

## Pengaruh Kondisi Pemotongan Terhadap Gaya Potong Pada Proses *Milling* S45C

Udink Aulia<sup>1</sup>, Zulfan<sup>2</sup> dan Muhammad Fuadi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Studi Teknik Mesin , Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

JL.Tgk. Syekh Abdurrauf No.7 Darussalam- Banda Aceh 23111, Indonesia

e-mail: \*<sup>1</sup>[uaulia2@usk.ac.id](mailto:uaulia2@usk.ac.id), <sup>2</sup>[zulfanstmt@usk.ac.id](mailto:zulfanstmt@usk.ac.id), <sup>3</sup>[muhammadfuadi47@gmail.com](mailto:muhammadfuadi47@gmail.com)

### Abstrak

*Gaya potong merupakan salah satu faktor kunci yang wajib diketahui dalam melakukan proses permesinan. Dalam permesinan, gaya potong dapat ditemukan pada saat berlangsungnya proses permesinan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan gaya potong pada proses Milling baja karbon sedang menggunakan metode up cut dan down cut Milling. Penelitian ini menggunakan material uji baja karbon sedang S45C dengan dimensi panjang 130 mm, lebar 60mm, serta ketebalan 15 mm. Pada pelaksanaan proses Milling akan menggunakan mesin CNC Milling Agma A-8 dan pahat HSS coating jenis endmill berdiameter 10 mm dan mempunyai 4 flute dengan variasi kondisi pemotongan: kecepatan potong sebesar 80 m/min, 83 m/min, 86 m/min; sehingga memperoleh putaran spindel sebesar 2548 rpm, 2643 rpm dan 2739 rpm; dan kecepatan pemakanan sebesar 306 mm/min, 318 mm/min, 330 mm/min dengan kedalaman potong sebesar 0,5 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi pemotongan dan metode pemotongan mempengaruhi gaya potong yang dihasilkan. Nilai gaya potong terendah berdasarkan nilai resultan diperoleh pada metode up cut kondisi pemotongan I yaitu sebesar 182,65 N, sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada metode down cut sebesar 335,64 N. Berdasarkan nilai resultan diperoleh bahwa metode up cut memperoleh nilai lebih baik yaitu 182,65 N, 201,44 N, dan 212,88 dibandingkan metode down cut yang memperoleh nilai 247,29 N, 269,27 N, dan 335,64 N.*

**Keywords:** *Gaya Potong, Kondisi Pemotongan, Up Cut Milling, Down Cut Milling*

### Abstract

*Cutting force is one of the key factors that must be known when carrying out the machining process. In machining, cutting forces can be found during the machining process. This research aims to compare cutting forces in the milling process of medium carbon steel using up cut and down cut milling methods. This research used medium carbon steel test material S45C with dimensions of length 130 mm, width 60 mm and thickness 15 mm. The Milling process will use a CNC Milling Agma A-8 machine and an endmill type HSS coating chisel with a diameter of 10 mm and has 4 flutes with a variety of cutting conditions: cutting speed of 80 m/min, 83 m/min, 86 m/min; thus obtaining spindle rotation of 2548 rpm, 2643 rpm and 2739 rpm; and feed speed of 306 mm/min, 318 mm/min, 330 mm/min with a cutting depth of 0.5 mm. The research results show that cutting conditions and cutting methods influence the resulting cutting force. The lowest cutting force value is based on the resultant value obtained in the up cut method for cutting condition I, namely 182.65 N, while the highest value obtained in the down cut method is 335.64 N. Based on the resultant value obtained, the up cut method obtains more value. good, namely 182.65 N, 201.44 N, and 212.88 compared to the down cut method which obtained values of 247.29 N, 269.27 N, and 335.64 N.*

**Keywords:** *Cutting Force, Cutting Condition, Up Cut Milling, Down Cut Milling*

---

## 1. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan era globalisasi dan teknologi yang sangat pesat pada saat ini, dunia industri khususnya pada bidang manufaktur menjadi semakin maju dan canggih terutama dalam hal pembentukan logam. Kebutuhan manusia yang semakin meningkat dan bermacam ragam memicu berkembangnya teknologi. Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah dengan menciptakan produk dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Oleh karena itu diperlukan pembaruan-pembaruan mesin konvensional seperti bubut dan milling menjadi otomatis dengan bantuan sistem pemrograman Computer Numerically Controlled (CNC), hal itu dikarenakan produktifitas yang dihasilkan pada penggunaan mesin CNC lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan mesin-mesin konvensional yang masih memiliki ketergantungan dengan kemahiran operator [1].

