

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan variable bebas yaitu *cutting speed* dan *feed rate* dengan masing – masing variasi 17.58, 20.10, dan 22.61 m/min (untuk diameter 8 mm) 21.98, 25.12, 28.26 m/min (untuk diameter 10 mm) dan 100 mm/min, 200 mm/min, 300 mm/min serta menggunakan pahat dengan diameter Ø8 dan Ø 10. Setelah itu dilakukan pengukuran nilai kekasaran permukaan dengan 3 kali pengambilan data. Data hasil penelitian pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tabel hasil pengukuran kekasaran permukaan (μm)

| Diameter (mm) | Vc (m/min) | Spindle (rpm) | Feed rate (mm/min) | fn (mm/rev) | Ra (μm) |
|---------------|------------|---------------|--------------------|-------------|----------------------|
| 8 | 17,58 | 700 | 100 | 0,14 | 0.71 |
| | 17,58 | 700 | 200 | 0,29 | 1.19 |
| | 17,58 | 700 | 300 | 0,43 | 1.46 |
| | 20,10 | 800 | 100 | 0,13 | 0.63 |
| | 20,10 | 800 | 200 | 0,25 | 1.07 |
| | 20,10 | 800 | 300 | 0,38 | 1.29 |
| | 22,61 | 900 | 100 | 0,11 | 0.56 |
| | 22,61 | 900 | 200 | 0,22 | 0.88 |
| | 22,61 | 900 | 300 | 0,33 | 1.06 |
| 10 | 21,98 | 700 | 100 | 0,14 | 0.81 |
| | 21,98 | 700 | 200 | 0,29 | 0.98 |
| | 21,98 | 700 | 300 | 0,43 | 1.15 |
| | 25,12 | 800 | 100 | 0,13 | 0.74 |
| | 25,12 | 800 | 200 | 0,25 | 0.90 |
| | 25,12 | 800 | 300 | 0,38 | 1.05 |
| | 28,26 | 900 | 100 | 0,11 | 0.64 |
| | 28,26 | 900 | 200 | 0,22 | 0.72 |
| | 28,26 | 900 | 300 | 0,33 | 0.96 |

4.2 Analisis dengan Metode Regresi Berganda

4.2.1 Metode Regresi Berganda pada Diameter 8 mm

Tabel 4.2 Multiple Linear Regression : *Model Summary* pada proses *Climb Milling* (hasil SPSS)

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| 1 | .986 ^a | .971 | .962 | .06042 |

a. Predictors: (Constant), Fn, Vc

Dari Table 4.2 diketahui nilai R sebesar 0,986 dan $R^2 = 0,971$. Data tersebut menunjukkan bahwa pengaruh dari variable bebas (*independent variables*) yaitu kecepatan potong dan *feed* terhadap variable terikat (*dependent variables*) yaitu R_a adalah sebesar 97,1%.

Tabel 4.3 Hasil test ANOVA (Hasil SPSS)

| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-------|------------|----------------|----|-------------|---------|-------------------|
| 1 | Regression | .745 | 2 | .372 | 102.039 | .000 ^a |
| | Residual | .022 | 6 | .004 | | |
| | Total | .767 | 8 | | | |

a. Predictors: (Constant), Fn, Vc

b. Dependent Variable: Ra

Hasil analisis ANOVA (*analysis of variance*) yang ditunjukkan pada tabel 4.3. Tabel diatas digunakan dalam menguji ada tidaknya pengaruh variabel bebas (*independent variables*) terhadap variabel terikat (*dependent variables*) sehingga dapat dikemukakan hipotesis yang dinyatakan sebagai berikut :

H_0 = Tidak terdapat pengaruh *independent variables* X_1 dan X_2 secara signifikan dan positif terhadap *dependent variables* Y.

H_1 = Terdapat pengaruh *independent variables* X_1 dan X_2 secara signifikan dan positif terhadap *dependent variables* Y.

