

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Data hasil penelitian yang diambil dari hasil permesinan menggunakan mesin EDM (*KING SPARK PULSE*) dilakukan dengan menggunakan mesin uji kekasaran (*Mitutoyo 301*). Yang mana dalam penelitian ini dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan ketelitian yang akurat. Dari hasil pengujian kekasaran permukaan tersebut diperoleh data kekasaran permukaan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Kekasaran Permukaan (μm)

Variasi	Pengulangan	Arus listrik (A)				Rata-rata	
		4	8,5	12,5	18		
Polaritas	+	1	2,72	3,31	5,41	6,38	4.42
		2	2,69	3,43	5,83	6,13	4.46
		3	2,75	3,34	5,74	6,71	4.59
		Σ	8.16	10.08	16.98	19.22	13.47
		Rata-rata	2.72	3.36	5.66	6.41	4.49
	-	1	2,38	3,18	4,61	5,68	4.00
		2	3,31	3,19	4,26	5,42	3.83
		3	4,61	3,14	4,12	5,87	3.90
		Σ	6.84	9.51	12.99	16.97	11.72
		Rata-rata	2.28	3.17	4.33	5.66	3.91



Tabel 4.2 Analisa Total Perlakuan

Variasi Arus	Polaritas		Σ_{Total}
	+	-	
4	8.16	6.84	15
8,5	9.51	10.08	19.59
12,5	16.98	12.99	29.97
18	19.22	16.97	36.19
Σ_{Total}	53.87	46.88	100.75

4.2 Analisis Varian

Dalam perhitungan analisis varian dilakukan dengan menggunakan analisis varian dua arah. Analisis jenis ini digunakan apabila ada dua buah variabel yang mempengaruhi satu buah variabel. Dalam hal ini dua variabel tersebut adalah besar arus listrik (A) dan polaritas (P). Dari sini akan diketahui hubungan antara besar arus listrik dan polaritas perlakuan permesinan terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja, yang mana dari tabel 4.1 didapatkan perhitungan statistik sebagai berikut :

1. Jumlah seluruh perlakuan

$$\sum Y_{ijk} = 100,75$$

2. Jumlah kuadrat seluruh perlakuan

$$\sum (Y_{ijk})^2 = 2816,69$$

3. Faktor koreksi

$$FK = \frac{(T_{ijk})^2}{n.p}$$

Dimana : n = banyaknya pengulangan (3)

p = A x P

A = banyaknya variasi arus (4)

P = banyaknya variasi polaritas (2)

Sehingga p = 4 x 2 ; n x p = 3 x 8 = 24

$$FK = \frac{(100.75)^2}{24} \\ = 422,94$$

4. Jumlah Kuadrat Total

$$\begin{aligned} JKT &= \sum ((Y_{ijk})^2) - FK \\ &= 2816,69 - 422,94 \\ &= 2393,75 \end{aligned}$$

5. Jumlah Kuadrat Perlakuan

$$\begin{aligned} JK_{\text{perlakuan}} &= \frac{\sum ((A_i P_j)^2)}{n} - FK \\ &= \frac{8437,5}{3} - 422,94 \\ &= 2389,56 \end{aligned}$$

6. Jumlah kuadrat variabel A

$$\begin{aligned} JKA &= \frac{\sum ((T A_i)^2)}{n P} - FK \\ &= \frac{T A_1^2 + T A_2^2 + T A_3^2 + T A_4^2}{n P} - FK \\ &= \frac{15^2 + 19,59^2 + 29,97^2 + 36,19^2}{3 \cdot 2} - 422,94 \\ &= 46,51 \end{aligned}$$

7. Jumlah kuadrat P

$$\begin{aligned} JKP &= \frac{\sum ((T P_j)^2)}{n A} - FK \\ &= \frac{T P_1^2 + T P_2^2}{n A} - FK \\ &= \frac{53,87^2 + 46,88^2}{3 \cdot 4} - 422,94 \\ &= 2,04 \end{aligned}$$

