

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Data Hasil Pengujian

#### 4.1.1. Tabel Data Hasil Pengujian Kekerasan Baja AISI 1025

KEKERASAN SEBELUM PERLAKUAN	
KEKERASAN (VHN)	137.28

#### 4.1.2. Tabel Data Hasil Pengujian Kekerasan Baja AISI 1025 Setelah *Hardening*

KEKERASAN SETELAH HARDENING	
KEKERASAN (VHN)	207.85

#### 4.1.3. Tabel Data Hasil Pengujian Kekerasan Baja AISI 1025 Setelah Proses *Tempering*

KEKERASAN SETELAH TEMPERING	
KEKERASAN (VHN)	188.333

#### 4.1.4. Tabel Data Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan Baja AISI 1025 Hasil Proses *Tempering* Setelah Pelapisan *Hardchrome*( $\mu\text{m}$ )

SPESIMEN	JARAK ANODA DAN KATODA			
	6 cm	5 cm	4 cm	3 cm
1	8.7	11.7	15.6	21.1
	6.8	12.5	17.8	27.5
	6.7	10.8	15.3	23.3
2	7.8	10.4	21.3	18.7
	7.3	9.7	16.9	22.4
	6.8	10.6	12.4	23.9
3	7.8	11	17.6	22.8
	8.3	10.7	17.9	24.2
	7.9	12.2	15.1	22.4
rata-rata	7.57	11.07	16.66	22.92

#### 4.1.5. Tabel Data Hasil Pengujian Kekerasan Baja AISI 1025 Hasil Proses *Tempering* Setelah Pelapisan *Hardchrome*(VHN)

SPESIMEN	JARAK ANODA DENGAN KATODA			
	6 cm	5 cm	4 cm	3 cm
1	499.7	504.4	566.7	743.6
	502.3	563.2	565.8	756.3
	514.7	572.9	618.7	752.4
2	533.9	601.3	704.6	758.6
	527.3	584.7	719.2	761.7
	525.7	589.8	698.3	773.5
3	495.9	519.6	667.3	714.5
	534.5	584.5	692.3	728.7
	537.3	563.6	658.9	734.6
rata-rata	519.03	564.89	654.64	747.10

#### 4.2 ANALISIS VARIAN SATU ARAH (*Single Factor ANOVA*)

Dari data pengujian dapat dianalisa apakah variasi jarak antara anoda dengan katoda dapat mempengaruhi nilai kekerasan baja AISI 1025 hasil *tempering* atau tidak. Untuk mengetahui berpengaruh atau tidaknya variasi jarak antara anoda dengan katoda terhadap kekerasan baja AISI 1025 hasil proses *tempering* perlu dilakukan analisis varian satu arah. Apabila F hitung lebih besar dari F tabel makafaktor yang diuji berpengaruh secara nyata. Namun jika F hitung lebih kecil dari F tabel makafaktor yang diuji tidak berpengaruh secara nyata.

##### 1. Formulasi Hipotesis:

$H_0$  = tidak ada pengaruh variasi jarak antara anoda dengan katoda dapat mempengaruhi nilai kekerasan baja AISI 1025 hasil *tempering*.

$H_1$  = ada pengaruh variasi jarak antara anoda dengan katoda dapat mempengaruhi nilai kekerasan baja AISI 1025 hasil *tempering*.

##### 2. Nilai F tabel

$\alpha = 0,05$

F tabel = 2,90112

3. Menentukan kriteria pengujian  
 $H_0$  diterima jika  $F$  hitung  $\leq 2,90112$   
 $H_0$  ditolak jika  $F$  hitung  $> 2,90112$
4. Membuat analisis varian dalam bentuk tabel Anova

