

ANALISIS KEKRASAN BAJA ST 41 pada PELAPISAN METODE *HOT DIP GALVANIZING* dengan VARIASI *HOLDING TIME* dan MEDIA PENDINGIN

Muhammad Rafiud Darajat^[1], Priyagung Hartono^[2], Unung Lesmanah^[3]

^{[1],[2],[3]} Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Islam Malang

JL. M.T. Haryono. 193 Malang 65144, Jawa Timur

fiud9158@gmail.com^[1]

priyagung@unisma.ac.id^[2]

ununglesamanah@gmail.com^[3]

ABSTRAK

Pelapisan (*coating*) pada material logam merupakan salah satu upaya atau tindakan untuk memproteksi logam substrat dari proses oksidasi, akan tetapi dibutuhkan pula pelapisan pada sifat tertentu (khusus) pada *surface*, semacam tahanan terhadap keausan, kekerasan dan tahanan *high temperature*. Logam yang dipakai dalam percobaan tersebut adalah logam baja ST 41. Baja ST 41 termasuk kategori *Low Carbon Steel*, dimana secara teori memiliki kekerasan yang rendah.

Penelitian ini menggunakan metode pelapisan *Hot Dip Galvanizing* dengan logam pelapis *Zinc*. Suhu temperatur pelapisan 700⁰ C memakai variasi HT 40, 60, 80 menit kemudian menggunakan variasi pendinginan Air laut, Ekstrak Daun Ketapang, Udara. Didapatkan hasil pengujian Struktur Mikro persentase Beta fasa (β) tertinggi pada perlakuan *holding time* 80 menit dengan pendingin Air laut yaitu sebesar 47,130% sedangkan persentase fasa Alfa (α) terendah terjadi pada HT 40 menit memakai pendinginan Udara yaitu sebesar 31,471%. Dihasilkan nilai rata-rata pengujian Kekerasan menggunakan alat uji kekerasan *Rockwell* tertinggi terjadi pada perlakuan *holding time* 80 menit dengan pendingin Air laut dengan nilai sebesar 105,8 HRf, sedangkan nilai rata-rata kekerasan terendah didapatkan pada perlakuan HT 40 menit memakai pendinginan Udara yakni sebesar 89,6 HRf. Kesimpulan dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *holding time* sebelum waktu pelapisan dan pendinginan setelah pelapisan berpengaruh pada struktur mikro dan kekerasan pada pelapisan *zinc* (Zn).

Kata Kunci : Baja ST 41, *Hot Dip Galvanizing*, *Holding Time*, Air Laut, Ekstrak Daun Ketapang, Udara, Kekerasan *Rockwell*, Struktur mikro.

ABSTRACT

Coating on metal materials is one of the efforts or actions to protect the metal substrate from the oxidation process, but coating is also needed on certain (special) properties on the surface, such as resistance to wear, hardness and high temperature resistance. The metal used in the experiment was st 41 steel metal. ST 41 steel belongs to the category of Low Carbon Steel, which in theory has a low hardness.

This study used the hot dip galvanizing coating method with Zinc coating metal. The coating temperature of 700⁰ C uses variations of HT 40, 60, 80 minutes later using variations of cooling Sea water, Ketapang Leaf Extract, Air. The results of the Microstructure test of the highest beta phase percentage (β) at the 80-minute holding time treatment with seawater cooling were 47.130% while the lowest percentage of Alpha phase (α) occurred at HT 40 minutes using coolant Air was 31.471%. The average value of hardness testing using rockwell hardness testing equipment was highest in the 80-minute holding time treatment with seawater cooling with a value of 105.8 HRf, while the average value of the hardest hardness

was obtained at the 40-minute HT treatment using air conditioning , which was 89.6 HRf . The conclusions of the results of this study show that the holding time before the coating time and cooling after coating have an effect on the microstructure and hardness in zinc (Zn) coating.

Keywords : ST 41 Steel, Hot Dip Galvanizing, Holding Time, Sea Water, Ketapang Leaf Extract, Air, Rockwell Hardness test, Microstructure testing

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dan kemajuan teknologi di bidang pelapisan logam semakin berkembang pesat. Logam adalah salah satu bahan yang umum digunakan dalam pembuatan baja. Penggunaan baja dapat disesuaikan dengan sifat material yang diinginkan, sebab baja memiliki sifat dan karakteristik bermacam- macam. Baja ST 41 adalah salah satu baja yang dikategorikan pada *Low Carbon Steel*, komposisi karbon yang terkandung sebesar 0,08% - 0,20%, ini dapat diartikan baja tersebut terdiri dari campuran ferit dan perlit dengan proporsi yang sama besar, baja ST 41 memiliki tingkat kekerasan sebesar 61,333 HRB [1]. Baja ST 41 biasanya diaplikasikan sebagai bodi mobil, pipa saluran, konstruksi jembatan dan lain sebagainya, oleh karenanya baja karbon rendah ini memiliki sifat keuletan dan ketangguhan yang cukup tinggi disisi lain memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah.