8. Jumlah kuadrat interaksi A dan P

$$\begin{aligned} JK(AP) &= JK_{\text{perlakuan}} - JKA - JKP \\ &= 2389,56 - 46,51 - 2,04 \\ &= 2341,01 \end{aligned}$$

9. Jumlah kuadrat galat

$$\begin{aligned} JKG &= JKT - JKA - JKP - JK(AP) \\ &= 2393,75 - 46,51 - 2,04 - 2341,01 \\ &= 4,19 \end{aligned}$$

10. Kuadrat pengaruh A

$$\begin{aligned} S_A^2 &= \frac{JKA}{A-1} \\ &= \frac{46,51}{4-1} \\ &= 15,5 \end{aligned}$$

11. Kuadrat pengaruh P

$$\begin{aligned} S_P^2 &= \frac{JKP}{P-1} \\ &= \frac{2,04}{2-1} \\ &= 2,04 \end{aligned}$$

12. Kuadrat tengah pengaruh A dan P

$$\begin{aligned} S_{AP}^2 &= \frac{JK(AP)}{(A-1)(P-1)} \\ &= \frac{2341,01}{(4-1)(2-1)} \\ &= 780,34 \end{aligned}$$

13. Kuadrat tengah galat

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{JKG}{A.P(n-1)} \\ &= \frac{4,19}{4.2(3-1)} \\ &= 0,26 \end{aligned}$$



Nilai F_{hitung} dari masing-masing sumber keragaman adalah sebagai berikut :

- Faktor A : $F_{A \text{ hitung}} = \frac{S_A^2}{S^2} = \frac{15,5}{0,26} = 59,62$
- Faktor P : $F_{P \text{ hitung}} = \frac{S_P^2}{S^2} = \frac{2,04}{0,26} = 7,84$
- Faktor AP : $F_{AP \text{ hitung}} = \frac{S_{AP}^2}{S^2} = \frac{780,34}{0,26} = 3001,31$

Tabel 4.3 Analisa varian dua arah

Sumber keragaman	db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}
Pengaruh A	3	46,51	15,5	59,62	3,182
Pengaruh P	1	2,04	2,04	7,84	6,314
Pengaruh interaksi A & P	3	2341,01	780,34	3001,31	3,182
Galat	8	4,19	0,26	-	-
Total	17	2393,75	-	-	-

Selanjutnya dengan membandingkan nilai F hitung dengan F tabel yang diambil pada tingkat kesalahan 0,05 akan diketahui ada tidaknya pengaruh perlakuan (A dan P) serta pengaruh interaksi antara kedua faktor tersebut, sehingga:

1. $F_{1 \text{ hitung}} > F_{1 \text{ tabel}}$, maka H_0^1 ditolak, dan H_1^1 diterima, ini berarti ada pengaruh nyata arus listrik terhadap kekasaran benda uji.
2. $F_{2 \text{ hitung}} > F_{2 \text{ tabel}}$, maka H_0^2 ditolak, dan H_1^2 diterima, ini berarti ada pengaruh nyata polaritas terhadap kekasaran benda uji.
3. $F_{3 \text{ hitung}} > F_{3 \text{ tabel}}$, maka H_0^3 ditolak, dan H_1^3 diterima, ini berarti ada pengaruh nyata interaksi antara arus listrik dan polaritas terhadap kekasaran benda uji.

4.3 Analisa Grafik

Analisa ini digunakan untuk mengetahui model grafik yang terbentuk dari interaksi variasi besar arus listrik terhadap kekasaran benda kerja, sehingga dengan melihat grafik ini dapat diketahui kecenderungan kenaikan atau penurunan nilai kekasaran permukaan benda kerja seiring dengan peningkatan dan penurunan besar arus listrik.

