

ANALISIS KERUSAKAN UJI *BENDING* PADA PROSES PELAPISAN NIKEL DENGAN VARIASI DENSITAS ARUS DAN LAMA PENCELUPAN BAJA ST 41

Ahmad Didin Nurdiansyah

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : ahmadnurdiansyah@mhs.unesa.ac.id

Arya Mahendra Sakti

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: aryamahendra@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang analisis kerusakan uji *bending* pada proses pelapisan nikel dengan variasi densitas arus dan lama pencelupan material baja ST41. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh densitas arus, waktu pelapisan terhadap kerusakan uji *bending* material baja ST 41 setelah dilakukan proses pelapisan nikel. Pengujiannya menggunakan standar pengujian *bending* JIS 2248. Proses pelapisan nikel menggunakan variasi densitas arus 0,3 mA/cm², 0,6 mA/cm², 0,9 mA/cm² dan variasi lama pencelupan proses pelapisan 15 menit, 30 menit, 45 menit. Pada material yang dilapisi menggunakan densitas arus 0,3 mA/cm² dan waktu 45 menit memperoleh hasil rata-rata kekuatan *bending* maksimal tertinggi yaitu 4937,5033 N , sedangkan pada raw material rata-rata kekuatan *bending* maksimalnya sebesar 3976,56 N. Hasil pengujian tersebut membuktikan bahwa proses pelapisan nikel berpengaruh terhadap kekuatan *bending* material, ini didukung dengan hasil pengujian statistik menggunakan *univariate two way anova* yang menunjukkan adanya pengaruh variasi densitas arus pada proses pelapisan nikel terhadap kekuatan *bending* yang dihasilkan dengan besarnya pengaruh sebesar 54,9% , sedangkan lama pencelupan proses pelapisan tidak berpengaruh secara signifikan karena semakin tebal lapisan nikel yang menempel pada material, maka semakin mudah rusak pula lapisan tersebut ketika dikenai beban *bending*. Hasil pengujian *metallography* (stuktur mikro) pada rata-rata kekuatan *bending* maksimal tertinggi menunjukkan kandungan perlit yang sedikit dan ferrit yang banyak sehingga memiliki kandungan karbon rendah dan memiliki sifat kekerasan yang rendah dan keuletan yang tinggi.

Kata kunci : baja st41, elektroplating nikel, pengujian *bending*, variasi densitas arus, lama pencelupan, dan pengujian *metallography*.

Abstract

This research discusses the analysis of damage bending test on the nickel plating process with variations in current density and time on coating steel material ST41. The purpose of this research is to determine the effect of current density, coating time against the damage of steel material bending test of ST 41 after the process of nickel plating. The test uses JIS 2248 bending testing standard. The nickel plating process uses variations of the current density of 0.3 mA/cm², 0.6 mA/cm², 0.9 mA/cm² and time on coating process of 15 minutes, 30 minutes, 45 minutes. In the coated material using the current density of 0.3 mA/cm² and a time of 45 minutes obtained the average maximum strength of damage from 4937.5033 N, while the average raw material of the max bending force is 3976.56 N. The results of the test proved that the nickel plating process affects the material bending force, which is supported by statistical test results using *univariate two way anova* indicating the influence of current density variation on The nickel plating process against the bending force generated with a magnitude of 54.9% influence, While the length of time the coating process has no significant effect because the thicker the nickel layer is attached to the material, the more easily damaged the coating when it is charged bending. The test results of *metallography* (microstructure) on average the highest maximum bending strength shows the content of a slight perlit and a lot of ferrit so it has a low carbon content and has a high hardness properties and persistence the high.

Keywords: st41 steel, electroplating nickel, bending testing, variation of current density, time on coating, and *metallography* testing.

PENDAHULUAN

Kemajuan industri dan teknologi yang dicapai dewasa ini tidak terlepas dari peranan pemanfaatan logam sebagai material penunjang, baik logam murni maupun logam paduan. Banyak faktor yang menyebabkan daya guna logam menurun. Salah satunya adalah korosi. Salah satunya dengan cara mengatasi masalah korosi yaitu melapisi benda dengan pelapis lainnya. Pelapisan pada umumnya merupakan bagian akhir dari proses produksi suatu produk. Proses pelapisan itu dilakukan setelah benda kerja mencapai bentuk akhir, atau setelah proses pengerjaan mesin serta proses penghalusan terhadap permukaan benda kerja dilakukan.

Dalam kehidupan masyarakat modern tidak bisa terlepas dari benda-benda yang dibuat dengan pelapisan logam. Komponen mesin pertanian, teknologi tepat guna, komponen mesin, konstruksi, aksesoris kendaraan bermotor, aksesoris rumah tangga, dan berbagai alat-alat industri dilakukan pengerjaan akhir melalui pelapisan logam.