Harga pada kolom F harus dibandingkan dengan harga F tabel untuk tingkat alpha yang telah ditetapkan dengan df_1 sebagai pembilang dan df_2 sebagai penyebut yang sesuai

dengan perhitungan. Kriteria yang digunakan, akan menolak H_0 dan menerima H_1 apabila $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ serta menerima H_0 dan menolak H_1 apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$.

Berdasarkan tabel Model Summary dan table ANOVA di atas diperoleh harga koefisien korelasi atau $R = 0,986$ dan $F = 102,039$ dengan tingkat alpha yang telah ditetapkan adalah sebesar 5%. *Degree of freedom* yang ditampilkan dalam table tersebut tersebut yaitu $df_1 = 2$ dan $df_2 = 6$. Oleh karena itu didapatkan nilai F_{tabel} sebesar 5,14.

Karena $F_{hitung} > F_{tabel}$, yaitu $102,039 > 5,14$, maka H_0 yang menyatakan tidak ada pengaruh ditolak. Sebagai konsekuensinya harus menerima H_1 , yang berarti terdapat pengaruh dari *independent variables* terhadap *dependent variables*.

Tabel 4.4 *Multiple Linear Regression : Coefficients* pada proses *Climbing* (Hasil SPSS)

| | | Coefficients ^a | | | | |
|-------|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | | |
| Model | | B | Std. Error | Beta | t | Sig. |
| 1 | (Constant) | .817 | .222 | | 3.675 | .010 |
| | Vc | -.024 | .010 | -.166 | -2.321 | .059 |
| | Fn | 2.525 | .193 | .931 | 13.050 | .000 |

a. Dependent Variable: Ra

Dari tabel 4.4 digunakan untuk membuat persamaan garis regresi yaitu pada tabel *Coefficients* di atas pada kolom *Unstandardized Coefficients* B. Didapatkan nilai konstanta $b_0 = 0,817$; nilai $b_1 = -0,024$; dan $b_2 = 2,525$. Dengan demikian dapat diperoleh *Estimated Regression Equation* untuk seluruh data adalah :

$$R_a = 0,817 - 0,024Vc + 2,525 fn$$

Dari persamaan garis regresi yang diperoleh, maka dapat diinterpretasikan sebagai berikut.

1. Harga koefisien $b_1 = -0,024$, berarti, apabila nilai Vc (kecepatan potong) mengalami kenaikan sebesar satu poin, sementara *independent variables* lainnya bersifat tetap, maka tingkat R_a (kekasaran permukaan) akan berkurang sebesar 0,024.
2. Harga koefisien $b_2 = 2,525$ berarti, apabila nilai fn (*feed*) mengalami kenaikan sebesar satu poin, sementara *independent variables* lainnya bersifat tetap, maka tingkat R_a (kekasaran permukaan) akan bertambah sebesar 2,525.

4.2.2 Metode Regresi Berganda pada Diameter 10 mm

Tabel 4.5 Multiple Linear Regression : *Model Summary* pada proses *Climb Milling* (hasil SPSS)

| Model Summary | | | | |
|---------------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| 1 | .986 ^a | .972 | .962 | .03273 |

a. Predictors: (Constant), Fn, Vc

Dari Table 4.5 diketahui nilai R sebesar 0,986 dan $R^2 = 0,972$. Data tersebut menunjukkan bahwa pengaruh dari variable bebas (*independent variables*) yaitu kecepatan potong dan *feed* terhadap variable terikat (*dependent variables*) yaitu R_a adalah sebesar 97,2%.

Tabel 4.6 Hasil Tes ANOVA (Hasil SPSS)

| ANOVA ^b | | | | | | |
|--------------------|------------|----------------|----|-------------|---------|-------------------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .220 | 2 | .110 | 102.568 | .000 ^a |
| | Residual | .006 | 6 | .001 | | |
| | Total | .226 | 8 | | | |

a. Predictors: (Constant), Fn, Vc

b. Dependent Variable: Ra

Hasil analisis ANOVA (*analysis of variance*) yang ditunjukkan pada tabel 4.6. Tabel diatas digunakan dalam menguji ada tidaknya pengaruh variabel bebas (*independent variables*) terhadap variabel terikat (*dependent variables*) sehingga dapat dikemukakan hipotesis yang dinyatakan sebagai berikut :

H_0 = Tidak terdapat pengaruh *independent variables* X_1 dan X_2 secara signifikan dan positif terhadap *dependent variables* Y.

