

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Data Hasil Permesinan ECM

Mendesain eksperimen merupakan hal yang penting sebelum eksperimen di mulai. Eksperimen kali ini melibatkan tiga faktor, yaitu konsentrasi elektrolit, tegangan, dan *gap* permesinan. Masing masing faktor memiliki tiga *level*, yang ditandai dengan angka satu, dua dan tiga. Faktor dan *level* yang terlibat dalam penelitian ini dijelaskan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Faktor Beserta *Level*-nya

Faktor		<i>Level</i>		
		1	2	3
1	Konsentrasi Elektrolit (%)	10	15	20
2	Tegangan (V)	7	10	13
3	<i>Gap</i> Permesinan (mm)	0,5	0,75	1

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menentukan nilai terbaik dari setiap responnya, yaitu *material removal rate* (MRR), dan *overcut* berdasarkan faktor yang terlibat. Dengan mempertimbangkan jumlah faktor yang terlibat, metode desain eksperimen taguchi dipilih untuk menentukan urutan eksperimen. Metode taguchi menawarkan jumlah *run* yang lebih sedikit dibandingkan dengan *full factorial design*, dengan urutan *run* seperti yang di tunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Urutan *Run*

<i>Run</i>	Konsentrasi elektrolit	Tegangan	<i>Gap</i> permesinan
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

## 4.2 Data Hasil Eksperimen

*Run order* yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 kemudian dijadikan pedoman dalam melakukan proses permesinan, sehingga eksperimen akan menghasilkan 9 benda kerja. Benda kerja tersebut kemudian diukur untuk mengetahui respon yang ingin dioptimasi, antara lain *material removal rate* (MRR), dan *overcut*. Data hasil pengukuran ditunjukkan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran MRR dan *Overcut*

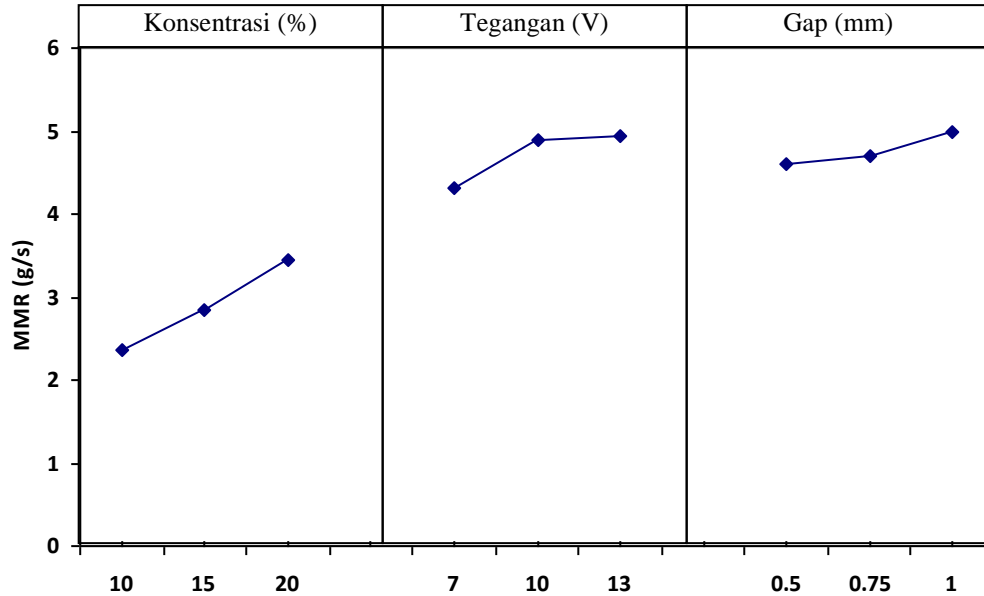
<i>Run</i>	MRR (g/s)	<i>Overcut</i> (mm)			
		<i>Type A</i>	<i>Type B</i>	<i>Type C</i>	<i>Type D</i>
1	2.3552	-0.593	-0.021	-0.540	-1.144
2	2.8386	-0.290	0.031	-0.615	-2.000
3	3.4510	0.618	0.886	0.470	0.105
4	4.3085	0.599	0.398	0.179	-0.054
5	4.8903	0.558	0.505	0.231	0.135
6	4.9413	0.619	1.232	0.162	-2.000
7	4.5988	0.494	-0.002	0.410	-0.103
8	4.6923	0.772	0.340	-0.146	-0.130
9	4.9863	0.431	-0.321	0.378	0.481