Adapun mesin CNC yang sering ditemukan pada industri manufaktur adalah mesin frais (milling). Hal ini dikarenakan banyaknya keunggulan diantaranya memiliki tingkat ketelitian, efisiensi, dan juga proses produktifitas dibandingkan dengan menggunakan mesin konvensional [2].

Dalam mengoperasikan mesin CNC milling, perlu mengetahui beberapa parameter proses milling itu sendiri. Adapun beberapa parameter proses frais yaitu, kecepatan potong (cutting speed), putaran spindle (spindel speed), kedalaman potong (depth of cut), kecepatan pemakanan (feed), gerak makan per gigi dan waktu pemotongan. Perubahan-perubahan yang terjadi selama proses pemotongan akan berdampak pada hasil pemesinan, terutama terlihat dari gaya potong yang dihasilkan [3].

Pengerjaan proses milling juga perlu mengetahui metode penyayatan yang akan digunakan. Metode tersebut dapat ditentukan dengan arah relatif gerak makan meja mesin terhadap putaran cutter. Dalam proses milling terdapat dua metode penyayatan, yaitu metode up cut dan metode down cut [4]. Secara ringkas, metode up cut merupakan proses penyayatan naik dengan arah putaran cutter berlawanan arah dengan gerak makan meja mesin frais. Sedangkan metode down cut adalah metode penyayatan turun, dimana arah putaran mata potong searah dengan gerak makan meja frais [5].

Dalam produksi manufaktur, baja karbon sedang adalah logam yang banyak digunakan dalam dunia industri otomotif seperti dalam pembuatan roda gigi dan poros transmisi, hal itu dikarenakan baja karbon sedang mempunyai keunggulan seperti: keuletan, ketangguhan, dan tahan terhadap temperature yang tinggi serta memiliki ketahanan yang baik terhadap gesekan [6].

Dalam permesinan gaya potong merupakan salah satu faktor kunci yang wajib diketahui. Oleh karena itu penentuan kondisi pemotongan akan berpengaruh terhadap estimasi energi yang dibutuhkan serta biaya yang harus dikeluarkan untuk pemotongan benda kerja.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh kondisi pemotongan terhadap gaya potong pada proses milling baja karbon sedang dengan menggunakan metode up cut dan down cut.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk kedalam jenis penelitian eksperimental yaitu penelitian yang bertujuan untuk *membandingkan* gaya potong pada proses Milling baja karbon sedang menggunakan metode up cut dan down cut Milling

### 2.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini ialah:

#### 2.2.1 Mesin Frais (*milling*)

---

---

Pada penelitian ini, percobaan dilakukan menggunakan mesin CNC *Milling* Agma A-8.



Gambar 1. CNC *Milling* Agma A-8

### 2.2.2 Mata Pahat HSS

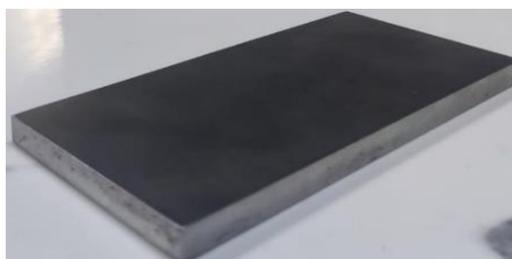
Dalam penelitian ini, mata pahat yang dipakai dalam proses *milling* yaitu pahat HSS *Coated* 4 *flute* dan diameter 10 mm.