H_1 = Terdapat pengaruh *independent variables* X_1 dan X_2 secara signifikan dan positif terhadap *dependent variables* Y.

Harga pada kolom F harus dibandingkan dengan harga F tabel untuk tingkat alpha yang telah ditetapkan dengan df_1 sebagai pembilang dan df_2 sebagai penyebut yang sesuai

dengan perhitungan. Kriteria yang digunakan, akan menolak H_0 dan menerima H_1 apabila $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ serta menerima H_0 dan menolak H_1 apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$.

Berdasarkan tabel Model Summary dan table ANOVA di atas diperoleh harga koefisien korelasi atau $R = 0,986$ dan $F = 102,568$, dengan tingkat alpha yang telah ditetapkan adalah sebesar 5%. *Degree of freedom* yang ditampilkan dalam table tersebut tersebut yaitu $df_1 = 2$ dan $df_2 = 6$. Oleh karena itu didapatkan nilai F_{tabel} sebesar 5,14.

Karena $F_{hitung} > F_{tabel}$, yaitu $102,568 > 5,14$, maka H_0 yang menyatakan tidak ada pengaruh ditolak. Sebagai konsekuensinya harus menerima H_1 , yang berarti terdapat pengaruh dari *independent variables* terhadap *dependent variables*.

Tabel 4.7 *Multiple Linear Regression : Coefficients* pada proses *Climbing* (Hasil SPSS)

| | | Coefficients ^a | | | | |
|-------|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
| Model | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | 1.053 | .120 | | 8.739 | .000 |
| | Vc | -.019 | .004 | -.315 | -4.432 | .004 |
| | Fn | 1.263 | .105 | .858 | 12.056 | .000 |

a. Dependent Variable: Ra

Dari Tabel 4.7 digunakan untuk membuat persamaan garis regresi yaitu pada tabel *Coefficients* di atas pada kolom *Unstandardized Coefficients* B. Didapatkan nilai konstanta $b_0 = 1,053$; nilai $b_1 = -0,019$; dan $b_2 = 1,263$. Dengan demikian dapat diperoleh *Estimated Regression Equation* untuk seluruh data adalah :