Kekerasan (*hardness*) merupakan salah satu bagian dari *mechanical properties* agar mampu untuk menahan abrasi/ indentasi/ penetrasi, yakni dapat mempertahankan indentasi daripada material yang lebih kuat dan keras [2]. Berbagai upaya meningkatkan kekuatan baja ST 41 yaitu dengan perlakuan panas (*heat treatment*) dan waktu penahanan (*holding time*). Perlakuan panas merupakan suatu proses untuk merubah sifat- sifat dari logam sampai suhu tertentu kemudian didinginkan dengan media pendingin tertentu, tujuannya agar dapat mempertinggi *internal stress*, keuletan sedangkan waktu penahanan bertujuan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan. Pelapisan sifat tertentu juga ditujukan untuk meningkatkan sifat khusus permukaan, seperti kinerja suhu tinggi, kinerja keras, dan ketahanan aus. [3].

Hot dip galvanizing (HDG) adalah salah satu metode pelapisan logam, tepatnya logam pelapis seng (Zn) pertama – tama dilebur dalam bak galvanis (ketel) atau tungku peleburan pada kisaran 420° - 480° C dan kemudian direndam dalam bak galvanis yang berisi logam pelapis cair, umumnya dikenal sebagai logam dasar, kemudian

benda kerja tetap berada di bak galvanis untuk jangka waktu tertentu untuk membentuk lapisan seng [4].

Berdasarkan latar belakang diatas, tujuan penelitian ini agar dapat mengetahui perubahan sifat mekanik salah satunya yaitu kekerasan dan struktur mikro dengan cara pelapisan metode *hot dip galvanizing* untuk meningkatkan kualitas terhadap material baja ST 41 dengan menganalisis perubahan sifat material tersebut, kemudian dengan perubahan variasi *holding time* sebelum pelapisan dan variasi media pendingin setelah pelapisan untuk mendapatkan perubahan kekerasan dan juga struktur mikro.

2. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian yang digunakan yaitu eksperimental atau kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif adalah metode yang ditujukan pada penelitian sampel ataupun populasi tertentu, sistem penginputan sampel kebanyakan diberlakukan secara acak, pengkolektifan data dapat memakai sarana penelitian, penjabaran data berupa statistik yang bertujuan untuk mengkaji dugaan sementara yang telah ditentukan [5].

Penelitian Eksperimental merupakan metode yang digunakan untuk menemukan sebab maupun akibat dengan sebagian faktor yang telah direncanakan seorang peneliti untuk menyisihkan ataupun menghilangkan sebagian pengaruh yang dapat mengganggu penelitian, percobaan tersebut ditujukan untuk melihat akibat dari suatu *treatment*. Peneliti melakukan pengamatan secara langsung benda atau spesimen benda uji, kemudian akan dilakukannya pengujian kekerasan dan mikrografi akibat variasi HT dan bahan pendingin dengan metode HDG pada logam ST 41.

- Variabel Bebas
 1. Variasi *Holding Time* (40, 60, 80 menit) 200° C
 2. Variasi Media Pendingin (Ekstrak Daun Ketapang, Air laut, dan Udara)
- Variabel Terikat

1. Pengujian kekerasan *Hardness Rockwell Test*
2. Pengujian Struktur Mikro

Alat dan Bahan Penelitian

▪ Alat

1. Bak Galvaniz
2. Gerinda
3. Kawat Ikat
4. Penjepit Tungku
5. Tang
6. Timbangan Digital
7. *Thermogun*
8. Alat uji kekerasan (*Rockwell*)
9. Mikroskop Pengujian Struktur mikro