Tabel 4.2.1 Analisis Varian Satu Arah

SPESIMEN	KEKERASAN (VHN)			
	6 cm	5 cm	4 cm	3 cm
1	499.7	504.4	566.7	743.6
	502.3	563.2	565.8	756.3
	514.7	572.9	618.7	752.4
2	533.9	601.3	704.6	758.6
	527.3	584.7	719.2	761.7
	525.7	589.8	698.3	773.5
3	495.9	519.6	667.3	714.5
	534.5	584.5	692.3	728.7
	537.3	563.6	658.9	734.6
rata-rata	519.03	564.89	654.64	747.10
Jumlah	4671.3	5084	5891.8	6723.9
Jumlah <sup>2</sup>	21821043.69	25847056	34713307.24	45210831
Total jumlah	22371			
Total jumlah <sup>2</sup>	500461641			

$$JKT = \sum x_{ij}^2 - \frac{Y^2}{nk}$$

$$JKT = (499.7^2 + 502.3^2 + 514.7^2 + 533.9^2 + 527.3^2 + 525.7^2 + 495.9^2 + 534.5^2 + 537.3^2 + 504.4^2 + 563.2^2 + 572.9^2 + 601.3^2 + 584.7^2 + 589.8^2 + 519.6^2 + 584.5^2 + 563.6^2 + 566.7^2 + 565.8^2 + 618.7^2 + 704.6^2 + 719.2^2 + 698.3^2 + 667.3^2 + 692.3^2 + 658.9^2 + 743.6^2 + 756.3^2 + 752.4^2 + 758.6^2 + 761.7^2 + 773.5^2 + 714.5^2 + 728.7^2 + 734.6^2) - \frac{500461641}{36}$$

$$JKT = 14217341.32$$

$$JKP = \frac{\sum_{i=1}^k T_i^2}{n} - \frac{Y^2}{nk}$$

$$JKP = \frac{4671.3^2 + 5084^2 + 5891.8^2 + 6723.9^2}{9} - \frac{500461641}{36}$$

$$JKP = 275203.0989$$

$$JKR = \frac{Y^2}{nk}$$

$$JKR = \frac{500461641}{36}$$

$$JKR = 13901712.25$$

$$JKE = JKT - JKP - JKR$$

$$JKE = 14217341.32 - 275203.0989 - 13901712.25$$

$$JKE = 40425.97111$$

Keterangan:

$JKT$  = Jumlah Kuadrat Total

$JKR$  = Jumlah Kuadrat Rata – rata

$JKE$  = Jumlah Kuadrat Error

$JKP$  = Jumlah Kuadrat Perlakuan

$\sum_{j=1}^n T_j^2$  = Kuadrat jumlah baris dari baris 1 sampai baris  $n$

$\sum x_{ij}^2$  = Jumlah data kuadrat

$\sum_{i=1}^k T_i^2$  = kudrat jumlah kolom dari kolom 1 sampai kolom  $k$

$n$  = banyaknya baris

$k$  = banyaknya kolom

$Y$  = Jumlah total data

$Y^2$  = Kuadrat jumlah total data

$i$  = kolom

$j$  = baris

SUMBER VARIASI	JUMLAH KUADRAT	DB	RATA2 KUADRAT	F
RATA-RATA	13901712.25	1	13901712.25	72.6142
PERLAKUAN	275203.0989	3	91734.3663	
ERROR	40425.97111	32	1263.311597	
TOTAL	14217341.32	36		

Dalam *Software* SPSS juga menunjukkan F hitung yang sama yaitu:

#### KEKERASAN

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
6.113	3	32	.002

#### ANOVA

#### KEKERASAN

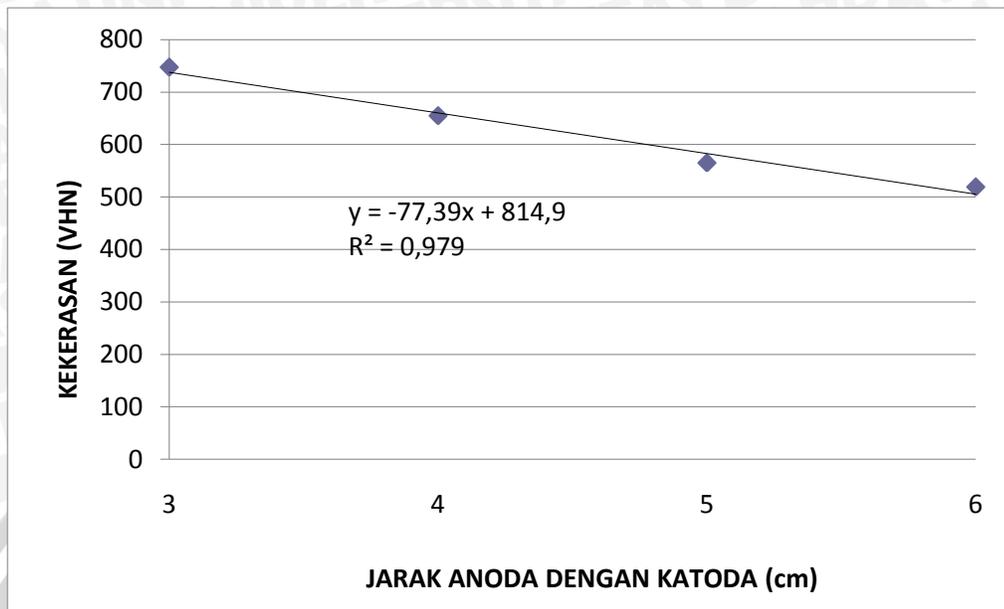
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	275203.099	3	91734.366	72.614	.000
Within Groups	40425.971	32	1263.312		
Total	315629.070	35			

### 5. Kesimpulan

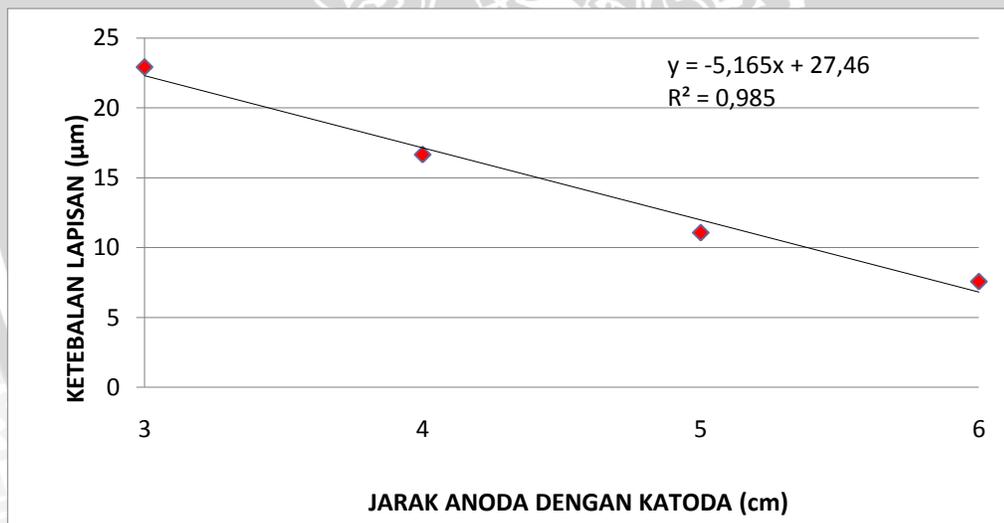
Dari data hasil diatas dapat dilihat bahwa F hitung lebih besar dari pada F tabel yaitu  $72,6142 > 2,90112$ , maka  $H_0$  ditolak dan dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh variasi jarak antara anoda dengan katoda dapat mempengaruhi nilai kekerasan baja AISI 1025 hasil *tempering*.

### 4.3 PEMBAHASAN

Dari data tabel kekerasan diatas diperoleh grafik 4.1 dibawah ini. Terlihat bahwa seiring bertambah jauhnya jarak antara anoda dengan katoda maka kekerasannya akan semakin menurun pada proses *hardchrome*.



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Variasi Jarak Anoda dan Katoda Terhadap Kekerasan Baja AISI 1025 Hasil Proses *Tempering*



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Variasi Jarak Anoda dan Katoda Terhadap Ketebalan Lapisan *Hardchrome*