Gambar 2. Pahat *HSS Cobalt*

### 2.2.3 Material Uji

Material uji yang digunakan dalam penelitian ini ialah baja karbon sedang S45C dengan dimensi 125 x 60 x 15 mm sebagaimana terlihat pada gambar 3.

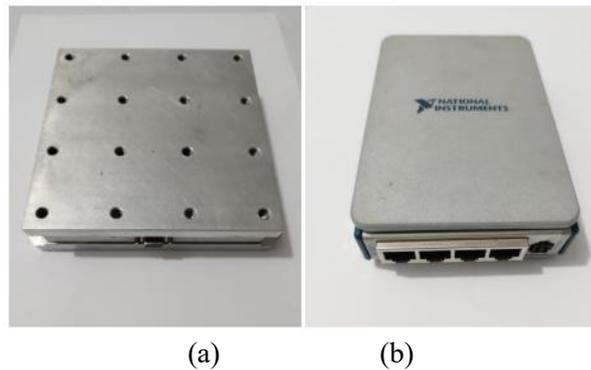


Gambar 3. Baja karbon sedang S45C

## 3. Alat ukur gaya potong

*Dynamometer* berfungsi untuk pengujian gaya potong, untuk penelitian ini *dynamometer* yang digunakan adalah berbasis *strain gauge* semi konduktor sebagaimana terlihat pada gambar 4.

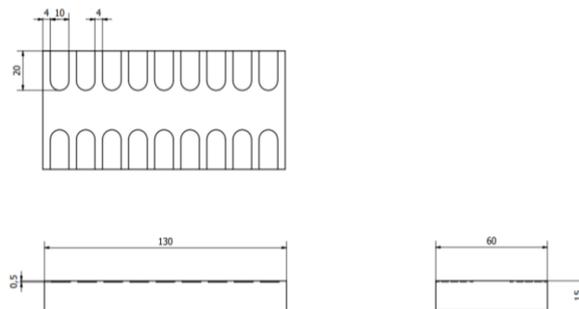
---



Gambar 4. (a) *Dynamometer* semi konduktor dan (b) *National Instrument Amplifier*

### 3.1 Rancangan Penelitian

Penyayatan yang dilakukan pada penelitian ini ialah *linear interpolation* (penyayatan lurus) dengan menggunakan proses alur. Pada penelitian ini akan dilakukan 3 kali pengulangan pada setiap metode *up cut* dan *down cut* serta pada masing – masing kondisi pemotongan. Dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Rancangan penelitian

### 3.2 Parameter Pemotongan

Parameter pemesinan yang ditentukan dalam penelitian ini ialah variable penting untuk menentukan hasil proses pemesinan dengan menggunakan mata pahat HSS *endmill* 10 mm. Parameter pemotongan yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter pemotongan

Kondisi Pemotongan	Nilai
Diameter Pahat (d) ; mm	10
Gerak makan per gigi (fz); mm / gigi	0,03
Kecepatan Potong (Vc) ; m/menit	80; 83; 86
Putaran Spindel (n) ; rpm	2550; 2650; 2750
Kecepatan pemakanan (Vf) ; mm/menit	306; 318; 330
Kedalaman Potong Aksial ; mm	0,5

### 3.3 Aktivitas Pengujian

Langkah awal dalam melakukan penelitian ialah melakukan *set-up* permesinan seperti membuat kode *NC (Numerically Controller)*, memasang *dynamometer* pada meja mesin, memasang mata pahat pada spindel mesin dan mengikat benda uji pada *fixture* (pencekam). Setelah semuanya terpasang kemudian *dynamometer* dihubungkan ke komputer menggunakan *National Instrument Amplifier* agar data dan grafik gaya potong dapat dibaca dan direkam oleh komputer dengan menggunakan *software Neo-momac*.