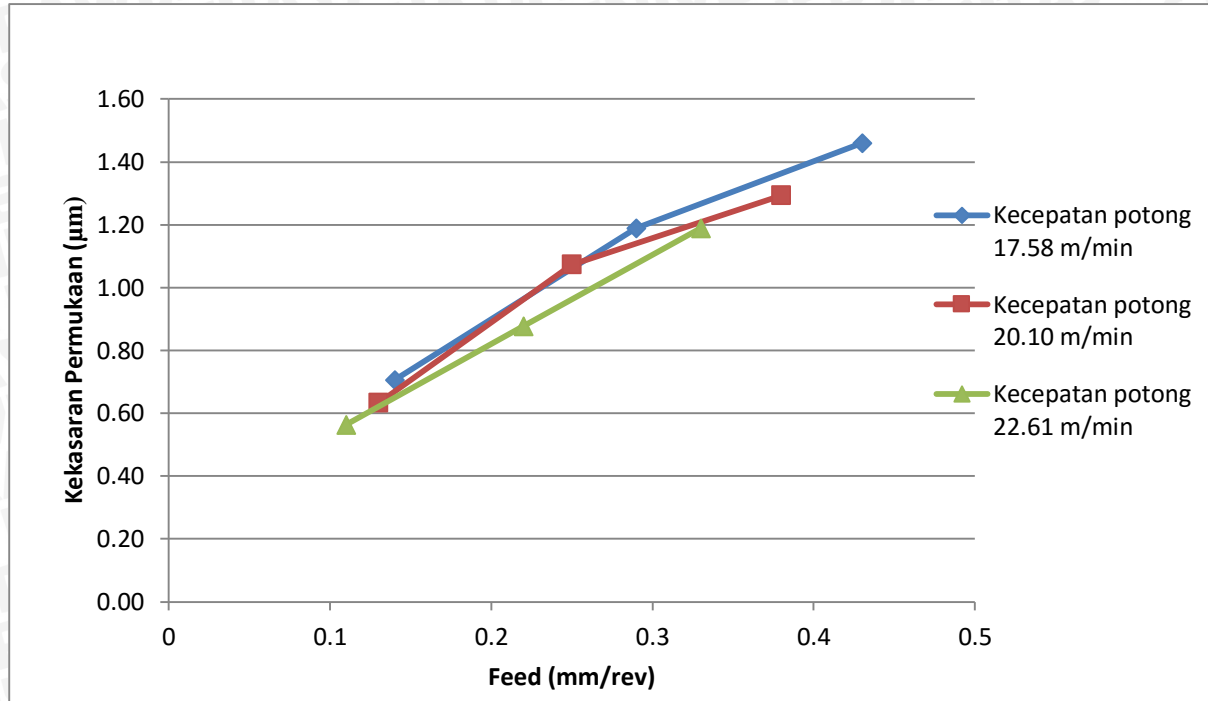
$$R_a = 1,053 - 0,019Vc + 1,263 fn$$

Dari persamaan garis regresi yang diperoleh, maka dapat diinterpretasikan sebagai berikut.

1. Harga koefisien $b_1 = -0,019$, berarti, apabila nilai Vc (kecepatan potong) mengalami kenaikan sebesar satu poin, sementara variabel independen lainnya bersifat tetap, maka tingkat R_a kekasaran permukaan tersebut akan berkurang sebesar 0,019.
2. Harga koefisien $b_2 = 1,263$ berarti, apabila nilai fz (*feet*) mengalami kenaikan sebesar satu poin, sementara variabel independen lainnya bersifat tetap, maka tingkat R_a kekasaran permukaan tersebut akan bertambah sebesar 1,263.

4.3 Analisis Grafik dan Pembahasan

4.3.1 Analisis grafik hubungan antara *feed* dan kecepatan potong terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada *side milling* dengan proses *climb milling* diameter 8 mm