Ada beberapa jenis logam yang dapat digunakan untuk diuji pada pelapisan logam, salah satunya logam baja. Salah satu jenis baja yang paling sering digunakan adalah baja karbon rendah. Baja karbon rendah (ST 41) dengan kadar karbon 0,25 % dalam aplikasinya banyak digunakan baik untuk kepentingan industri, konstruksi, jembatan atau bidang-bidang kerja lain.

Ada beberapa bahan yang dapat digunakan melapisi baja ST41 pada proses pelapisan logam, salah satunya yaitu nikel. Pada proses pelapisan logam, nikel banyak digunakan dengan tujuan sebagai fungsi dekoratif dan juga fungsi aplikatif. Nikel memiliki sifat kekerasan yang tinggi, ketahanan terhadap keuletan yang baik, dan relatif tahan terhadap serangan korosi. Tetapi di dalam melakukan proses pelapisan logam tidak akan lepas dari suatu masalah, baik masalah yang ditimbulkan oleh kualitas material yang akan diproses atau masalah yang ditimbulkan oleh proses pelapisan logam itu sendiri, sehingga dalam proses pelapisan logam itu juga dapat menurunkan mutu atau kualitas logam yang telah melalui proses pelapisan logam.

Berdasarkan uraian tersebut akan timbul suatu pertanyaan sejauh mana pengaruh lama pencelupan baja pada proses pelapisan logam nikel pada logam khususnya pada baja ST41. Pada penelitian ini, baja ST41 melalui proses uji *bending* yang dilakukan setelah proses pelapisan nikel serta menganalisa lama pencelupan dan densitas arusnya. Uji *bending* (uji lengkung) dilakukan untuk menentukan mutu suatu material secara visual atau dapat digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil pelapisan nikel.

Berdasarkan dari uraian diatas maka penelitian ini peneliti mengajukan permasalahan yang dirumuskan sebagai berikut:

- Bagaimana pengaruh variasi densitas arus terhadap kerusakan uji *bending* pada baja ST 41 setelah pelapisan nikel?

- Bagaimana pengaruh variasi lama pencelupan terhadap kerusakan uji *bending* pada baja ST 41 setelah pelapisan nikel?
- Bagaimana analisis struktur mikro dari hasil kerusakan uji *bending* terhadap pelapisan nikel dengan variasi densitas arus dan lama pencelupan pada baja ST41?

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan, maka penelitian ini bertujuan untuk :

- Untuk mengetahui pengaruh variasi densitas arus terhadap uji *bending* pada baja ST41 setelah dilakukan proses pelapisan nikel.
- Untuk mengetahui pengaruh variasi lama pencelupan terhadap uji *bending* pada baja ST41 setelah dilakukan proses pelapisan nikel.
- Untuk mengetahui struktur mikro dari hasil kerusakan uji *bending* terhadap pelapisan nikel dengan variasi densitas arus dan lama pencelupan pada baja ST41.

METODE

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu cara untuk mencari suatu hubungan sebab akibat antara beberapa faktor yang saling berpengaruh. Eksperimen dalam penelitian ini dilaksanakan guna mengetahui struktur mikro dari hasil kerusakan uji *bending* terhadap pelapisan nikel dengan variasi densitas arus dan lama pencelupan pada baja ST41.

Penelitian ini dilaksanakan di 3 tempat. Untuk proses pelapisan logam dilakukan di Laboratorium Pelapisan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Untuk pengujian *bending* dilakukan di laboratorium uji bahan Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Dan untuk pengujian *metallography* (foto mikro) dilakukan di laboratorium uji bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Malang. Penelitian dilakukan selama 2 bulan, mulai bulan November 2016 sampai dengan bulan Desember 2016.

Variabel Penelitian

Variabel yang termasuk dalam penelitian eksperimen ini adalah :

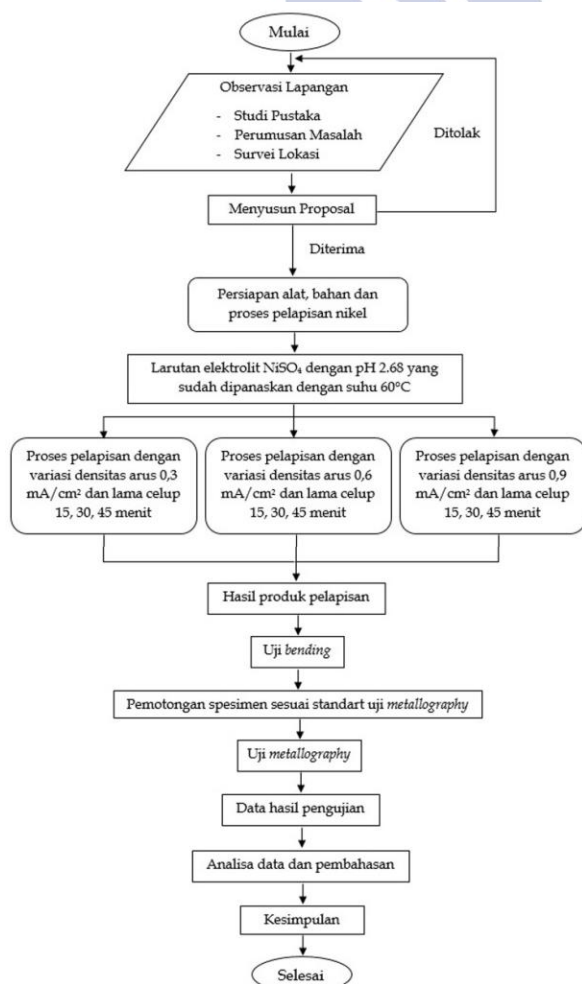
- Variabel terikat
 - Hasil uji *bending*.
 - Struktur mikro (uji *metallography*)
- Variabel bebas
 - Densitas arus (rapat arus) yang ditentukan sebesar 0,3 mA/cm², 0,6 mA/cm², dan 0,9 mA/cm².
 - Lama pencelupan pelapisan (15 menit, 30 menit, dan 45 menit)
- Variabel control
 - Baja ST 41
 - Nikel