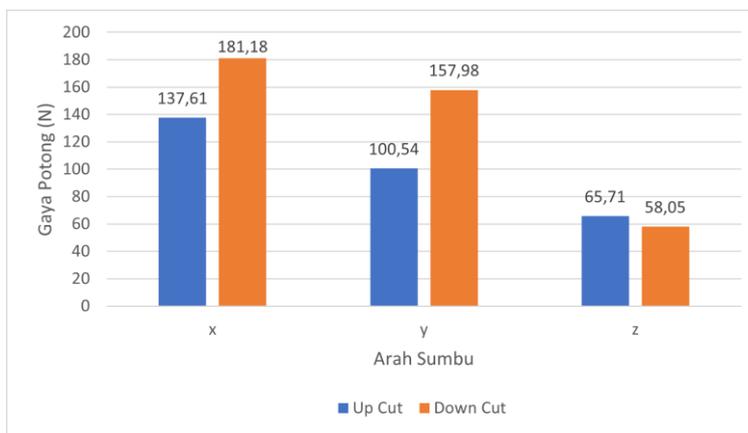
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Penelitian ini pengukuran gaya potong pada proses milling baja karbon sedang dengan metode *up cut* dan *down cut*, maka pengukuran dilakukan pada sumbu ( $F_x$ ,  $F_y$  dan  $F_z$ ) serta dilakukan pengolahan data dengan mencari resultan gaya. Hasil pengukuran gaya potong pada masing masing kondisi pemotongan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Gaya Potong

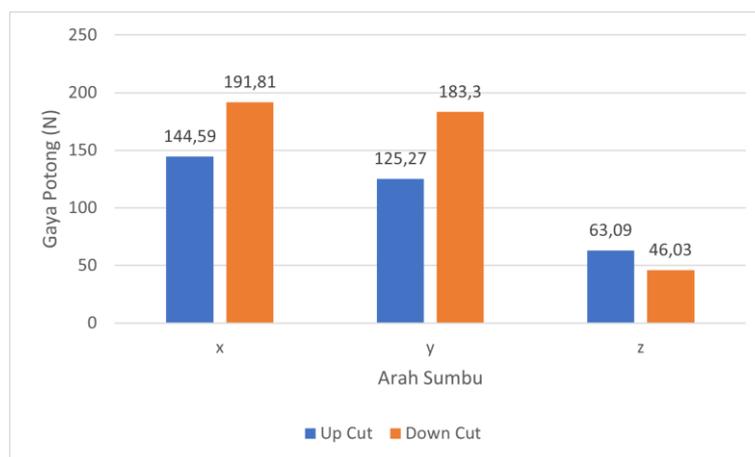
Kondisi Pemotongan	1		2		3	
$d$ ; mm	10					
$ap$ ; mm	0,5					
$fz$ ; mm	0,03					
$v$ ; m/menit	80		83		85	
$n$ ; rpm	2548		2643		2739	
$vf$ ; mm/menit	306		312		330	
Metode	<i>Up cut</i>	<i>Down cut</i>	<i>Up cut</i>	<i>Down cut</i>	<i>Up cut</i>	<i>Down cut</i>
$F_x$ ; N	137,61	181,18	144,59	191,81	157,08	251,68
$F_y$ ; N	100,54	157,98	125,27	183,30	127,79	215,35
$F_z$ ; N	65,71	58,05	63,09	46,03	58,05	54,21
Resultan, N	182,65	247,29	201,44	269,27	210,77	335,64

Dari tabel 2 diperoleh grafik perbandingan gaya potong antara metode *upcut* dan *down cut* pada setiap kondisi pemotongan seperti yang terdapat pada Gambar 9, Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 6. Grafik perbandingan Gaya Potong Metode *Up Cut* dan *Down Cut* Pada Kondisi Pemotongan 1