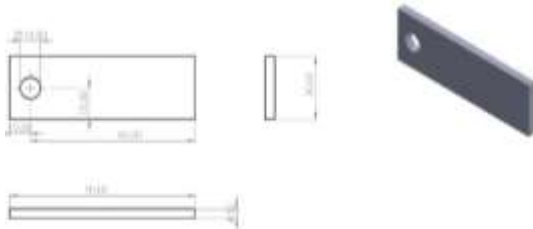
▪ Bahan

1. Baja ST 41 pelat
2. Zn ingot
3. Media Pendingin (Air Laut, Ekstrak Daun Ketapang)
4. LPG
5. HCL, NaOH, CH₃COOH

Langkah Penelitian

Pelapisan Baja ST – 41 menggunakan metode *hot dip galvanizing* dimulai dari pemotongan logam sesuai ukuran pada desain gambar, kemudian dilakukan pembersihan fisik pada permukaan material menggunakan gerinda ampelas setelah itu dibersihkan secara kimiawi menggunakan larutan HCL, NaOH dan CH₃COOH, kemudian dilakukan *holding time* menggunakan *burner* dengan variasi 40, 60 dan 80 menit, lalu dipanaskan *kettel*/ bak galvanis untuk mencairkan seng ingot (Zn) sampai dengan 700° C, setelahnya material di rendam selama 1 menit kemudian didinginkan dengan variasi media pendingin yaitu Air Laut, Ekstrak Daun Ketapang dan Udara. Terakhir dilakukan pengujian struktur mikro dan uji kekerasan *Rockwell*.

Spesimen Benda Uji

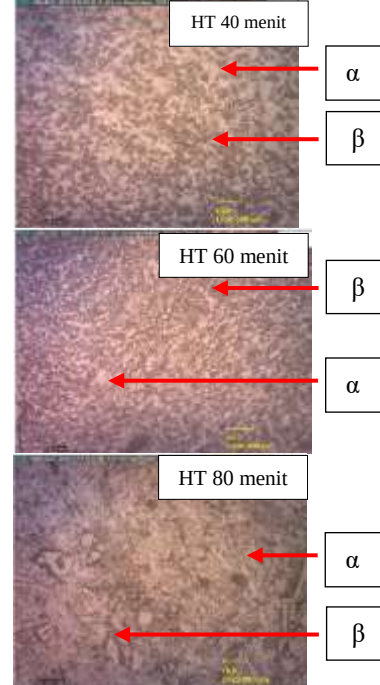


Gambar 1. Desain Spesimen

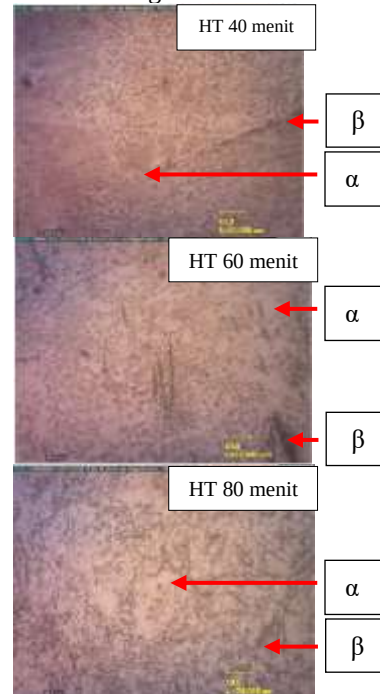
3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