Instrumen, Alat, dan Bahan

- Instrumen yang digunakan:
 - Mesin uji *bending*
 - Mesin uji *metallography* (mikroskop optik)
 - Jangka sorong
 - Meteran
- Alat yang digunakan:
 - DC power source
 - Tabung *electroplating*
 - Bak *electroplating*
 - Penjepit material dan anoda
 - Gerinda
- Bahan-bahan yang digunakan:
 - Plat baja ST41
 - Nikel
 - Larutan elektrolit (NiSO_4)
 - Air
 - Kertas grid (gosok) mulai dari grid 180 sampai 2000

Rancangan Penelitian

Gambar 1. Flowchart penelitian



Prosedur Penelitian

- Persiapan proses pelapisan logam
 - Mempersiapkan alat dan bahan

- Pemotongan material baja ST41
- Pemolesan spesimen
- Membersihkan spesimen dengan air HCl, dibilas dengan air, dibersihkan lagi dengan air soda api, dibilas dengan air, setelah itu dibersihkan dengan sabun dan dibilas dengan air bersih.
- Merangkai spesimen sesuai dengan skema *electroplating*
- Mengatur tegangan sesuai dengan rancangan penelitian.
- Proses pelapisan
 - Memasukkan spesimen ke dalam bak pelapisan sesuai dengan perbedaan tegangan serta waktu pelapisan yang diteliti
 - Mengangkat spesimen setelah waktu yang ditentukan
 - Mencatat spesimen sesuai dengan variasi tegangan dan waktu yang ditentukan
 - Membersihkan spesimen dengan air lalu di keringkan
- Pengujian *Bending*
 - Mengatur standart pengujian sesuai ASTM B489 untuk pengujian *bending* material yang telah dilapisi nikel
 - Meletakkan spesimen uji ke meja pengujian *bending*
 - Lakukan pengujian sesuai prosedur pada aplikasi di mesin uji bending UTM yang nantinya akan keluar data hasil pengujian dari masing-masing spesimen.
 - Simpan data hasil pengujian
- Pengujian Struktur Mikro (*Metallography*)
 - Pemotongan spesimen (hasil pengujian *bending*) sesuai dengan ketentuan uji.
 - Spesimen digrinding dengan kertas *grid* dari *grid* 180 sampai 2000
 - Spesimen di etsa dengan larutan nitral 2 % selama 3-5 detik kemudian dicuci dengan air
 - Meletakkan spesimen pada mikroskop optis dengan pembesaran > 800x
 - Mengambil foto hasil mikroskop dan menghitung komposisi struktur mikro dan hasil pengamatan
- Analisis data
 - Setelah data hasil dari pengujian *bending* masing-masing spesimen didapatkan, maka data tersebut dilakukan pengujian data statistik dengan menggunakan ANOVA (*univariate two way anova*).
 - Data hasil pengujian *bending* yang di ambil dari data statistik ANOVA kemudian didukung dengan hasil pengamatan struktur mikro dari spesimen uji.
- Menyimpulkan
 - Setelah data dianalisis kemudian disimpulkan

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Bending

Pengujian *bending* dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari pelapisan nikl terhadap kekuatan *bending* material. Pengujian *bending* juga dilakukan untuk mengetahui variasi mana yang menghasilkan material dengan kekuatan *bending* terbaik sehingga dapat diketahui kondisi operasi pelapisan nikl mana yang paling optimal.