Persamaan regresi yang digunakan dalam analisa ini adalah persamaan polinomial orde dua, dengan model matematis sebagai berikut :

$$Y = a + bX + cX^2$$

Dengan menggunakan persamaan-persamaan normal sebagai berikut :

$$\Sigma Y = n a + b \Sigma X + c \Sigma X^2$$

$$\Sigma XY = a \Sigma X + b \Sigma X^2 + c \Sigma X^3$$

$$\Sigma X^2 Y = a \Sigma X^2 + b \Sigma X^3 + c \Sigma X^4$$

Dimana nilai-nilai a, b, c dapat dicari dengan memasukkan data-data yang ada ke dalam persamaan tersebut sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

- Untuk polaritas positif (+)
 $R_a = 0,0109 I^2 + 0,0639 I + 2,1478$
- Untuk polaritas negatif (-)
 $R_a = 0,0089 I^2 + 0,0452 I + 2,0124$

Untuk membuktikan bahwa terjadi perubahan tingkat kekasaran permukaan pada benda kerja akibat pengaruh besar arus listrik maka dilakukan perhitungan pada polaritas yang berbeda sebagai berikut :

- Untuk polaritas positif (+)

4 ampere : $R_a = 0,0109 I^2 + 0,0639 I + 2,1478$
 $R_a = 0,0109 (4)^2 + 0,0639 (4) + 2,1478$
 $R_a = 2,58$

8,5 ampere : $R_a = 0,0109 I^2 + 0,0639 I + 2,1478$
 $R_a = 0,0109 (8,5)^2 + 0,0639 (8,5) + 2,1478$
 $R_a = 3,48$

12,5 ampere : $R_a = 0,0109 I^2 + 0,0639 I + 2,1478$
 $R_a = 0,0109 (12,5)^2 + 0,0639 (12,5) + 2,1478$
 $R_a = 4,65$

18 ampere : $R_a = 0,0109 I^2 + 0,0639 I + 2,1478$
 $R_a = 0,0109 (18)^2 + 0,0639 (18) + 2,1478$
 $R_a = 6,83$

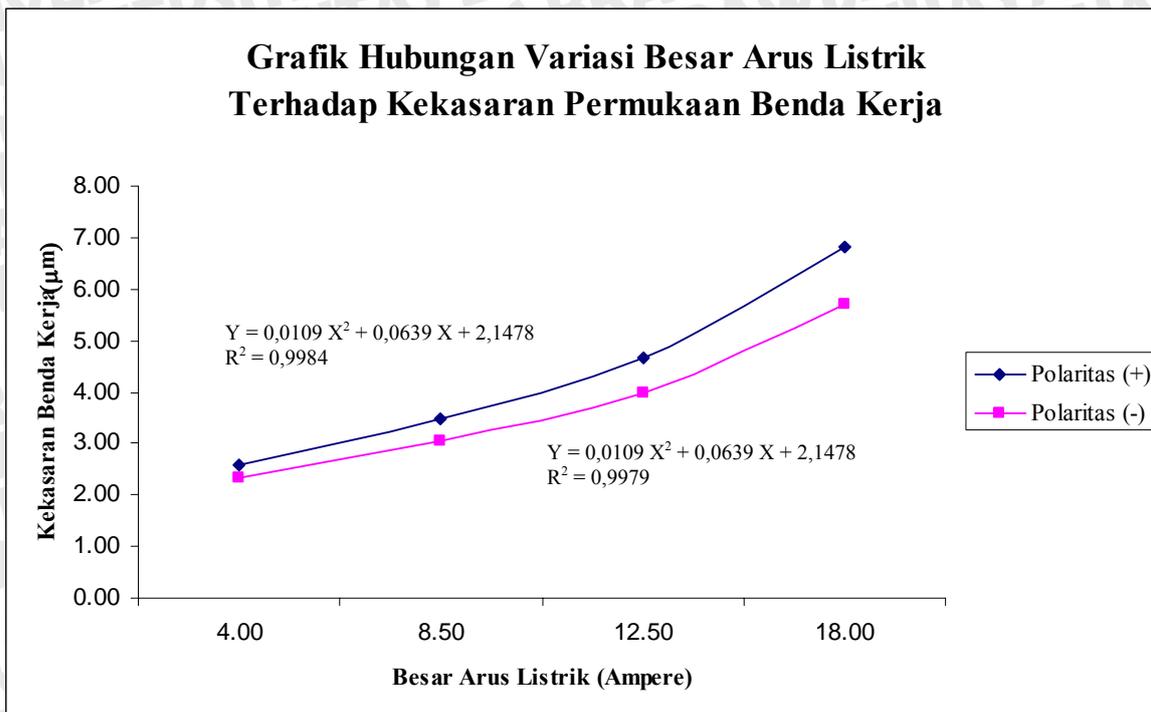
- Untuk polaritas negatif (-)