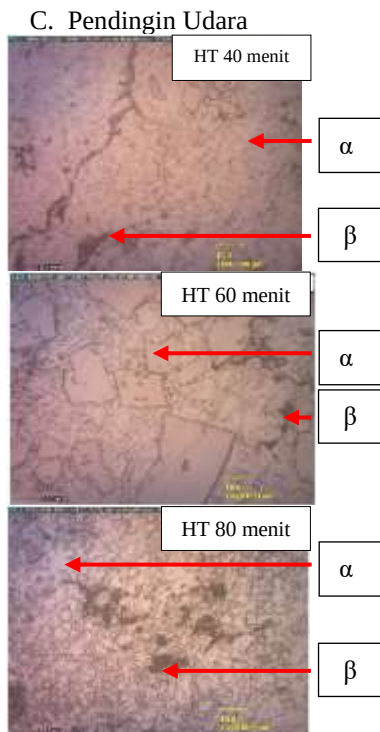
▪ Hasil Pengujian Foto Mikro

A. Pendingin Air Laut



B. Pendingin Ekstrak Daun Ketapang





Gambar 2. Hasil Foto Mikro dengan variasi *holding time* dan media pendingin

A. Pendingin Air Laut

Penelitian pelapisan *zinc* dengan media pendingin air laut menggunakan cara HDG, diketahui bahwa pada *holding time* 40 menit terdapat butiran berwarna hitam atau beta (β) sebesar 42,416% dan warna putih alfa (α) sebesar 57,584% sedangkan pada *holding time* 60 menit beta (β) dan alfa (α) yang terkandung sebesar 44,284% dan 55,752%, pada *holding time* 80 menit mengandung beta (β) dan alfa (α) sebesar 47,130% dan 52,87%. Percobaan dengan *holding time* 40 menit dan 60 menit mengalami kenaikan selisih persentase beta (β) dengan nilai 1,868%, sedangkan pada *holding time* 80 menit memiliki peningkatan kadar beta (β) dari 60 menit yaitu sebesar 2,846%. Hal ini disebabkan Pendingin air laut ($\rho = 1025 \text{ kg/cm}^3$) tingkat kerapatan masa yang tinggi sehingga laju pendinginannya berjalan dengan cepat karena transfer kalor atau pelepasan kalor lebih cepat dan berpengaruh terhadap struktur mikro pelapisan yaitu terbentuknya butiran – butiran kecil berwarna gelap beta (β) pada foto yang

menunjukkan fasa beta meningkat yang dapat berpengaruh pada kekerasan material.

B. Pendingin Ekstrak Daun Ketapang

Penelitian pelapisan *zinc* dengan media pendingin Ekstrak Daun Ketapang menggunakan cara HDG, diketahui bahwa pada *holding time* 40 menit terdapat butiran berwarna hitam atau beta (β) sebesar 40,713% dan warna putih alfa (α) sebesar 59,287%, pada *holding time* 60 menit beta (β) dan alfa (α) yang terkandung sebesar 40,938% dan 59,062%, sedangkan pada *holding time* 80 menit mengandung beta (β) dan alfa (α) sebesar 45,610% dan 54,39%. Percobaan dengan *holding time* 40 menit dan 60 menit mengalami kenakikan sangat kecil selisih persentase beta (β) dengan nilai 0,225%, sedangkan pada *holding time* 80 menit memiliki peningkatan kadar beta (β) dari 60 menit yaitu sebesar 4,672%. Hal ini disebabkan daun ketapang mengandung senyawa aktif yaitu flavanoid, tannin, alkaloid, saponin, minyak astiri dan fenol, sehingga dapat sedikit menghambat pendinginan secara cepat daripada air laut, seiring bertambahnya waktu *holding time* pelapisan menggunakan pendingin ini sedikit keras sehingga pada foto struktur mikronya membentuk butiran butiran kecil akan tetapi dominan berwarna terang (fasa alfa).

C. Pendingin Udara

Dihasilkan penelitian pelapisan *zinc* dengan media pendingin udara menggunakan cara HDG, diketahui bahwa pada *holding time* 40 menit terdapat kecenderungan memiliki sedikit butiran berwarna hitam atau beta (β) sebesar 31,471% dan warna putih alfa (α) sebesar 68,529%, pada *holding time* 60 menit beta (β) dan alfa (α) yang terkandung sebesar 35,778% dan 64,222%, sedangkan pada *holding time* 80 menit mengandung beta (β) dan alfa (α) sebesar 33,014% dan 66,986%. Percobaan dengan *holding time* 40 menit dan 60 menit mengalami kenaikan yang signifikan selisih persentase beta dengan nilai 4,307%, sedangkan pada *holding time* 80 menit mengalami penurunan kadar beta (β) dari 60 menit yaitu sebesar 2,764%. Hal ini terjadi karena media pendingin udara merupakan pendinginan lambat tansfer kalor juga

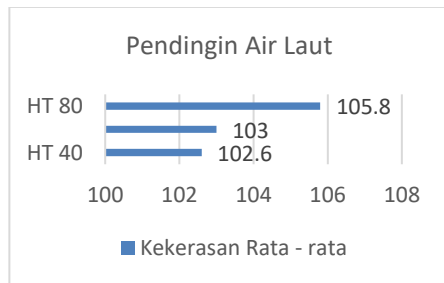
diperlambat, dimana udara yang berperan sebagai pendingin memberikan peluang kepada logam untuk atomnya membentuk kristal kristal baru dan menyebar, hasil uji foto mikro butiran cenderung terlihat sedikit lebih besar dan berwarna terang.