## 4.3 Analisis Hasil Eksperimen

Data yang telah diperoleh selanjutnya akan dianalisis lebih lanjut untuk setiap responnya, antara lain *material removal rate* (MRR), dan *overcut*.

### 4.3.1 Analisis MRR

Tabel 4.3 menunjukkan rangkuman data hasil perhitungan MRR. Dari data pada Tabel 4.3, dibuat grafik untuk mempermudah analisis data. Dari grafik akan terlihat tren kenaikan atau penurunan respon ketika faktornya diubah menurut *level* yang telah disebutkan sebelumnya. Gambar 4.1. menunjukkan hubungan konsentrasi elektrolit, tegangan, dan *gap* permesinan dengan respon MRR.



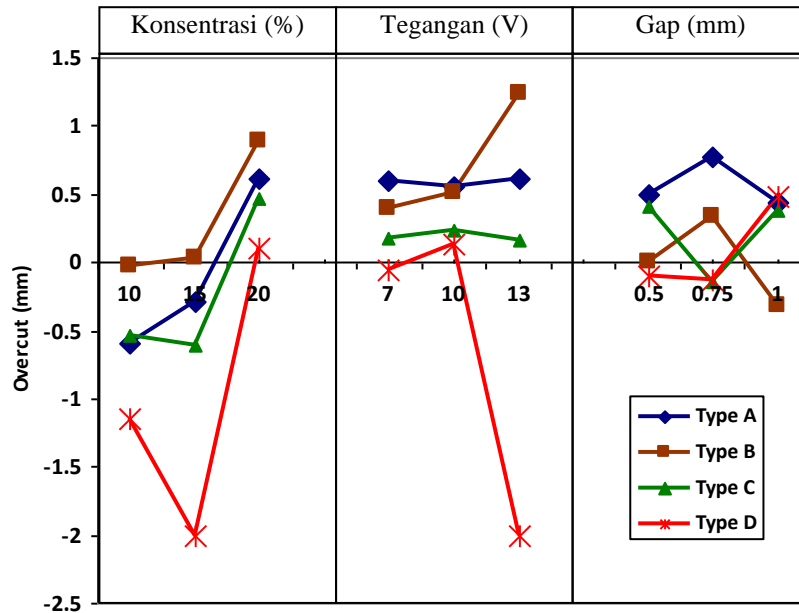
Gambar 4.1 Grafik Respon MRR

Gambar 4.1. menunjukkan bahwa MRR tertinggi didapat ketika konsentrasi elektrolit berada pada *level* tiga, yaitu 20%, tegangan pada *level* tiga, yaitu 13 volt, dan *gap* permesinan berada pada *level* tiga, yaitu 1 mm. Semakin tinggi konsentrasi maka MRR akan semakin tinggi. Hal ini juga berlaku pada faktor tegangan, dimana semakin tinggi tegangan akan menghasilkan nilai MRR yang semakin tinggi pula. Untuk *gap* permesinan, semakin jauh jarak antara *tool* dengan benda kerja, atau dengan kata lain semakin besar *gap*, maka MRR akan semakin tinggi.