4 ampere : $R_a = 0,0089 I^2 + 0,0452 I + 2,0124$
 $R_a = 0,0089 (4)^2 + 0,0452 (4) + 2,0124$
 $R_a = 2,34$

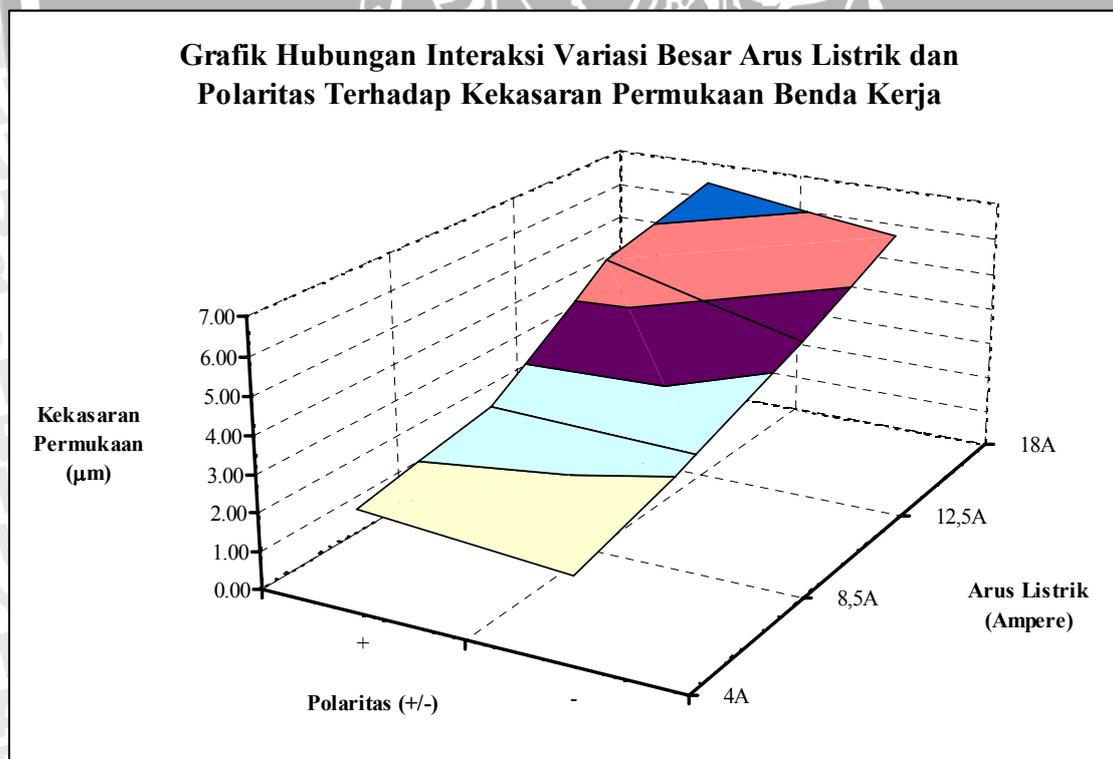
8,5 ampere : $R_a = 0,0089 I^2 + 0,0452 I + 2,0124$
 $R_a = 0,0089 (8,5)^2 + 0,0452 (8,5) + 2,0124$
 $R_a = 3,04$

12,5 ampere : $R_a = 0,0089 I^2 + 0,0452 I + 2,0124$
 $R_a = 0,0089 (12,5)^2 + 0,0452 (12,5) + 2,0124$
 $R_a = 3,97$

