan *hardchrome* merata dengan sempurna.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Terdapat pengaruh signifikan nilai kekerasan pada baja ST41 yang diberikan pelapisan *hardchrome* dengan variasi jarak anoda-katoda 10cm, 15cm, 20cm dan waktu pelapisan 60 menit, 75 menit, 90 menit. Nilai kekerasan tertinggi didapatkan 67,68 HRC pada variasi jarak anoda-katoda 10cm dan waktu pelapisan 90 menit. Nilai kekerasan terendah didapatkan 43,30 HRC pada variasi jarak anoda-katoda 20cm dan waktu pelapisan 60 menit. Pernyataan tersebut juga didukung hasil analisis data pengujian anava dua jalur yang menunjukkan pengaruh variasi jarak. anoda-katoda dan waktu pelapisan terhadap nilai kekerasan yang dihasilkan berpengaruh sebesar 99,7%.
- Terdapat pengaruh yang signifikan nilai ketebalan lapisan pada baja ST41 yang diberikan pelapisan *hardchrome* dengan variasi jarak anoda-katoda 10cm, 15cm, 20cm dan waktu pelapisan 60 menit, 75 menit, 90 menit. Nilai ketebalan tertinggi sebesar 51,85 μm pada variasi jarak anoda-katoda 10cm dan waktu pelapisan 90 menit. Nilai ketebalan terendah didapatkan 31,00 μm pada variasi jarak anodal-katoda 20cm dan waktu pelapisan 60 menit. Pernyataan tersebut juga didukung hasil analisis data pengujian anava dua jalur yang menunjukkan pengaruh variasi jarak anoda-katoda dan waktu pelapisan terhadap nilai ketebalan yang dihasilkan berpengaruh sebesar 98,5%.

Saran

Pada penelitian ini terdapat beberapa saran dan masukan yang dapat disampaikan penulis, sebagai berikut:

- Dalam proses *electroplating hardchrome* harus memperhatikan jarak minimum yang diberlakukan, karena jika jarak antar anoda-katoda terlalu dekat dapat menyebabkan terjadinya gelembung-gelembung udara yang dapat mengganggu proses *electroplating* yang disebabkan; oleh perbedaan potensial yang terlalu tinggi, dapat membuat lapisan terbakar dan hasil pelapisan tipis karena tidak terjadi proses pengendapan krom dengan sempurna.
- Diharapkan penelitian selanjutnya menggunakan bahan material yang berbeda untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan hasil pada nilai kekerasan dan ketebalan lapisan.
- Diharapkan pada penelitian selanjutnya melakukan uji SEM untuk mengetahui struktur mikro dan komposisi elemental lapisan yang dihasilkan pelapisan *hardchrome* dengan metode *electroplating* variasi jarak anoda-katoda dan waktu pelapisan.

- Pada aplikasinya king pin sering kali mendapat benturan keras dari beban yang diberikan as balak maka pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan uji bending guna mengetahui berapa nilai gaya tekan yang dihasilkan dan apakah terdapat perbedaan nilai gaya tekan yang dihasilkan dari pelapisan *hardchrome* dengan metode *electroplating* variasi jarak anoda-katoda dan waktu pelapisan.
- Diharapkan pada peneliti selanjutnya dapat merekomendasikan variasi jarak & waktu yang dapat diaplikasikan pada kendaraan dengan mempertimbangkan semua aspek yang bergesekan dengan kingpin

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, M., Noerochim, L., dan Nurdiansah, H. (2018): Pengaruh Variasi Waktu Pencelupan Terhadap Ketebalan, Kekerasan dan Ketahanan Korosi Hasil Elektroplating Nikel-Hard Krom pada Baja AISI 4340, *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), 257–262.
- Aliviameita, A. (2020): Buku Ajar Mata Kuliah Imunohematologi, Buku Ajar Mata Kuliah Imunohematologi. <https://doi.org/10.21070/2020/978-623-6833-44-5>
- Andinata, F, Destyorini, F, Sugiarti, E, Munasiri1, dan T, Zaini Kemas A. 2012. Pengaruh Ph Larutani Elektrolit Terhadap Tebal Lapisan Elektroplating Nikel Pada Baja St 37. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*.
- Borg, W. R. and Gall, M. D. (1983): *Educational Research An Introduction* (5 Th), Longman, New York.
- Budi, H. (2019): Sifat Mekanik, diperoleh 20 November 2022, melalui situs internet: <https://lecturer.ppns.ac.id/hendribudikurniyanto/2019/09/07/sifat-mekanik/>.
- Edo Riyan (2018): Studi Eksperimen Pengaruh Suhu Tempering Pada Baja Pegas JIS SUP 9 Terhadap Impact, Edo Riyan Permana Akhmad Hafizh Ainur Rasyid, *Journal Teknik Mesin*, diperoleh melalui situs internet: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/23443>, 06(01), 17–24.
- Galat, T. Y., dan Shende, P. A. (2021): Machine Translated by Google Review Analisis Kegagalan Kendaraan Tugan Berat King-Pin Terlampir di Gandar Depan Machine Translated by Google, 9, 67–70.
- Huang, C. A., Tu, G., Liaoi, M., dan Kao, Y. (2000): Hard Chromium Plating On Cold Swaged Cr-Mo Steel Using Rotating Cylinder Electrode, *Journal of Materials Science Letters - J MATER SCI LETT*, 19, 1357–1359. <https://doi.org/10.1023/A:1006701215708>
- Huda, P. S. (2005): Teknologi Industri Elektroplating, 5-8;91-95;119;123.