#### 4.3.2 Analisis *Overcut*

*Overcut* merupakan salah satu respon penting untuk mengetahui apakah kualitas permesinan ECM sudah cukup baik. *Overcut* berhubungan langsung dengan tingkat akurasi dimensi benda kerja yang dihasilkan. Semakin kecil *overcut*, maka semakin akurat dimensi benda kerja yang dihasilkan. Tabel 4.3 menunjukkan rangkuman data hasil perhitungan *overcut*. Pengukuran *overcut* dilakukan dengan menggunakan kamera DSLR, beserta *software* ImageJ.

Dari data pada Tabel 4.3, dibuat grafik untuk mempermudah analisis data. Dari grafik akan terlihat tren kenaikan atau penurunan respon ketika faktornya di ubah menurut *level* yang telah di sebutkan sebelumnya. Gambar 4.2. menunjukkan hubungan konsentrasi elektrolit, tegangan, dan *gap* permesinan dengan respon *overcut*.



Gambar 4.2 Grafik Respon *Overcut*

Gambar 4.2. menunjukkan bahwa *overcut type A* terkecil didapat ketika konsentrasi elektrolit berada pada *level satu*, yaitu 10%, tegangan pada *level dua*, yaitu 10 volt, dan *gap* permesinan berada pada *level tiga*, yaitu 1 mm. Nilai konsentrasi elektrolit pada *overcut type A* mengalami peningkatan pada setiap level, yaitu semakin tinggi nilai konsentrasi maka *overcut* yang dihasilkan akan semakin tinggi. Nilai tegangan pada *overcut type A* pada level kedua menurun dan kemudian meningkat pada level ketiga. Sebaliknya nilai *overcut type A* pada *gap* permesinan mengalami peningkatan namun kemudian menurun.

*Overcut type B* terkecil didapat ketika konsentrasi elektrolit berada pada *level satu*, yaitu 10%, tegangan pada *level satu*, yaitu 7 volt, dan *gap* permesinan berada pada *level tiga*, yaitu 1 mm. Nilai konsentrasi elektrolit dan tegangan pada *overcut type B* mengalami peningkatan pada setiap level, yaitu semakin tinggi nilai konsentrasi dan tegangan maka *overcut* yang dihasilkan akan semakin tinggi. Sebaliknya nilai *overcut type B* pada *gap* permesinan mengalami peningkatan namun kemudian menurun.

*Overcut type C* terkecil didapat ketika konsentrasi elektrolit berada pada *level* dua, yaitu 15%, tegangan pada *level* tiga, yaitu 13 volt, dan *gap* permesinan berada pada *level* dua, yaitu 0,75 mm. Nilai konsentrasi elektrolit, tegangan dan *gap* permesinan pada *overcut type C* sangat bervariasi. Nilai *overcut type C* mengalami peningkatan kemudian menurun pada berbagai tegangan, dan sebaliknya mengalami penurunan kemudian meningkat pada konsentrasi elektrolit dan *gap* permesinan.

*Overcut type D* terkecil didapat ketika konsentrasi elektrolit berada pada *level* dua, yaitu 15%, tegangan pada *level* tiga, yaitu 13 volt, dan *gap* permesinan berada pada *level* dua, yaitu 0,75 mm. Nilai konsentrasi elektrolit, tegangan dan *gap* permesinan pada *overcut type D* sangat bervariasi. Nilai *overcut type D* mengalami peningkatan kemudian menurun pada berbagai tegangan, dan sebaliknya mengalami penurunan kemudian meningkat pada konsentrasi elektrolit dan *gap* permesinan.

#### **4.4 Analisis Statistik**

Analisis statistik bertujuan agar hasil eksperimen (sampel) layak untuk di terapkan di dunia industri (populasi). Analisis statistik yang dilakukan antara lain, mengidentifikasi apakah faktor berpengaruh signifikan terhadap respon, dan analisis anova untuk mengetahui *level* faktor mana yang menghasilkan respon terbaik. Dari analisis ini akan diketahui kombinasi *level* untuk setiap faktornya yang dapat menghasilkan respon optimal.