18 ampere : $R_a = 0,0089 I^2 + 0,0452 I + 2,0124$
 $R_a = 0,0089 (18)^2 + 0,0452 (18) + 2,0124$
 $R_a = 5,71$



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Besar Arus Listrik Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Interaksi Variasi Besar Arus Listrik dan Polaritas Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja

4.4 Pembahasan

4.4.1 Pengaruh Variasi Besar Arus Listrik Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja

Dari grafik hubungan variasi besar arus listrik terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada gambar 4.1 di atas dapat dijelaskan bahwa arus listrik dan kekasaran benda kerja cenderung mengalami kenaikan secara eksponensial, sedangkan untuk polaritas negatif (-) tingkat nilai kekasaran cenderung lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan polaritas positif (+) pada proses die-sinking EDM. Besar arus listrik adalah parameter yang menentukan pada kenaikan jumlah energi yang dihasilkan. Yang dapat menyebabkan terjadinya loncatan bunga api yang menimbulkan pengikisan pada benda kerja, yang berakibat pada tingkat kekasaran benda kerja.

Pada grafik terlihat bahwa tingkat kekasaran permukaan benda kerja terjadi pada arus listrik 18 Ampere. Hal ini dikarenakan, dengan semakin meningkatnya arus listrik yang digunakan, maka energi yang digunakan semakin besar, akibatnya proses pengikisan pada permukaan benda kerja akan terbentuk kawah-kawah yang tingkat kekasarannya berbeda dengan penggunaan arus yang lebih kecil.

Kawah-kawah ini terbentuk akibat adanya proses *discharging* yang terjadi diantara celah elektrode dan benda kerja. Proses pengikisan ini terjadi karena adanya proses pemusatan elektron yang bergerak dengan kecepatan tinggi dalam waktu singkat sehingga timbul loncatan bunga api yang menumbuk permukaan benda kerja. Akibatnya terjadi pelelehan lokal pada permukaan benda kerja. Jika diperhatikan dari grafik, tingkat kekasaran permukaan terkecil terjadi pada tingkat arus yang kecil pula. Sedangkan arus listrik kecil maka akan menghasilkan tingkat kekasaran permukaan yang rendah, dan bila arus listrik semakin besar maka tingkat kekasaran permukaan juga akan semakin besar.

4.4.2 Pengaruh Interaksi Variasi Arus Listrik dan Polaritas Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja

Dengan melihat gambar 4.2 yang menggambarkan interaksi variasi besar arus listrik dan polaritas terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja bahwa semakin meningkatnya besar arus listrik dan juga pada saat penggunaan polaritas positif (+) maka berpengaruh pada tingkat kekasaran permukaan benda kerja menjadi semakin besar. Hal ini dikarenakan pada arus yang semakin besar meningkatkan terjadinya loncatan bunga api yang semakin besar pula dan pada penggunaan polaritas positif (+) terjadi penumpukan ion pada permukaan benda kerja yang disebabkan karena adanya perbedaan medan magnet antara pahat dan benda kerja, elektron – elektron bebas yang berada dipermukaan pahat akan

tertarik menuju benda kerja. Dalam pergerakan menuju benda kerja, elektron – elektron yang mempunyai energi kinetik ini akan bertabrakan dengan molekul – molekul fluida dielektrik. Dalam proses tabrakan tersebut maka akan terjadi suatu keadaan, yaitu akan menghasilkan elektron baru yang berasal dari molekul dielektrik. Molekul fluida dielektrik yang telah kehilangan elektron akan menjadi ion positif dan akan tertarik kearah elektroda pahat. Dengan adanya proses tabrakan tersebut akan menghasilkan elektron-elektron baru dan ion – ion positif baru, maka akan terjadi penumpukan ion pada benda kerja. Sehingga pada penggunaan polaritas positif (+) dan arus listrik 18 ampere menghasilkan rata-rata kekasaran permukaan terbesar yang mencapai $6,41 \mu\text{m}$.