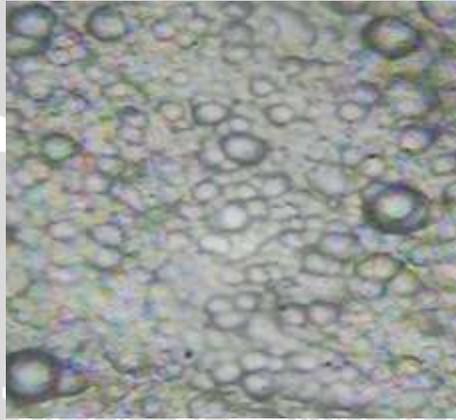
Pada jarak anoda dan katoda 6 cm menghasilkan ketebalan lapisan rata-rata  $7.57\mu\text{m}$  dan kekerasan rata-ratanya yaitu adalah 519.03 VHN, pada jarak anoda dan katoda 5 cm menghasilkan ketebalan lapisan rata-rata  $11.07\mu\text{m}$  dan kekerasan rata-ratanya yaitu adalah 564.89 VHN, pada jarak anoda dan katoda 4 cm menghasilkan ketebalan lapisan rata-rata  $16.66\mu\text{m}$  dan kekerasan rata-ratanya yaitu adalah 654.64 VHN, sedangkan pada jarak

anoda dan katoda 3 cm menghasilkan ketebalan lapisan rata-rata 22.92 $\mu$ m dan kekerasan rata-ratanya yaitu adalah 747.10 VHN. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin dekat jarak antara anoda dan katoda maka kekerasannya akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan adanya *throwing power*. Semakin dekat jarak anoda dan katoda maka hambatan dari larutan tersebut akan semakin kecil dan *throwing power* juga akan semakin besar sehingga mempengaruhi kerapatan *chromed* dan ketebalan lapisan *chrome* tersebut akan semakin bertambah sehingga kekerasannya juga akan semakin meningkat.

Dari grafik tersebut menunjukkan kecenderungan kenaikan nilai ketebalan lapisan pada baja AISI 1025 hasil perlakuan panas *tempering*, hal ini disebabkan karena semakin dekat jarak anoda dan katoda *hard chrome elektroplating* maka energi ionisasi yang diperlukan untuk berdeposisi menuju katoda akan semakin besar sehingga laju pembentukan dan pertumbuhan butir akan semakin merata. Adanya ion *chrome* yang berdeposisi akan membuat nilai ketebalan semakin meningkat, karena ion *chrome* yang berdeposisi pada spesimen akan membentuk lapisan-lapisan yang semakin lama akan semakin menumpuk dan akhirnya membentuk lapisan *chrome* yang semakin tebal.

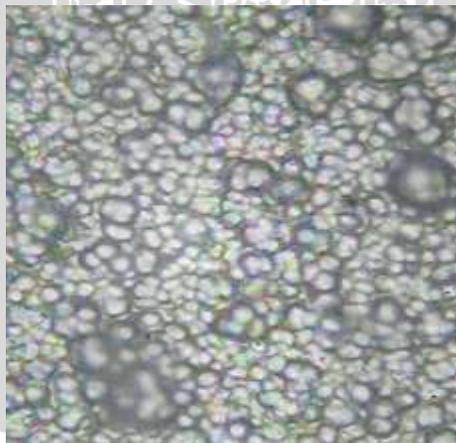
Dari grafik diatas juga menunjukkan kecenderungan kenaikan nilai kekerasan pada baja AISI 1025 hasil perlakuan panas *tempering*. Semakin meningkatnya nilai kekerasan ini disebabkan karena semakin dekat jarak anoda dengan katoda maka elektron akan semakin banyak ion *chrome* yang menuju pada katoda dan mengendap dipermukaan speimen. Hal ini terjadi karena jarak anoda dan katoda yang semakin dekat mengakibatkan dampak terhadap peningkatan energi yang semakin tinggi karena semakin dekat jarak antara anoda dengan katoda maka nilai hambatan (resistensi) akan semakin besar. Energi yang semakin tinggi akan mempercepat pelepasan elektron karena energinya menjadi relatif lebih besar daripada energi ionisasi yang dibutuhkan untuk menggerakkan elektron. Kondisi ini semakin memacu dan mempercepat gerakan elektron dari ion positif menuju ke ion negatif sehingga ion yang mengendap di permukaan bahan semakin bertambah. Pengendapan ion yang meningkat pada permukaan logam akan berdampak terhadap ketebalan. Semakin banyak endapan *chrome* yang bersifat keras maka semakin tebal lapisan yang terbentuk. Sebagai akibatnya permukaan logam yang dilapisi kekerasannya semakin meningkat.