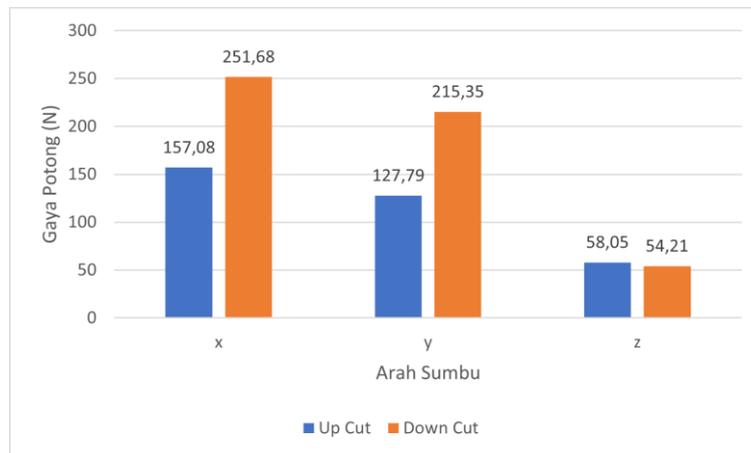
Pada gambar 6 menggunakan kondisi pemotongan 1 dengan kecepatan potong 80 m/menit, diperoleh pada  $F_x$  dan  $F_y$  metode up cut menghasilkan nilai lebih baik dibandingkan dengan menggunakan metode down cut karena menghasilkan nilai yang lebih rendah, dimana pada metode up cut memperoleh nilai  $F_x = 137,61$  N dan nilai  $F_y = 100,54$  N, Sedangkan pada metode down cut memperoleh nilai  $F_x = 181,18$  N dan Nilai  $F_y = 157,98$  N. Sedangkan pada nilai  $F_z$  metode Down cut menghasilkan nilai gaya potong yang lebih rendah yaitu  $F_z = 58,05$  N dibandingkan dengan up cut yang memperoleh Nilai  $F_z = 65,69$  N, Dikarenakan proses Milling menggunakan jenis pemotongan alur dan kedalaman potong konstan pada 0,5 mm, maka Nilai  $F_z$  tidak mempengaruhi perbandingan keduanya, Maka disimpulkan bahwa metode Up cut memperoleh nilai gaya potong lebih baik karena memiliki nilai  $F_x$  dengan perbandingan 32% lebih baik dibandingkan metode down cut dan memiliki perbandingan 57% berdasarkan nilai  $F_y$ .



Gambar 7. Grafik perbandingan Gaya Potong Metode *Up Cut* dan *Down Cut* Pada Kondisi Pemotongan 2