##### **4.4.1 Respon MRR**

Faktor pertama yang dianalisis adalah MRR. Data hasil perhitungan MRR akan dianalisis statistik lebih lanjut untuk mengidentifikasi apakah faktor berpengaruh signifikan terhadap respon, dan mengetahui kombinasi *level* faktor mana yang menghasilkan MRR tertinggi.

##### **4.4.1.1. Analysis of variance MRR**

*Analysis of variance* atau biasa disebut dengan ANOVA, digunakan untuk mengetahui faktor mana yang signifikan mempengaruhi respon, dalam hal ini adalah MRR. Dalam penelitian kali ini ANOVA dihitung menggunakan *software SPSS 16. for Windows*. Apabila nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  ( $\alpha=5\%$ ) atau  $P\text{-value} < \alpha$  (5%), maka faktor tersebut secara signifikan mempengaruhi respon pada eksperimen.

Tabel 4.4 *Analysis of Variance MRR*

<i>Source of variation</i>	Sum of Squares	df	Mean Square	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$	Sig.
Konsentrasi	6,883	2	3,441	22,152	5,143	0,002
Tegangan	0,749	2	0,374	0,318	5,143	0,739
<i>Gap</i>	0,175	2	0,088	0,069	5,143	0,934

Tabel 4.4 menunjukkan hasil analisis ANOVA untuk respon MRR. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai  $F_{hitung}$  untuk faktor konsentrasi adalah sebesar 22,152, sedangkan  $F_{tabel}$  (5%, 2, 6) adalah sebesar 5,143. Nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  menunjukkan bahwa faktor konsentrasi elektrolit memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon MRR. Pada faktor tegangan dan *gap* permesinan, diperoleh nilai yang sama yaitu  $F_{hitung} < F_{tabel}$  (0,318 dan 0,069 < 5,143) menunjukkan bahwa tegangan dan *gap* permesinan kurang berpengaruh signifikan terhadap MRR. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa faktor elektrolit merupakan faktor yang pengaruh signifikan terhadap respon MRR.