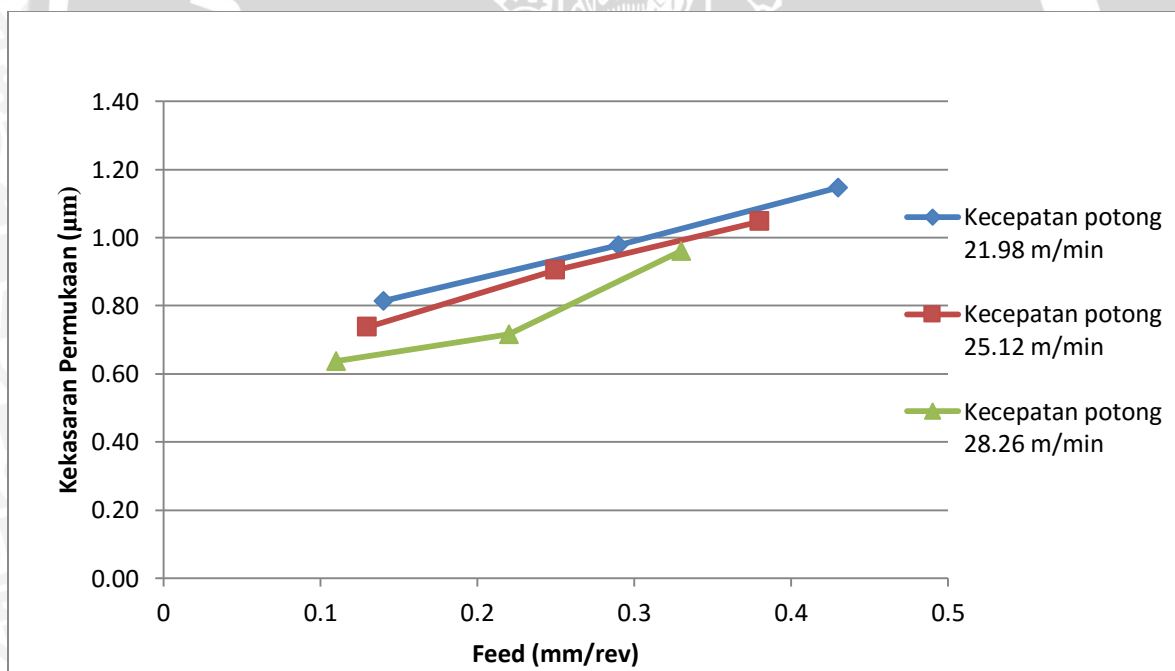


Gambar 4.1 Grafik hubungan antara kecepatan potong dan *feed rate* terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada *side milling* dengan proses *climb milling* diameter 8 mm

Pada grafik hubungan antara kecepatan potong dan *feed rate* terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada *side milling* dengan proses *climb milling* diameter 8 mm dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya nilai *feed* maka akan mempengaruhi nilai kekasaran permukaan pada benda kerja. Terlihat pada grafik dengan *feed* yang semakin meningkat dari kiri ke kanan menyebabkan nilai kekasaran permukaan menjadi meningkat. Pada grafik tersebut juga terjadi perubahan kecepatan potong yang diperoleh dari variasi kecepatan spindel 700 rpm, 800 rpm, dan 900 rpm. Terlihat bahwa kecepatan potong mempengaruhi hasil kekasaran permukaan benda kerja. Semakin besar kecepatan potong yang digunakan maka kekasaran permukaannya juga semakin kecil. Terbukti pada proses pemakanan dengan kecepatan potong 17,58 m/min memiliki tingkat kekasaran permukaan paling tinggi yaitu berkisar 0,71-1,46 µm jika dibandingkan dengan kecepatan potong 20,10 m/min yaitu dengan tingkat kekasaran permukaan yang berkisar 0,63-1,29 µm dan pada kecepatan potong 22,61 m/min memiliki tingkat kekasaran permukaan yang paling kecil yaitu berkisar 0,56-1,06 µm.

Feed yang semakin tinggi menyebabkan semakin besar jarak yang disayat oleh pahat, akibatnya tebal geram (*chips*) yang disayat juga semakin besar sehingga kekasaran permukaan benda kerja menjadi lebih kasar. Dan sebaliknya semakin kecil *feed* maka tebal geram yang disayat semakin kecil sehingga kekasaran permukaan menjadi lebih kecil atau lebih halus. Selain itu semakin besar kecepatan potong menyebabkan putaran spindle semakin besar artinya dengan putaran spindle yang besar menyebabkan intensitas pemakanan yang terjadi menjadi semakin banyak, akibatnya benda kerja dapat disayat berulang kali sehingga benda kerja dapat menjadi lebih halus. Dan sebaliknya dengan putaran yang kecil menyebabkan intensitas pemakanan yang terjadi semakin sedikit, akibatnya benda kerja tidak disayat berulang kali sehingga kekasarannya menjadi kasar.

4.3.2 Analisis grafik hubungan antara *feed* dan kecepatan potong terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada *side milling* dengan proses *climb milling* diameter 10 mm



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara kecepatan potong dan *feed rate* terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada *side milling* dengan proses *climb milling* diameter 10 mm