Hasil uji dari mesin *bending* (Universal Testing Machine UH-500kNI) adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil uji *bending* spesimen dalam newton

Waktu (Menit)	Arus (mA)	Pengujian Ke-			Rata-rata
		1	2	3	
Material dasar		3922.14	3921.88	4031.25	4020,837
15	0,3	4859.38	4843.75	4890.63	4864,587
	0,6	4781.25	4609.38	4750.00	4713,543
	0,9	4546.88	4687.50	4718.75	4651,043
30	0,3	4906.25	4937.50	4812.50	4885,417
	0,6	4671.88	4734.38	4828.13	4744,797
	0,9	4625.00	4562.50	4875.00	4687,5
45	0,3	4890.63	5140.63	4781.25	4937,503
	0,6	4984.38	4750.00	4859.38	4864,587
	0,9	4718.7	4750.00	4703.13	4723,943

Dari data hasil pengujian di atas maka hasil uji *bending* dengan gaya tekan (N) paling rendah pada material dasar (*raw material*) diperoleh spesimen pengujian ke II dengan gaya tekan sebesar 3921.88 N. Nilai gaya tekan paling tinggi diperoleh spesimen pengujian ke III dengan gaya tekan 4031.25 N.

Hasil uji *bending* pada densitas arus 0,3 mA/cm² dan lama celup 15 menit paling rendah diperoleh spesimen pengujian ke II dengan gaya tekan sebesar 4843.75 N. Nilai gaya tekan paling tinggi diperoleh spesimen pengujian ke III dengan gaya tekan 4890.63 N. Hasil uji *bending* dengan densitas arus 0,6 mA/cm² dan lama celup 15 menit paling rendah diperoleh spesimen pengujian ke II dengan gaya tekan sebesar 4609.38 N. Nilai gaya tekan paling tinggi diperoleh spesimen pengujian ke I dengan gaya tekan 4781.25 N. Dan hasil uji *bending* dengan densitas arus 0,9 mA/cm² dan lama celup 15 menit paling rendah diperoleh spesimen pengujian ke I dengan gaya tekan sebesar 4546.88 N. Nilai gaya tekan paling tinggi diperoleh spesimen pengujian ke III dengan gaya tekan 4718.75 N.



Gambar 2. Material dengan lama waktu 15 menit

Hasil uji *bending* dengan densitas arus 0,3 mA/cm² dan lama celup 30 menit paling rendah diperoleh spesimen pengujian ke III dengan gaya tekan sebesar 4812.50 N. Nilai gaya tekan paling tinggi diperoleh spesimen pengujian ke II dengan gaya tekan 4937.50 N. Hasil uji *bending* dengan densitas arus 0,6 mA/cm² dan lama celup 30 menit paling rendah diperoleh spesimen pengujian ke I dengan gaya tekan sebesar 4671.88 N. Nilai gaya tekan paling tinggi diperoleh spesimen pengujian ke III dengan gaya tekan 4828.13 N. Dan hasil uji *bending* dengan densitas arus 0,9 mA/cm² dan lama celup 30 menit paling rendah diperoleh spesimen pengujian ke II dengan gaya tekan sebesar 4562.50 N. Nilai gaya tekan paling tinggi diperoleh spesimen pengujian ke III dengan gaya tekan 4875.00 N.



Gambar 3. Material dengan lama waktu 30 menit

Hasil uji *bending* dengan densitas arus 0,3 mA/cm² dan lama celup 45 menit paling rendah diperoleh spesimen pengujian ke III dengan gaya tekan sebesar 4781.25 N. Nilai gaya tekan paling tinggi diperoleh spesimen pengujian ke II dengan gaya tekan 5140.63 N. Hasil uji *bending* dengan densitas arus 0,6 mA/cm² dan lama celup 45 menit paling rendah diperoleh spesimen pengujian ke III dengan gaya tekan sebesar 4750.00 N. Nilai gaya tekan paling tinggi diperoleh spesimen pengujian ke II dengan gaya tekan 4984.38 N. Dan hasil uji *bending* dengan densitas arus 0,9 mA/cm² dan lama celup 45 menit paling rendah diperoleh spesimen pengujian ke III dengan gaya tekan sebesar 4703.13N.

Nilai gaya tekan paling tinggi diperoleh spesimen pengujian ke II dengan gaya tekan 4750.00 N.

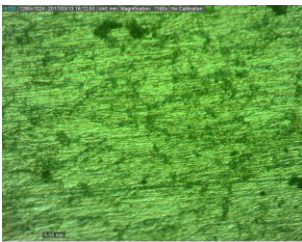
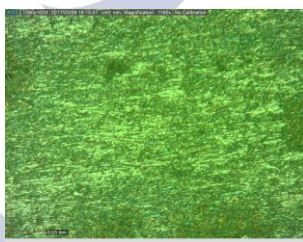
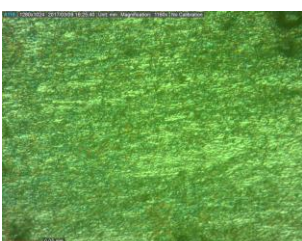
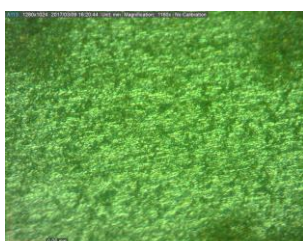