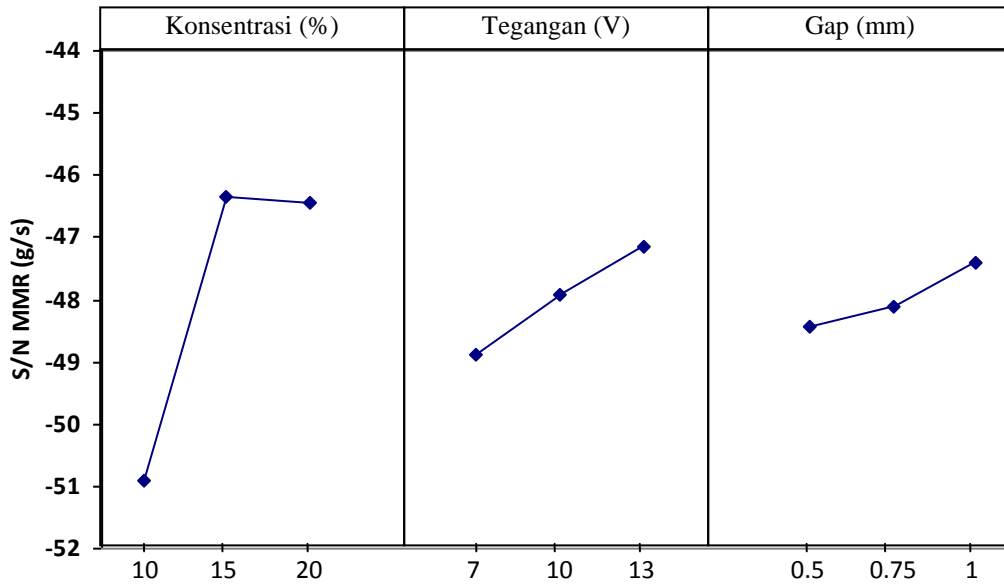
#### 4.4.1.2. Rasio S/N respon MRR

Setelah diketahui faktor mana saja yang berpengaruh signifikan terhadap MRR, maka selanjutnya dilakukan analisis rasio S/N untuk mengetahui ranking pengaruh dari faktor yang terlibat. Selain itu rasio S/N digunakan untuk mengetahui *level* terbaik untuk setiap faktornya agar didapatkan respon yang optimal. Karakteristik rasio S/N yang digunakan adalah *larger is better*. Karakteristik ini dipilih karena semakin besar nilai MRR maka semakin baik. Tabel 4.5 menunjukkan rangkuman perhitungan rasio S/N.

Tabel 4.5 Rangkuman Perhitungan Rasio S/N MRR

Level	Konsentrasi (%)	Tegangan (v)	<i>Gap</i> (mm)
1	-50.91	-48.87	-48.42
2	-46.36	-47.91	-48.10
3	-46.45	-47.14	-47.40
Delta	4.46	1.74	1.02
Ranking	1	2	3

Dari Tabel 4.5 dapat ditarik kesimpulan bahwa konsentrasi elektrolit adalah faktor yang paling mempengaruhi MRR, diikuti oleh tegangan dan *gap* permesinan. Untuk mengetahui *level* mana yang paling baik untuk setiap faktor, beserta tren yang dihasilkan, maka analisis dilanjutkan untuk mendapatkan grafik nilai S/N MRR. Grafik tersebut ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Nilai S/N MRR

Semakin tinggi rasio S/N maka semakin baik *level* tersebut untuk mendapatkan respon optimal. Gambar 4.3 menunjukkan bahwa MRR terbaik didapatkan ketika *level* faktornya adalah *level* dua untuk konsentrasi, *level* tiga untuk tegangan dan untuk *gap* permesinan, yang berarti merupakan kombinasi 15%, 13V, dan 1 mm.

#### 4.4.2 Respon *Overcut*

Setelah menganalisis data MRR, data hasil perhitungan *overcut* juga akan dianalisis statistik lebih lanjut untuk mengetahui distribusi data, mengidentifikasi apakah faktor berpengaruh signifikan terhadap respon, mendapatkan model matematis, mengetahui kombinasi *level* faktor mana yang menghasilkan *overcut* terkecil, dan validasi model matematis.

##### 4.4.2.1. Analysis of variance *overcut*

*Analysis of variance* atau biasa disebut dengan ANOVA, digunakan untuk mengetahui faktor mana yang signifikan mempengaruhi respon, yaitu *overcut*. Dalam penelitian kali ini ANOVA dihitung menggunakan *software* SPSS 16.0.

Tabel 4.6 *Analysis of Variance Over cut*

<i>Overcut</i>	<i>Source of variation</i>	Sum of Squares	Df	Mean Square	F <sub>hitung</sub>	F <sub>tabel</sub>	Sig.
Type A	Konsentrasi	0,891	2	0,446	3,102	5,143	0,119
	Tegangan	0,228	2	0,114	0,448	5,143	0,659
	Gap	0,181	2	0,090	0,345	5,143	0,721
Type B	Konsentrasi	0,755	2	0,377	1,971	5,143	0,220
	Tegangan	0,347	2	0,173	0,668	5,143	0,477
	Gap	0,417	2	0,208	0,840	5,143	0,547
Type C	Konsentrasi	0,372	2	0,186	1,197	5,143	0,259
	Tegangan	0,403	2	0,202	1,344	5,143	0,329
	Gap	0,473	2	0,236	1,708	5,143	0,365
Type D	Konsentrasi	1,862	2	0,931	1,059	5,143	0,386
	Tegangan	0,092	2	0,046	0,039	5,143	0,404
	Gap	1,939	2	0,970	1,120	5,143	0,962