- Mustopo, Y. D. (2011): Pengaruh Waktu Terhadap Ketebalan Dan Adhesivitas Lapisan Pada Proses Elektroplating Khrom Dekoratif Tanpa Lapisan Dasar, Dengan Lapisan Dasar Tembaga Dan Tembaga-Nikel, *Universitas Sebelas Maret*, 45.
- Nasution, D. I., dan Sakti, A. M. (2018): Pengaruh Jarak Anoda Katoda Dan Waktu Pencelupan Pada Proses Pelapisan Nikel-Krom Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Lapisan Permukaan Knalpot Sepeda Motor, *Jtm*, **06**(01), 41–49.
- Nasution, I. T. (2014): Modul 1 Material Baja Sebagai Bahan Struktur, 1–36.
- Prasetyo, Y. D. (2016): Pengaruh Variasi Tegangan dalam Proses Elektroplating Seng pada Baja Api 51 Grade B Terhadap Ketahanan Korosi, Kekuatan Adhesi, dan Ketebalan Lapisan, diperoleh melalui situs internet: <http://repository.its.ac.id/id/eprint/71336>, 96.
- Priyambodo, B. H., dan Kristiawan, Y. (2020): Pengaruh Durasi Hard Chrome Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Karbon S45C, *Jurnal Crankshaft*, **3**(2), 29–34. <https://doi.org/10.24176/crankshaft.v3i2.5212>
- Purwanto, P. (2018): Teknik Penyusunan Instrumen Uji Validitas Dan Reliabilitas Penelitian Ekonomi Syariah.
- Raharjo, S. (2010): Pengaruh Variasi Tegangan Listrik Dan Waktu Proses Elektroplating Terhadap Ketebalan Serta Kekerasan Lapisan Pada Baja Karbon Rendah dengan Krom, 86.
- Rian, F. (2019): Analisa Laju Korosi Dengan Variasi Waktu, Kecepatan Dan Salinitas Air Laut Pada Lunas Bilga (Bilge Keel) Kapal, Rian Friansyah Abstrak, *Jptm*, **9**(1), 80.
- Ridlwani, A. S. (2016): Pengaruh Jarak Anoda Katoda Teknik Elektroplating Seng Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Hasil Lapisan, **1**, 35–41.
- Setyahandana, B., dan Christianto, Y. E. (2017): Pengaruh Hard Chrome Plating pada Peningkatan Kekerasan Baja Komponen Kincir, *Media Teknika Jurnal Teknologi*, **12**(1), 26–35.
- Shanmugasundaram, N., Tharani, T., R. P. C., dan S. V. S. (2021): Experimental Investigation of Traffic Pollution in Ambient Air, Coimbatore City, India, *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)*, **6**(1), 1046–1053. <https://doi.org/10.48175/568>
- Sofaririfai, M. (2019): Pengaruh Variasi Beda Temperatur Terhadap Sifat Kekerasan Baja St 41.
- Suarsana (2009): Pengaruh Tegangan, Suhu Dan Waktu Pelapisan Hard Chrome Terhadap Keausan Dan Kekerasan Lapisan Pada Baja AISI 1045 Tanpa Dan Dengan Pengerasan, diperoleh melalui situs internet: http://etd.repository.ugm.ac.id/index.php/home/detail_pencarian/42906.
- Suarsana (2014): Pengetahuan Material Teknik, 1–71.
- Suarsana, I. K. (2008): Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel Pada Tembaga Dalam Pelapisan Khrom Dekoratif Terhadap Tingkat Kecerahan Dan Ketebalan Lapisan, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*, **2**(1), 48–60.
- Sugiyono, P. D. (2010): Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D, Alfabeta, Bandung.
- Sugiyono (2016): Statistika untuk Penelitian, 1–370.
- Sugiyarta, A.P Bayuseno, S. N. (2012): Pengaruh Konsentrasi Larutan Dan Kuat Arus Terhadap Ketebalan Pada Proses Pelapisan Nikel Untuk Baja Karbon Rendah, *Jurnal Teknik Mesin UNIP*, diperoleh melalui situs internet: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi-23->, **(1)**, 23–27.
- Suherman, W. (2003): *Ilmu Logam I*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sukaini (2013): Teknik Las SMAW Teknik Las SMAW, 7.
- Syahri, B., Putra, Z. A., dan Helmi, N. (2017): Analisis Kekerasan Baja Assab 705 Yang Diberi Perlakuan Panas Hardening Dan Media Pendingin, *Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, **17**(1), 17–26.
- Tarwijayanto, D., Raharjo, W. P., dan Triyono, T. (2013): Pengaruh Arus Dan Waktu Pelapisan Hard Chrome Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Tingkat Kekerasan Mikro Pada Plat Baja Karbon Rendah AISI 1026 Dengan Menggunakan Cro3 250 Gr/Lt Dan H2SO4 2,5 Gr/Lt Pada Proses Elektroplating, *Mekanika*, **11**(2), 105–115.
- Umiahi, S. (2008): Ketahanan Material Baja Sebagai Struktur Bangunan Terhadap Kebakaran, *Ketahanan Material Baja Sebagai Struktur Bangunan Terhadap Kebakaran*, **1**(29), 9–12.
- Wibowo, A. C. (2016): Pengaruh Variasi Waktu Proses Hard Chrome Pada Washer (Ring) Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Lapisan, *Jurnal Teknik Mesin UNNES*, **6**(1), 45.
- Yandhi (2022): Sektor Transportasi Pergudangan Tumbuh 15,79 Persen di Kuartal I 2022, *CNN INDONESIA*, diperoleh 1 Oktober 2022, melalui situs internet: <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20220511152305-92-795541/sektor-transportasi-pergudangan-tumbuh-1579-persen-di-kuartal-i-2022>.
- Yuspian, G., Nanang, E., dan Bayu Hari, A. (2017): Kata kunci: Pengelasan, kekuatan kekuatan tarik dan kekerasan., *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, **2**(1), 1–12.