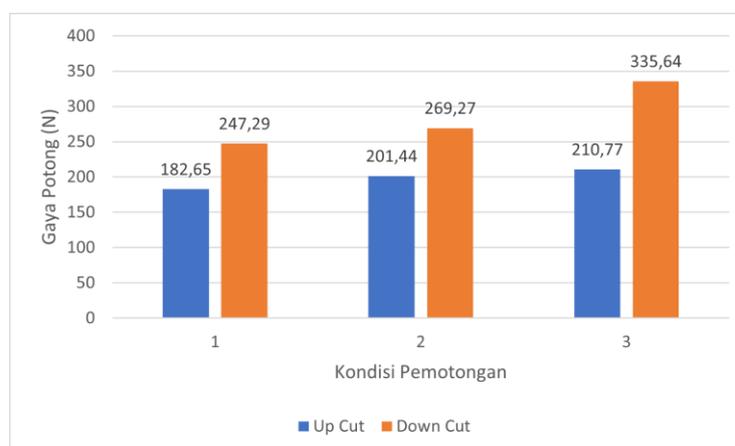
Pada gambar 7 menggunakan kondisi pemotongan 2 dengan kecepatan potong 83 m/menit, diperoleh pada  $F_x$  dan  $F_y$  metode *up cut* menghasilkan nilai lebih baik dibandingkan dengan menggunakan metode *down cut* karena menghasilkan nilai yang lebih rendah, dimana pada metode *up cut* memperoleh nilai  $F_x = 144,59$  N dan nilai  $F_y = 125,27$  N, Sedangkan pada metode *down cut* memperoleh nilai  $F_x = 191,81$  N dan Nilai  $F_y = 183,30$  N. Se Pada gambar 4.6 menggunakan kondisi pemotongan 2 dengan kecepatan potong 83 m/menit, diperoleh pada  $F_x$  dan  $F_y$  metode up cut menghasilkan nilai lebih baik dibandingkan dengan menggunakan metode down cut karena menghasilkan nilai yang lebih rendah, dimana pada metode up cut memperoleh nilai  $F_x = 144,59$  N dan nilai  $F_y = 125,27$  N, Sedangkan pada metode down cut memperoleh nilai  $F_x = 191,81$  N dan Nilai  $F_y = 183,30$  N. Sedangkan pada nilai  $F_z$  metode Down cut menghasilkan nilai gaya potong yang lebih rendah yaitu  $F_z = 46,03$  N dibandingkan dengan up cut yang memperoleh Nilai  $F_z = 63,09$  N, Dikarenakan proses Milling menggunakan jenis pemotongan alur dan kedalaman potong konstan pada 0,5 mm, maka Nilai  $F_z$  tidak mempengaruhi perbandingan keduanya, Maka disimpulkan bahwa metode Up cut memperoleh nilai gaya potong lebih baik karena memiliki nilai  $F_x$  dengan perbandingan 32% lebih baik dibandingkan metode down cut dan memiliki perbandingan 46% berdasarkan nilai  $F_y$ . dengan pada nilai  $F_z$  metode *Down cut* menghasilkan nilai gaya potong yang lebih rendah yaitu  $F_z = 46,03$  N dibandingkan dengan *up cut* yang memperoleh Nilai  $F_z = 63,09$  N, Dikarenakan proses *Milling* menggunakan jenis pemotongan alur dan kedalaman potong konstan pada 0,5 mm, maka Nilai  $F_z$  tidak mempengaruhi perbandingan keduanya, Maka disimpulkan bahwa metode *Up cut* memperoleh nilai

gaya potong lebih baik karena memiliki nilai  $F_x$  dengan perbandingan 32% lebih baik dibandingkan metode *down cut* dan memiliki perbandingan 46% berdasarkan nilai  $F_y$ .



Gambar 8. Grafik perbandingan Gaya Potong Metode *Up Cut* dan *Down Cut* Pada Kondisi Pemotongan 3

Pada gambar 8 menggunakan kondisi pemotongan 3 dengan kecepatan potong 86 m/menit, diperoleh pada  $F_x$  dan  $F_y$  metode up cut menghasilkan nilai lebih baik dibandingkan dengan menggunakan metode down cut karena menghasilkan nilai yang lebih rendah, dimana pada metode up cut memperoleh nilai  $F_x = 157,08$  N dan nilai  $F_y = 127,79$  N, Sedangkan pada metode down cut memperoleh nilai  $F_x = 251,68$  N dan Nilai  $F_y = 215,35$  N. Sedangkan pada nilai  $F_z$  metode Down cut menghasilkan nilai gaya potong yang lebih rendah yaitu  $F_z = 54,21$  N dibandingkan dengan up cut yang memperoleh Nilai  $F_z = 58,05$  N, Dikarenakan proses Milling menggunakan jenis pemotongan alur dan kedalaman potong konstan pada 0,5 mm, maka Nilai  $F_z$  tidak mempengaruhi perbandingan keduanya, Maka disimpulkan bahwa metode Up cut memperoleh nilai gaya potong lebih baik karena memiliki nilai  $F_x$  dengan perbandingan 60% lebih baik dibandingkan metode down cut dan memiliki perbandingan 69% berdasarkan nilai  $F_y$ .



Gambar 9. Grafik perbandingan Gaya Potong Setiap Kondisi Pemotongan Metode *Up Cut* dan *Down Cut* Berdasarkan Nilai Resultan Gaya Potong.