Dari tabel 4.6 menunjukkan hasil analisis ANOVA untuk respon *overcut type A*. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai Fhitung untuk faktor konsentrasi adalah sebesar 3,102, sedangkan Ftabel (5%, 2, 6) adalah sebesar 5,143. Nilai Fhitung < Ftabel menunjukkan bahwa faktor konsentrasi elektrolit tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon *overcut type A*. Untuk faktor lain, yaitu tegangan, nilai Fhitung < Ftabel (0,448 < 5,143) menunjukkan bahwa tegangan tidak berpengaruh signifikan terhadap *overcut*, sama halnya dengan konsentrasi. Faktor terakhir yang diteliti adalah *gap* permesinan ternyata mempunyai nilai Fhitung sebesar 0,345 lebih kecil dari Ftabel yang bernilai 5,143 menunjukkan bahwa *gap* tidak berpengaruh signifikan terhadap *overcut*.



Hasil analisis ANOVA untuk respon *overcut type B* menunjukkan bahwa nilai Fhitung untuk faktor konsentrasi adalah sebesar 1,971, sedangkan Ftabel (5%, 2, 6) adalah sebesar 5,143. Nilai Fhitung < Ftabel menunjukkan bahwa faktor konsentrasi elektrolit tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon *overcut type B*. Untuk faktor lain, yaitu tegangan, nilai Fhitung < Ftabel (0,668 < 5,143) menunjukkan bahwa tegangan tidak berpengaruh signifikan terhadap *overcut*, sama halnya dengan konsentrasi. Faktor terakhir yang diteliti adalah *gap* permesinan ternyata mempunyai nilai Fhitung sebesar 0,840 lebih kecil dari Ftabel yang bernilai 5,143 menunjukkan bahwa *gap* tidak berpengaruh signifikan terhadap *overcut*.

Berdasarkan hasil analisis ANOVA untuk respon *overcut type C* menunjukkan bahwa nilai Fhitung untuk faktor konsentrasi adalah sebesar 1,197, sedangkan Ftabel (5%, 2, 6) adalah sebesar 5,143. Nilai Fhitung < Ftabel menunjukkan bahwa faktor konsentrasi elektrolit tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon *overcut type C*. Untuk faktor lain, yaitu tegangan, nilai Fhitung < Ftabel (1,344 < 5,143) menunjukkan bahwa tegangan tidak berpengaruh signifikan terhadap *overcut*, sama halnya dengan konsentrasi. Faktor terakhir yang diteliti adalah *gap* permesinan ternyata mempunyai nilai Fhitung sebesar 1,708 lebih kecil dari Ftabel yang bernilai 5,143 menunjukkan bahwa *gap* tidak berpengaruh signifikan terhadap *overcut*.

Hasil analisis ANOVA pada respon *overcut type D* menunjukkan bahwa nilai Fhitung untuk faktor konsentrasi adalah sebesar 1,059, sedangkan Ftabel (5%, 2, 6) adalah sebesar 5,143. Nilai Fhitung < Ftabel menunjukkan bahwa faktor konsentrasi elektrolit tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon *overcut type D*. Untuk faktor lain, yaitu tegangan, nilai Fhitung < Ftabel (0,039 < 5,143) menunjukkan bahwa tegangan tidak berpengaruh signifikan terhadap *overcut*, sama halnya dengan konsentrasi. Faktor terakhir yang diteliti adalah *gap* permesinan ternyata mempunyai nilai Fhitung sebesar 1,120 lebih kecil dari Ftabel yang bernilai 5,143 menunjukkan bahwa *gap* tidak berpengaruh signifikan terhadap *overcut*.

Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa semua faktor yang terlibat dalam penelitian ini tidak berpengaruh secara signifikan terhadap respon *overcut*, akan tetapi dari tiga faktor yang digunakan dalam penelitian urutan faktor yang berpengaruh dalam penelitian adalah faktor elektrolit diikuti dengan faktor tegangan dan yang terakhir adalah celah (*gap*) permesinan.