Hasil Kekerasan

1. Pendingin Air Laut

Tabel 1. Data kekerasan pendingin Air Laut

No.	Holding Time (Menit)	Kekerasan (HRF)					Rata - rata
		1	2	3	4	5	
1.	40	107	103	102	99	102	102,6
2.	60	105	103	102	105	100	103
3.	80	103	107	110	113	96	105,8



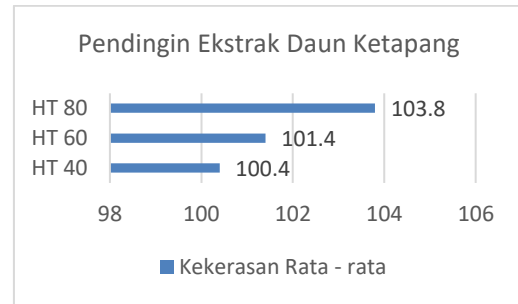
Grafik 1. Pendingin Air Laut

Dihasilkan data dengan media pendingin air laut dari pengujian kekerasan *Rockwell* dapat diketahui bahwa nilai rata- rata kekerasan pada *holding time* 40 menit yaitu sebesar 102,6 HRF, pada *holding time* 60 menit sebesar 103 HRF, sedangkan pada *holding time* 80 menit sebesar 105,8. Pengujian pada *holding time* 40 dan 60 menit mengalami selisih peningkatan kekerasan sebesar 0,004%, sedangkan pada *holding time* 80 menit juga mengalami selisih kenaikan kekerasannya dari 60 menit yaitu sebesar 0,028%.

2. Pendingin Ekstrak Daun Ketapang

Tabel 2. Data kekerasan pendingin Ekstrak Daun Ketapang

No.	Holding Time (Menit)	Kekerasan (HRF)					Rata - rata
		1	2	3	4	5	
1.	40	92	110	97	104	99	100,4
2.	60	101	106	101	99	100	101,4
3.	80	104	101	102	103	109	103,8



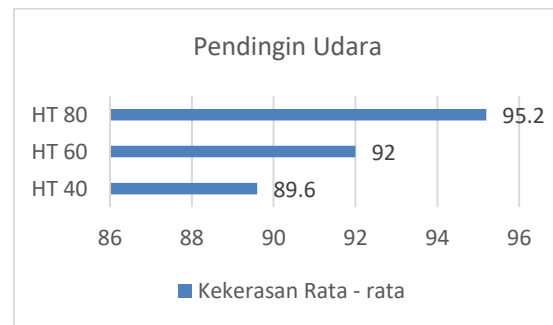
Grafik 2. Pendingin Ekstrak Daun Ketapang

Dihasilkan data dengan media pendingin Ekstrak Daun Ketapang dari pengujian kekerasan *Rockwell* dapat diketahui bahwa nilai rata- rata kekerasan pada *holding time* 40 menit yaitu sebesar 100,4 HRF, pada *holding time* 60 menit juga memiliki nilai yang sama dengan sebelumnya yaitu sebesar 101,4 HRF, sedangkan pada *holding time* 80 menit sebesar 103,8 HRF. Pengujian pada *holding time* 40 dan 60 menit mengalami selisih peningkatan kekerasan sebesar 0,01% dikarenakan selisih kadar beta (β) sangat sedikit sekali, sedangkan pada *holding time* 80 menit mengalami selisih kenaikan kekerasan yang signifikan dari 60 menit yaitu sebesar 0,024%.

3. Pendingin Udara

Tabel 3. Data pendingin Udara

No.	Holding Time (Menit)	Kekerasan (HRF)					Rata - rata
		1	2	3	4	5	
1.	40	87	94	93	87	87	89,6
2.	60	92	92	95	88	93	92
3.	80	102	96	92	93	93	95,2



Grafik 3. Pendingin Udara

Dihasilkan data dengan media pendingin udara dari pengujian kekerasan *Rockwell* dapat diketahui bahwa nilai rata- rata kekerasan pada *holding time* 40 menit yaitu

sebesar 89,6 HRF, pada *holding time* 60 menit mengalami kenaikan nilai kekerasannya yaitu sebesar 92 HRF, sedangkan pada *holding time* 80 menit mengalami kenaikan nilai kekerasan sebesar 95,2 HRF. Pengujian pada *holding time* 40 dan 60 menit mengalami selisih peningkatan nilai kekerasan yang signifikan yaitu sebesar 0,024%, sedangkan pada *holding time* 80 menit mengalami selisih kenaikan nilai kekerasan dari 60 menit yaitu sebesar 0,032%.