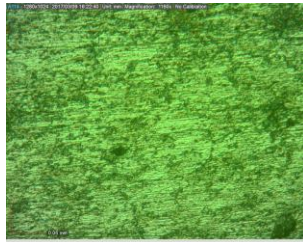
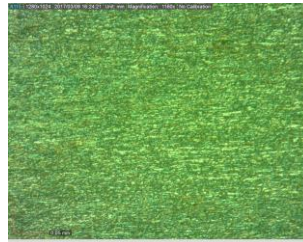
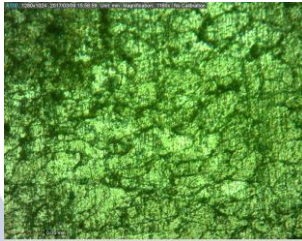
Gambar 4. Material dengan lama waktu 45 menit.

Hasil Uji Metallography (Struktur Mikro)

Pengujian foto mikro (*metallography*) dilakukan untuk melihat struktur mikro yang terbentuk akibat proses pengujian *bending*. Masing – masing spesimen diambil foto struktur mikro dengan pembesaran 1160x. Sebelum dilakukan uji *metallography* (struktur mikro) material harus dipoles dulu hingga rata dan mengkilap dengan kertas gosok dengan *grade* yang kasar sampai halus. Kemudian dilakukan pengetsaan dengan komposisi etsa menggunakan larutan nital 2 % yaitu asam nitrat 2% + alkohol 98%. Struktur mikro yang diamati adalah pada daerah yang mengalami rusak akibat proses uji *bending* pada permukaan logam spesimen uji.

Tabel 2. hasil pengujian *metallography* didapatkan hasil sebagai berikut :

Variasi arus 0,3 mA/cm ² dan waktu 15 menit	Variasi arus 0,9 mA/cm ² dan waktu 15 menit
	
Variasi arus 0,3 mA/cm ² dan waktu 30 menit	Variasi arus 0,9 mA/cm ² dan waktu 30 menit
	

Variasi arus 0,3 mA/cm ² dan waktu 45 menit	Variasi arus 0,9 mA/cm ² dan waktu 45 menit
	
Material dasar (<i>raw material</i>)	
	

Data pengujian ANOVA

Pengujian hipotesis dalam penelitian ini menggunakan ANOVA (*Univariate Two Way Anova*) yang mana menguji pengaruh dua variabel bebas yakni densitas arus dan waktu terhadap variabel terikat hasil pengujian *bending* material. Dalam pengerjaan statistik ini menggunakan SPSS.

Syarat dalam pengujian *Univariate Two Way Anova* adalah senagai berikut :

- Normalitas Residual
- Homogenitas Varians

Tabel 3. Resume jumlah sampel per kelompok
Univariate Analysis of Variance Between-Subjects Factors

		N
Arus	0,3	9
	0,6	9
	0,9	9
Waktu	15	9
	30	9
	45	9

Tabel 4. Tabel hasil uji deskriptif

Waktu	Arus	Mean	Std. Deviation	N
15	0,3	4864,5867	23,86976	3
	0,6	4713,5433	91,55130	3
	0,9	4651,0433	91,55130	3
	Total	4743,0578	115,64341	9
30	0,3	4885,6267	65,15388	3
	0,6	4744,7967	78,64411	3
	0,9	4687,5000	165,35946	3
	Total	4772,6411	131,30000	9
45	0,3	4937,5033	184,21815	3
	0,6	4864,5867	117,27672	3
	0,9	4723,9433	23,87087	3
	Total	4842,0111	144,57922	9
Total	0,3	4895,9056	103,65384	9
	0,6	4774,3089	108,84693	9
	0,9	4687,4956	100,35066	9
	Total	4785,9033	132,80514	27

Setelah uji deskriptif lalu dilakukan uji homogenitas variance dengan menggunakan uji *levene test*.

Tabel 5. Hasil uji *levene test*.

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable : Bending Material

F	df1	df2	Sigh.
2.377	8	18	.061

Test the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

*Design : Intercept + Waktu + Arus + Waktu*Arus*

Tabel diatas adalah hasil pengujian homogenitas dengan menggunakan uji *levene test*. Didapatkan nilai F 2,377 pada df1: 8 dan df2 : 18, sedangkan nilai signifikansi : 0,061. Karena nilai signifikansi (p value) $0,061 > 0,05$ maka dikatakan varian antar group berbeda secara signifikan atau homogen. Setelah memenuhi kedua syarat diatas maka dapat dilakukan uji *unvariate two way anova*.

Dalam melakukan uji *unvariate two way anova* nanti akan didapatkan nilai-nilai berupa *source, Type III Sum of Square, df, Mean Square, F, Significance, Noncent Parameter, Observed Power, R Squared*, dan α .