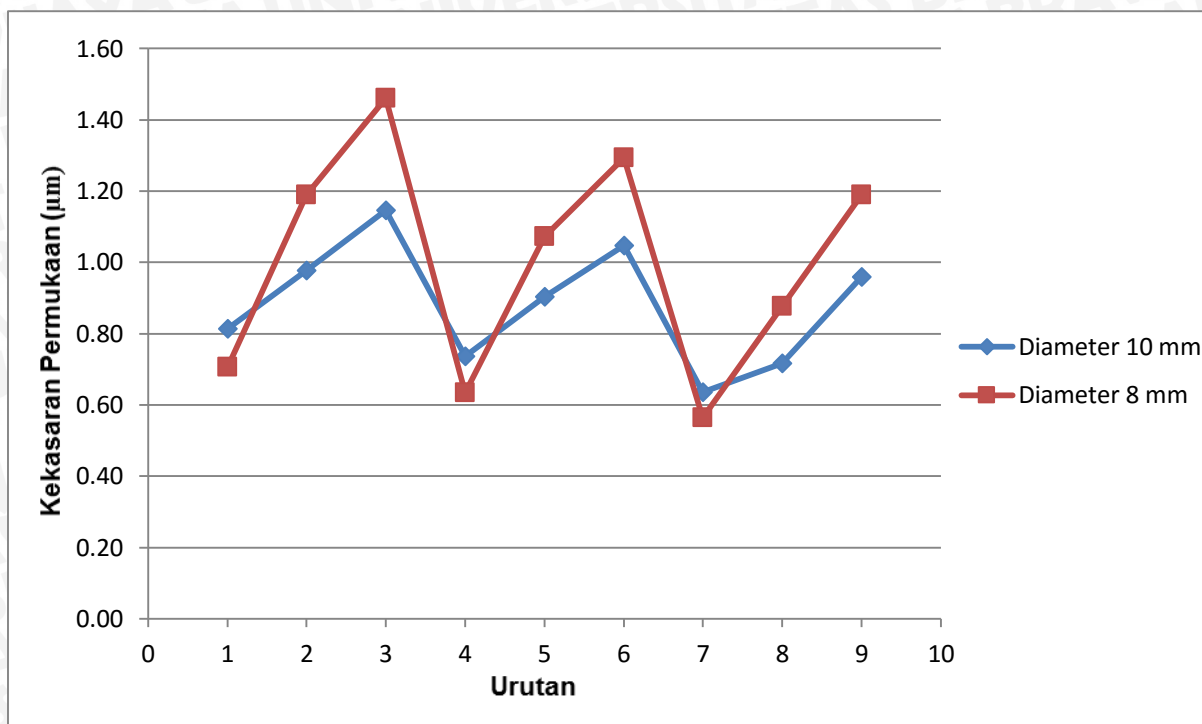
Pada grafik hubungan antara kecepatan potong dan *feed* terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada *side milling* dengan proses *climb milling* diameter 10 mm dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya nilai *feed* maka akan mempengaruhi nilai kekasaran permukaan pada benda kerja. Terlihat pada grafik dengan *feed* yang semakin meningkat

dari kiri ke kanan menyebabkan nilai kekasaran permukaan menjadi meningkat. Pada grafik tersebut juga terjadi perubahan kecepatan potong yang diperoleh dari variasi kecepatan spindel 700 rpm, 800 rpm, dan 900 rpm. Terlihat bahwa kecepatan potong mempengaruhi hasil kekasaran permukaan benda kerja. Semakin besar kecepatan potong yang digunakan maka kekasaran permukaannya juga semakin kecil. Terbukti pada proses pemakanan dengan kecepatan potong 21,98 m/min memiliki tingkat kekasaran permukaan paling tinggi yaitu berkisar 0,81-1,15 μm jika dibandingkan dengan kecepatan potong 25,12 m/min yaitu dengan tingkat kekasaran permukaan yang berkisar 0,74-1,05 μm dan pada kecepatan potong 28,26 m/min memiliki tingkat kekasaran permukaan yang paling kecil yaitu berkisar 0,64-0,96 μm .