Rumus Statistik

- Uji Anova (dua arah)

Tabel 4. Perhitungan Anova (*Two Way*)

Holding Time (Menit)	Media Pendingin			
	Air Laut	Ekstrak Daun Ketapang	Udara	Jumlah
40	107	92	87	$T_1 = 1463$
	103	110	94	
	102	97	93	
	99	104	87	
	102	99	87	
60	105	100	102	$T_2 = 1493$
	103	105	96	
	102	100	92	
	105	98	93	
	100	99	93	
80	103	104	92	$T_3 = 1508$
	107	101	92	
	110	102	95	
	113	103	88	
	96	109	93	
Jumlah	$T_1 = 1557$	$T_2 = 1523$	$T_3 = 1384$	$T = 4464$

Tabel diatas adalah cara untuk memudahkan mencari baris dan kolom pada anova dua arah.

$$DK_T = n_T - 1 = 45 - 1 = 44$$

$$DK_A = b - 1 = 3 - 1 = 2 \text{ (} b = \text{baris)}$$

$$DK_B = k - 1 = 3 - 1 = 2 \text{ (} k = \text{kolom)}$$

$$DK_{AB} = (DK_A)(DK_B) = 2 \times 2 = 4$$

$$DK_E = n_T - (b \times k) = 45 - 9 = 36$$

Kemudian didapatkan beberapa nilai F_{tabel} dengan taraf keyakinan = 5%, sebagai berikut:

a. Nilai $F_{0,05;2,36} = 3,26$

b. Nilai $F_{0,05;2,36} = 3,26$

c. Nilai $F_{0,05;4,36} = 2,63$

Tabel 5. Hasil perhitungan anova (dua arah)

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat Rata-rata	F Ratio
Baris SSR	70	$J - 1 = 3 - 1 = 2$	$\frac{70}{2} = 35$	$\frac{35}{17,42} = 2,01$
Kolom SSC	1120,13	$K - 1 = 3 - 1 = 2$	$\frac{1120,13}{2} = 560,07$	$\frac{560,07}{17,42} = 32,15$
Interaksi SSI	77,9	$(J - 1)(K - 1) = 2 \times 2 = 4$	$\frac{70}{4} = 17,5$	$\frac{17,5}{17,42} = 1,00$
Error SSE	627,2	$JK(n - 1) = 9(5 - 1) = 36$	$\frac{627,2}{36} = 17,42$	
Total T	1895,2	$N - 1 = 45 - 1 = 44$		

Keterangan :

J = Jumlah variasi pada variabel *Holding Time*

K = Jumlah variasi pada variabel Media Pendingin

n = Jumlah sampel masing-masing kelompok

N = Jumlah sampel keseluruhan

4. KESIMPULAN

Variasi *holding time* dan media pendingin pada sebuah perlakuan material, sangat berpengaruh dalam logam induk serta pelapisan *zinc*, yaitu terhadap kekerasan. Variasi *holding time* dan media pendingin juga berpengaruh pada pengujian Struktur Mikro menghasilkan terbentuknya fasa Alfa (α) berwarna terang dan Beta (β) berwarna gelap pada permukaan lapisan seng (Zn). Hal ini perlu diperhatikan bahwa jika persentase beta (β) tinggi maka kekerasan semakin tinggi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]I. Saefuloh and M. G. Winisuda, “Studi Analisa Kuat Arus Proses Elektroplating Dengan Pelapis Nikel Cobalt Terhadap Kekerasan, Ketahanan Korosi, DAN PENAMBAHAN TEBAL BAJA KARBON RENDAH ST 41 Iman,” Flywheel J. Tek. Mesin Untirta, vol. III, no. 2, pp. 42–47, 2017.
- [2]H. & D. S. Isworo, “Pengaruh *holding time* dan media pendingin terhadap kekerasan dan struktur mikro baja st41 pada proses carburizing arang tempurung kelapa 1),” vol. 7, no. 2, pp. 157–166, 2020.
- [3]Darmawi, PELAPISAN LOGAM, Second edi. Universitas Sriwijaya, 2018.
- [4]M. W. N. dan A. M. Sakti, “Muahammad Wahyu Nugroho,” vol. 08, 2020.
- [5]P. D. Sugiyono, Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, R&D (Cetakan Ke 26), 22nd ed. Bandung: ALFABETA, 2015.
- [6]G. Vernoval, S. Jokosisworo, and berlian arswendo Adietya, “Jurnal teknik perkapalan,” Tek. Perkapalan, vol. 7, no. 2, pp. 152–160, 2019.
- [7]D. P. d. P. Subagyo, STATISTIK INDUKTIF, Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta, 1993.