Berikut ini adalah table hasil pengujian *unvariate two way anova*.

Tabel 6. Hasil pengujian *unvariate two way anova*.
Test of Between-Subjects Effects

Source	Type III of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent Parameter	Observed Power ^a
Corrected Model	251833.926 ^a	8	31479.241	2.741	.036	2.927	.792
Intercept	618431509.3	1	61843509.3	53846.005	.000	53846.005	1.000
Waktu	46437.398	2	23218.699	2.022	.161	4.043	.362
Arus	197271.097	2	98635.548	8.588	.002	17.176	.935
Arus*Waktu	8125.431	4	2031.358	177	.947	.707	.079
Error	206733.392	18	11485.188				
Total	618890076.6	27					
Corrected Total	458567.317	26					

Dependent Variable : Bending Material

R Squared = ,549 (Adjusted R Squared = ,349)

Computed using alpha = ,05

Kesimpulan dari pengujian anova antara lain sebagai berikut :

- Pengaruh waktu lama proses pelapisan terhadap hasil *bending* material : Nilai *mean square* 23218,699 nilai F: 2.022 dengan signifikansi $0,161 > 0,05$ maka waktu lama proses pelapisan tidak terbukti berpengaruh terhadap hasil kekuatan *bending* material.
- Pengaruh arus terhadap hasil *bending* material : Nilai *mean square* : 98635,548 , nilai F : 8,588 dengan signifikansi $0,002 < 0,05$ maka densitas arus terbukti berpengaruh terhadap hasil kekuatan *bending* material.

- Pengaruh interaksi antara waktu dan arus terhadap *bending* material : Nilai *mean square* : 2031.258, nilai F : 0,177 dengan signifikansi $0,947 > 0,05$ maka interaksi antara waktu dan arus tidak terbukti berpengaruh terhadap *bending* material.

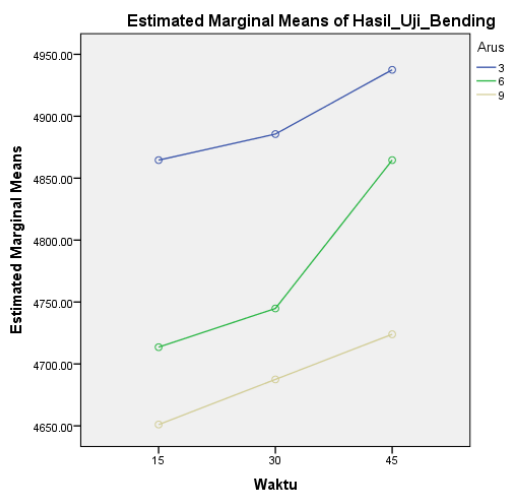
- Pengaruh waktu, arus, dan interaksi antara waktu dan densitas arus terhadap *bending* material : Nilai *mean square* 31479,241 nilai F : 2,741 dengan signifikansi $0,036 < 0,05$ maka waktu, arus dan interaksi antara waktu dan arus terbukti berpengaruh terhadap *bending* material.

Besarnya pengaruh semua variabel bebas terhadap variabel terikat *bending* material ditunjukkan oleh nilai *R Squared*. Nilai *R Squared* sebesar 0,549 maka besarnya pengaruh sebesar $0,549 * 100\% = 54,9\%$.

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian *bending* masing-masing material pada spesimen yang lama waktu pelapisan 45 menit hasil pelapisan dengan menggunakan densitas arus sebesar 0,3 mA memperoleh hasil tertinggi dengan rata-rata kekuatan *bending* maksimalnya sebesar 4937,5033 N. Hal ini menunjukkan bahwa proses pelapisan nikel dapat memberikan efek yang signifikan terhadap kekuatan *bending* pada material ini didukung dengan hasil pengujian anova yang menunjukkan bahwa arus pada pelapisan nikel berpengaruh terhadap kekuatan *bending* material baja ST 41 dengan besarnya pengaruh sebesar 54,9 %. Sutomo (2010:13) menyebutkan bahwa besar arus (rapat arus) yang digunakan dalam proses elektroplating nikel sangat berpengaruh terhadap laju ketebalan logam nikel yang terlapis. Sedangkan lamanya waktu proses pelapisan terbukti tidak berpengaruh secara signifikan. Memang benar dalam teori bahwa semakin lama waktu pelapisan logam, maka semakin tebal pula hasil pelapisannya, namun dalam pengujian *bending*, apabila semakin tebal lapisan nikel yang terbentuk, maka lapisan tersebut semakin keras dan semakin tinggi pula tingkat kegetasannya (*brittleness*) sehingga mudah pecah pula lapisan tersebut ketika dikenai beban *bending* sehingga hasil dari pengujiannya seperti material dasar yang hanya terlindungi bagian yang terkena *bending* sedangkan bagian bawahnya terkelupas karena pecah .