Dari hasil pengujian foto mikro dapat dilihat butiran – butiran dari endapan *chrome* yang semakin rapat dan merata seiring bertambahnya temperatur larutan elektrolit. Pada jarak 6 cm terlihat endapan *chrome* masih belum terlalu banyak yang melapisi spesimen. Hal ini disebabkan pada jarak 6 cm energi yang digunakan untuk mengaktivasi ion – ion *chrome* pada katoda (spesimen) masih belum cukup untuk menghasilkan pelapisan yang baik. Sebagaimana tampak pada Gambar 4.3 di bawah ini:



Gambar 4.3 *Microstructure* lapisan *hardchrome* jarak anoda dengan katoda 6 cm dengan perbesaran 100 x

Hasil yang berbeda terjadi pada jarak anoda dengan katoda 3 cm sebagaimana terlihat pada gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 *Microstructure* lapisan *hardchrome* jarak anoda dengan katoda 3 cm dengan perbesaran 100 x

Pada Gambar 4.4 terlihat endapan *chrome* yang melapisi semakin rapat dan merata di permukaan spesimen dikarenakan temperatur yang digunakan sudah cukup untuk mengaktivasi ion – ion *chrome* sebagai pelapis. Hal ini bersesuaian dengan Gambar 4.4

yang menunjukkan pada jarak anoda dengan katoda 3 cm ketebalan lapisannya memiliki nilai yang paling tinggi. Sedangkan nilai kekerasan spesimen semakin meningkat seiring semakin dekatnya jarak anoda dengan katoda.

Proses *tempering* sebelum proses *hardchrome* menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi dari pada proses *hardchrome* tanpa perlakuan panas sebelumnya, dapat dilihat seperti pada data berikut ini yang diperoleh dari penelitian Wiryawan (2011) menggunakan baja AISI 1045 (ST37) dengan rapat arus 25 A/dm<sup>2</sup>.

Tabel 4.3.1 Data hasil pengujian kekerasan lapisan baja AISI 1045 hasil proses *hard chrome*

Spesimen	Kekerasan (VHN)
1	229
	345
	308
2	340
	340
	325
3	382
	307
	357
Temperatur 70 <sup>0</sup> C ; Waktu Pelapisan 40 menit	

Sumber : Pengaruh waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan pada proses elektroplating *chrome* (Wiryawan, 2011).

Prosentase kandungan baja AISI 1045

Element	Weight %
C	0.43-0.50
Mn	0.60-0.90
P	0.04 (max)
S	0.05 (max)

Dari data penelitian diatas dapat dilihat bahwa kekerasan pelapisan *hardchrome* tanpa *tempering* menghasilkan kekerasan rata-rata 325,89(VHN), sedangkan pada pelapisan yang melalui proses *tempering* terlebih dahulu memiliki kekerasan sampai 747,10 (VHN).

Dari perbandingan diatas dapat disimpulkan bahwa proses *tempering* sebelum proses pelapisan *hard chrome* dapat meningkatkan kekerasan lebih maksimal dibandingkan dengan pelapisan *hard chrome* tanpa perlakuan panas sebelumnya, hal ini dikarenakan perlakuan panas *tempering* menghasilkan substrat yang lebih rapat dibandingkan material tanpa perlakuan panas. Semakin rapat permukaan logam yang akan dilapisi maka dekomposisi *chrome* akan semakin baik karena endapan ion Cr akan mengendap kecelah – celah kristal logam, sehingga semakin rapat struktur butiran pada logam yang dilapisi maka akan semakin baik endapan *chrome* yang terbentuk karena endapan Cr lebih banyak yang mengendap diluar substrat baja. Pada proses *tempering* terjadi perubahan struktur martensit menjadi fasa ferit dan partikel – partikel sementit/karbida. Ferit akan membentuk matrik – matrik yang dikelilingi oleh partikel karbida sehingga menyebabkan butirannya akan semakin rapat dibandingkan spesimen tanpa perlakuan panas yang mempunyai struktur mikro berupa ferit yang lunak dan ulet. Jadi proses *hard chrome* dengan proses *tempering* sebelum pelapisan dapat menghasilkan material yang lebih tangguh.