Feed yang semakin tinggi menyebabkan semakin besar jarak yang disayat oleh pahat, akibatnya tebal geram (*chips*) yang disayat juga semakin besar sehingga kekasaran permukaan benda kerja menjadi lebih kasar. Dan sebaliknya semakin kecil *feed* maka tebal geram yang disayat semakin kecil sehingga kekasaran permukaan menjadi lebih kecil atau lebih halus. Selain itu semakin besar kecepatan potong menyebabkan putaran spindle semakin besar artinya dengan putaran spindle yang besar menyebabkan intensitas pemakanan yang terjadi menjadi semakin banyak, akibatnya benda kerja dapat disayat berulang kali sehingga benda kerja dapat menjadi lebih halus. Dan sebaliknya dengan putaran yang kecil menyebabkan intensitas pemakanan yang terjadi semakin sedikit, akibatnya benda kerja tidak disayat berulang kali sehingga kekasarannya menjadi kasar.



4.3.3 Analisis grafik perbandingan hasil nilai kekasaran Al 6061 pada *side milling* dengan proses *climb milling* diameter pada 8 mm dan 10 mm



Gambar 4.3 Grafik perbandingan hasil nilai kekasaran permukaan Al 6061 pada *side milling* dengan proses *climb milling* pada diameter 8 mm dan 10 mm

Tabel 4.8 Tabel perbandingan nilai kekasaran permukaan pada diameter 8 mm dan 10 mm

| Urutan | Diameter 8 mm | Diameter 10 mm |
|--------|---------------|----------------|
| | Ra (µm) | Ra (µm) |
| 1 | 0.71 | 0.81 |
| 2 | 1.19 | 0.98 |
| 3 | 1.46 | 1.15 |
| 4 | 0.63 | 0.74 |
| 5 | 1.07 | 0.90 |
| 6 | 1.29 | 1.05 |
| 7 | 0.56 | 0.64 |
| 8 | 0.88 | 0.72 |
| 9 | 1.06 | 0.96 |

Gambar 4.3 merupakan garafik perbandingan hasil nilai kekasaran Al 6061 pada *side milling* dengan proses *climb milling* pada diameter 8 mm dan 10 mm.. Pada grafik tersebut menggunakan pahat *end mill 3 flute*. Urutan proses tersebut dimulai dari (1) dengan putaran spindle 900 rpm dan *feed* 0,11 mm/rev, (2) dengan putaran spindle 800 rpm dan *feed* 0,13 mm/rev, (3) dengan putaran spindle 700 rpm dan *feed* 0,14 mm/rev, (4) dengan putaran spindle 900 rpm dan *feed* 0,22 mm/rev, (5) dengan putaran spindle 800 rpm dan *feed* 0,25 mm/rev, (6) dengan putaran spindle 700 rpm dan *feed* 0,29 mm/ rev, (7) dengan putaran spindle 900 dan *feed* 0,33 mm/rev, (8) dengan putaran spindle 800 rpm dan *feed* 0,38 mm/rev, (9) dengan putaran spindle 700 rpm dan *feed* 0,43 mm/rev. Dalam penelitian ini terlihat nilai kekasaran permukaan yang paling rendah terdapat pada diameter 8 mm dengan *feed* 0,11 mm/rev dan *spindle speed* 900 rpm dengan kekasaran permukaan sebesar 0,56 μm dan kekasaran permukaan yang paling besar terdapat pada diameter 8 mm dengan *feed* 0,43 mm/rev dan *spindle speed* 700 rpm dengan kekasaran permukaan sebesar 1,46 μm

Pada grafik diatas terlihat pemakanan dengan diameter *cutter* 10 mm cenderung memiliki nilai kekasaran permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan proses pemakanan dengan diameter 8 mm. Hai ini menunjukkan bahwa perbedaan diameter yang digunakan akan mengakibatkan kecepatan potong berubah. Selain itu dengan diameter *cutter* yang lebih besar menyebabkan sudut kontak antara *cutter* dengan benda kerja lebih kecil, akibatnya tebal geram yang terpotong lebih kecil dan proses pemakanan lebih cepat sehingga kekasarannya menjadi lebih halus. Sebaliknya dengan menggunakan diameter *cutter* yang lebih kecil akan menyababkan sudut kontak antara *cutter* dengan benda kerja lebih besar, akibatnya pemakanan kurang cepat dan kekasarannya menjadi lebih kasar.