Lapisan nikel pada permukaan material-material dengan waktu 45 menit serta densitas arus pelapisan 0,3 mA/cm², 0,6 mA/cm², dan 0,9 mA/cm² tidak ada yang terkelupas saat dilakukan pengujian *bending*, ini menunjukkan bahwa nikel yang melapisi material dapat menempel dengan baik. Struktur mikro pada spesimen ini menunjukkan bahwa kandungan yang dominan adalah ferrit.

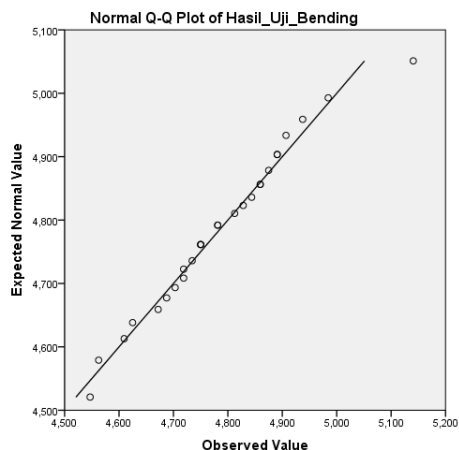


Gambar 5. Diagram hasil *mean* hasil uji *bending* antar kelompok waktu dan arus.

Pada masing-masing spesimen yang lama waktu pelapisan 15 menit hasil pelapisan dengan menggunakan arus 0,3 mA/cm² memperoleh hasil tertinggi dengan rata-rata kekuatan *bending* maksimalnya sebesar 4864,5867 N. Material yang dilapisi dengan arus 0,9 mA/cm² ketika dilakukan pengujian *bending* mengalami sedikit kerusakan pada permukaan yang tertekuk, namun tidak pada material yang dilapisi selama 10 menit dengan arus 0,3 mA/cm² dan 0,6 mA/cm². Dari hasil struktur mikronya spesimen ini memiliki kandungan yang dominan adalah ferrit.

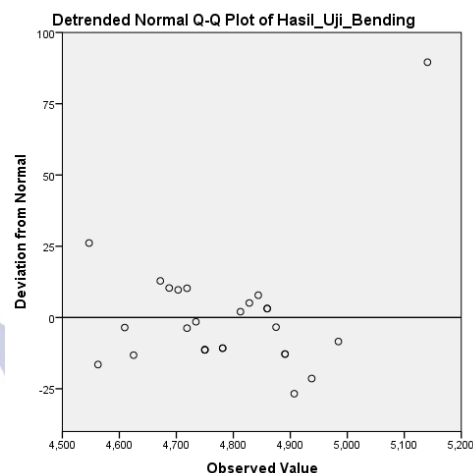
Pada spesimen dengan lama waktu pelapisan 30 menit hasil pelapisan dengan menggunakan arus 0,3 mA/cm² memperoleh hasil tertinggi dengan rata-rata kekuatan *bending* maksimalnya sebesar 4885,6267 N. Material yang dilapisi lapisan nikel pada permukaan material-material dengan waktu 30 menit serta densitas arus pelapisan 0,3 mA/cm², 0,6 mA/cm², dan 0,9 mA/cm² tidak ada yang terkelupas saat dilakukan pengujian *bending*. Struktur mikro spesimen ini menunjukkan kandungan yang dominan adalah perlit.

Pada pengujian RAW material, rata-rata kekuatan *bending* maksimal yang didapat sebesar 3976,57 N. Berikut ini adalah hasil uji normalitas dengan menggunakan grafik.



Gambar 6. Grafik uji normalitas

Hasil dari uji normalitas grafik normal Q-Q digunakan untuk menguatkan hasil uji normalitas, data berdistribusi normal jika plot titik-titik mengikuti garis lurus, sedangkan grafik *detrend* Q-Q berdistribusi normal jika plot menyebar merata diatas dan dibawah sumbu 0.



Gambar 7. Grafik uji normalitas *detrend* Q-Q

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan analisis data pada hasil pengujian *bending* material-material yang telah dilapisi nikel dengan perbedaan variasi densitas arus dan waktu didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- Hasil pengujian *bending* pada spesimen-spesimen yang dilapisi nikel dengan densitas arus 0,3 mA/cm² dan lama waktu proses pencelupan 45 menit menghasilkan rata-rata kekuatan *bending* maksimum 4937,5033 N. Hal tersebut terlihat pada grafik hasil pengujian anova.
- Hasil pengujian *bending* pada raw material memberikan hasil rata-rata kekuatan *bending* maksimum sebesar 4020,837 N. Variasi densitas arus memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan *bending*. Pernyataan tersebut didukung dengan hasil analisis data dengan melakukan pengujian statistik anova yang menunjukkan pengaruh variasi densitas arus pada proses pelapisan nikel terhadap kekuatan *bending* yang dihasilkan dengan pengaruh sebesar 54,9%. Sedangkan lama waktu proses pelapisan terbukti tidak berpengaruh secara signifikan karena semakin tebal lapisan yang menempel pada material tersebut, maka semakin mudah pecah ketika dikenai beban *bending*.
- Dari hasil pengujian struktur mikronya analisis spesimen uji dengan nilai rata-rata maksimum cenderung memiliki kandungan kandungan ferrit yang dominan.