Pada gambar 9 menunjukkan bahwa nilai resultan gaya potong yang diperoleh pada penggunaan metode down cut lebih besar dibandingkan dengan metode up cut pada semua kondisi

pemotongan. Kondisi pemotongan 1 nilai resultan gaya potong yang diperoleh adalah 182,65 N untuk penggunaan metode upcut dan 247,29 N untuk penggunaan metode down cut sehingga diperoleh perbandingan bahwa metode up cut menghasilkan pemotongan 35% lebih baik dibandingkan metode down cut, pada kondisi pemotongan 2 nilai resultan gaya potong yang diperoleh adalah 201,44 N untuk penggunaan metode up cut dan 269,27 N untuk penggunaan metode down cut sehingga diperoleh perbandingan bahwa metode up cut menghasilkan pemotongan 34% serta kondisi pemotongan 3 nilai resultan gaya potong yang diperoleh adalah 210,77 N pada penggunaan metode upcut dan 335,64 N pada penggunaan metode down cut, sehingga diperoleh perbandingan bahwa metode up cut menghasilkan pemotongan 59% lebih baik dibandingkan metode down cut.

## 5. KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian dan pembahasan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada proses *Milling* baja karbon sedang, penggunaan metode *up cut* lebih baik daripada metode *down cut* karena nilai resultan gaya potong yang diperoleh lebih rendah pada setiap kondisi pemotongan. Resultan gaya potong yang diperoleh pada setiap kondisi pemotongan yaitu pada kondisi pemotongan 1 nilai resultan gaya potong yang diperoleh adalah 182,65 N pada penggunaan metode *upcut* dan 247,29 N pada penggunaan metode *down cut*, pada kondisi pemotongan 2 nilai resultan gaya potong yang diperoleh adalah 201,44 N untuk penggunaan metode *up cut* dan 269,27 N untuk penggunaan metode *down cut* serta kondisi pemotongan 3 nilai resultan gaya potong yang diperoleh adalah 212,08 N pada penggunaan metode *upcut* dan 335,64 N pada penggunaan metode *down cut*.
2. Perbandingan gaya potong terendah terjadi pada kondisi pemotongan 2 dimana pemotongan menggunakan metode *up cut* menghasilkan 34% pemotongan lebih baik dibandingkan menggunakan metode *down cut*, sedangkan perbandingan gaya potong tertinggi terjadi pada kondisi pemotongan 3 dimana pemotongan menggunakan metode *up cut* menghasilkan 59% lebih baik dibandingkan dengan menggunakan metode *down cut*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. S. Farisi and A. M. Sakti, "Pengaruh Variasi End Mill Cutter Terhadap Tingkat Kerataan Permukaan Dan Bentuk Geram Kuningan Dan Alumunium 6061 Pada Mesin Cnc Tu-3a Dengan Kode Program G 01," *J. Tek. Mesin*, vol. 04, no. 02, pp. 99–104, 2016.
- [2] U. Aulia, M. Tadjuddin, and A. Alfandra, "Perbandingan Gaya Potong pada Pembuatan Lubang Menggunakan Kode G02 dan G03 dengan Proses Helical Interpolation Milling," vol. 10, no. Juni, pp. 1–6, 2022.
- [3] R. Romiyadi, "Pengaruh Kemiringan Benda Kerja dan Kecepatan Pemakanan terhadap Getaran Mesin Frais Universal Knuth UFM 2," *Mechanical*, vol. 7, no. 2, pp. 52–60, 2016, doi: 10.23960/mech.v7.i2.201609.
- [4] E. Indrawan, Y. A. R. Rifelino, and R. F. U. A. Herianto, "Surface Quality Comparison of Down and Up cut Technique on CNC Milling Machine toward ST-37 Steel Material," *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 11–20, 2020, doi: 10.46574/motivection.v2i1.65.
- [5] D. Rahdiyanta, "Buku 3 Proses Frais (Milling)," in *Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Yogyakarta*, 2010.
- [6] A. S. Ismy and S. Bahri, "Pengaruh temperatur tempering terhadap kekerasan dan ketangguhan material pelat baja karbon sebagai bahan cangkul," *J. POLIMESIN*, vol. 1, no. 1, p. 49, 2019, doi: 10.30811/jop.v1i1.1396.