Saran

Pada penelitian pengaruh variasi tegangan dan lama waktu proses pelapisan ini, saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut :

- Dalam proses pengerjaan pelapisan nikel, hendaknya memperhatikan penggunaan densitas arus dan lama waktu proses pelapisan, karena semakin besar densitas arus dan semakin lama proses pelapisan belum menjamin hasil pelapisan dapat menempel dengan baik dan merata.
- Pada proses pembersihan material sebelum dilakukan proses pelapisan nikel, disarankan sampai material benar-benar bersih dan tidak ada kotoran yang masih menempel pada permukaan material agar hasil pelapisan maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Hasa, M. Husna. 2007. "Pengaruh Rapat Arus Listrik dan Waktu Pelapisan Terhadap Ketebalan Lapisan Nikel Pada Foil Uranium". Jurnal Urania Vol. 13 No 1 Januari 2007 : 1-45. ISSN 0852-4777
- Annual Book of Standards*, JIS Z 2248, "Metallic Materials – Bending Test", JIS, 2006.
- Anton, J.H. dan Tomijiro, K. 1992. "Mengenal Pelapisan Logam (*Electroplating*)", Yogyakarta : Andi Offset.
- Arsianto, S. A. 1995. "Mengenal Teknik Pelapisan Logam". Bandung : Balai Besar.
- ASTM, B489 – 85. "Standard Practice for Bend Test for Ductility of Electrodeposited and Autocatalytically Deposited Metal Coatings on Metals", ASTM Reapproved 2013.
- BAJA ST 41" Skripsi. Fakultas Teknik : Universitas Negeri Surabaya.
- International Organization of Standardization, Environmental management systems – Specification with guidance for use (ISO 14001 : 1996)*. West Conshohocken, PA: ASTM, 1996. PCN : 34-014023-65.
- Lutfiana, Endah. 2011. "Pengujian *Metallography* Baja 1020". Fakultas Teknologi Industri : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Pria, Gautama. 2009. "Mengenal Cara Pelapisan Logam Bagian 1". Diakses dari <http://www.infometrik.com/2009/08/pelapisan-logam-bagian-1/> pada 8 Oktober 2016.
- Ritonga, I. S., 2014 "Pengaruh Kuat Arus dan Waktu Pelapisan Nikel Pada Baja Karbon Rendah ST 37 dengan Metode Elektroplating". Skripsi. Fakultas MIPA : Universitas Sumatera Utara.
- Rozak, Ainur. 2017 " Analisis Kepadatan Pada Proses Pelapisan Nikel Dengan Variasi Tegangan dan Lama Pencelupan.
- Sagala, Ahmad R. M. N. 2011 "Meningkatkan Sifat Mekanis Tembaga Komersil untuk Bahan Propeller Kapal Nelayan Dengan Metode *Accumulative Roll-Bonding*". Skripsi. Fakultas Teknik : Universitas Sumatera Utara.
- Saleh, A. A., 2011 "Teknik Pelapisan Logam Dengan Cara Listrik". Yogyakarta : Yrama Widya
- Setyowati, 2012 "Pengaruh Rapat Arus Terhadap Ketebalan dan Struktur Kristal Lapisan Nikel pada Tembaga". Fakultas MIPA : Universitas Sebelas Maret.
- Simatupang, Rio, 2013 "Proses Pelapisan NiCoCrAl Terhadap *Flexural Strength & Modulus Flexural* Pada Baja ST-37" Fakultas MIPA : Universitas Negeri Surabaya.
- Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Kombinasi (Mixed Methods)*. Bandung : Alfabeta
- Sularso, Harou Tahara, 1983. "Pompa dan Kompresor. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Supriadi, Harnowo, 2013 "Pengaruh Rapat Arus dan Temperatur Elektrolit Terhadap ketebalan Lapisan dan Efisiensi Katoda pada Elektroplating Tembaga untuk Baja Karbon Sedang" Fakultas Teknik : Universitas Lampung
- Sutomo, 2010 "Pengaruh Arus Dan Waktu Pada Pelapisan Nikel Dengan Elektroplating Untuk Bentuk Plat". Fakultas Teknik : Universitas Diponegoro.
- Syam, R. F., 2014 "Pengaruh Variasi Waktu Celup 4, 6 dan 8 Detik Terhadap Tebal Lapisan dan Kekerasan Tembaga pada Pelat Baja Karbon Sedang Dengan Proses Elektroplating" Fakultas Teknik : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Tim Penyusun. 2014. Pedoman Penulisan Skripsi Program Sarjana Strata 1 Universitas Negeri Surabaya. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.