



Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>

## METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal

| ISSN (Print) 2598-1137 | ISSN (Online) 2597-4483|



Artikel Penelitian

### Pengaruh Sudut Geram dan Parameter Pemesinan Terhadap Keausan Tepi Pahat *High Speed Steel* (HSS) pada Proses Bubut *Glass Fibre Reinforce Polymer* (GFRP)

M. Yusra Nusa<sup>1,2</sup>, Firman Ridwan<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Magister Teknik Mesin Universitas Andalas, Limau Manis, Pauh, Padang 25163, Indonesia ,

<sup>2</sup>Teknik Manufaktur, Balai Latihan Kerja –Padang, Bandar Buat, Padang 25231, Indonesia

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Limau Manis, Pauh, Padang 25163, Indonesia

#### INFORMASI ARTIKEL

##### Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 01 Februari 2008

Revisi Akhir: 22 Maret 2018

Diterbitkan Online: 26 April 2018

#### KATA KUNCI

GFRP

*flank wear*

*rake angle*

*Spindle Speed*

*Feed Rate*

#### KORESPONDENSI

\*e-mail: firmanridwan@ft.unand.ac.id

#### A B S T R A C T

The high rate of tool wear is an obstacle in machining of GFRP material. This research was conducted to investigate turning behavior towards the occurrence of flank wear on HSS devices by varying machining parameters such as rake angle, spindle speed and feed rate. The GFRP of workpiece was made from resin as a matrix and the glass type Chopped Strand Mat as fiber. The rake angle of tool is varied to 5°, 10°, 15°, 20°. Taguchi method was used to analyze data experiments using orthogonal array L8. The experimental data shows that the spindle speed is the most influential parameter on flank wear with a S/N ratio of 4.10, followed by the feed rate with a S/N ratio of 3.08. Increasing rake angle can reduce wear, the smallest wear value was obtained at an angle of 20°.

#### 1. PENDAHULUAN

Dewasa ini penggunaan bahan GFRP semakin meningkat disebabkan beberapa kelebihan yang dimiliki bahan tersebut. Diantara kelebihan bahan GFRP adalah *strength to weight ratio* yang tinggi, ketahanan terhadap zat kimia, ketahanan korosi, dan harga yang relatif murah [1].

Proses pemesinan material GFRP memiliki karakter berbeda dengan material logam. Diantara hal yang

menyebabkan perbedaan karakteristik pemesinan GFRP adalah adanya konsentrasi panas pada mata potong pahat akibat sifat isolator material GFRP, dan kekerasan material yang tidak homogen, yaitu terdiri dari material matrik yang lunak dan material serat (*fibre*) yang keras [1].

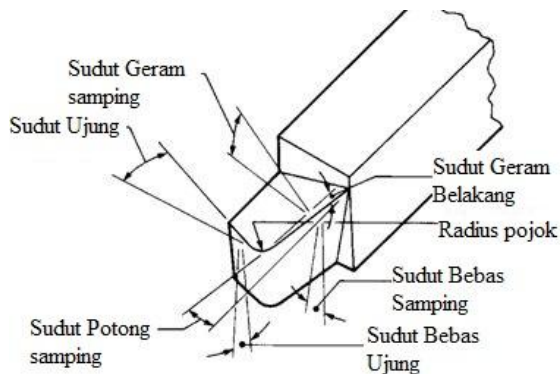
Penggunaan pahat HSS di industri pemesinan masih cukup dominan. Hal ini disebabkan harga HSS yang relatif murah. Disamping itu, pahat HSS memiliki

ketangguhan yang tinggi sehingga memungkinkan untuk membentuk sudut geram yang besar. Sudut geram yang besar bisa mengurangi gaya pemotongan [2]. Gaya pemotongan yang kecil dapat mengurangi panas yang terjadi akibat pemotongan. Namun, pahat HSS juga memiliki sifat *hot hardness* (kekerasan pada kondisi panas) yang rendah sehingga mudah menderita keausan tepi [3].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besar sudut geram optimum dan parameter pemesinan yang sesuai pada proses pemesinan GFRP menggunakan pahat HSS.

### 1.1. Geometri Pahat

Bentuk dasar pahat bubut HSS adalah seperti Gambar 1.



Gambar 1. Geometri umum pahat bubut rata [4].

Ukuran sudut dan besar radius yang digunakan pahat HSS disesuaikan dengan jenis material yang akan dipotong. Secara umum untuk bahan yang memiliki kekerasan yang tinggi, sudut geram yang digunakan lebih kecil. Hal ini disebabkan pahat harus menahan tekanan yang lebih besar saat pemotongan. Demikian juga sebaliknya, untuk bahan yang memiliki kekerasan rendah, maka sudut geram yang dipilih lebih besar.

Pada penelitian kali ini, geometri pahat yang di variasikan adalah sudut geram samping (*Side Rake Angle*). Sedangkan dimensi lainnya dijaga dalam kondisi konstan.

F.Kahwash meneliti gaya potong pada material GFRP, dan menemukan bahwa besar sudut geram mempengaruhi gaya potong yang terjadi [5].

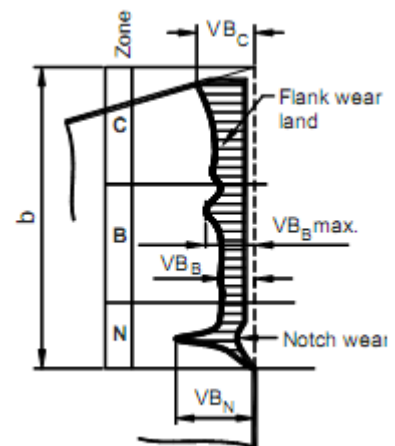
Sedangkan Javier T.J mengatakan bahwa keausan pahat berkurang dengan menurunnya gaya potong [3]. Laju keausan pahat ini menentukan umur pakai pahat tersebut.

### 1.2. Keausan Pahat

Ada dua tipe umum keausan pahat. Yang pertama adalah keausan tepi (*flank wear*) dan yang kedua adalah keausan kawah (*crater wear*). Menurut standar ISO 3685:1993 tentang pengukuran keausan pahat, daerah keausan pahat dibedakan menjadi 4 wilayah, yaitu:

1. Wilayah C; adalah wilayah kurva pada sudut potong pahat
2. Wilayah B; adalah wilayah pada sisi lurus sepanjang sisi potong pahat
3. Wilayah A; adalah wilayah seperempat dari panjang sisi potong pada posisi terjauh dari sudut potong
4. Wilayah N; adalah wilayah paling ujung yang kontak dengan benda kerja.

Gambar 2 menerangkan 4 wilayah tersebut.



Gambar 2. Wilayah Keausan tepi menurut standar ISO 3685:1993

Lebar keausan tepi,  $VB_B$ , diukur pada daerah B mulai dari posisi sisi potong pahat origin hingga ke batas keausan [2].

### 1.3. Umur Pahat

Umur pahat adalah waktu dimana kinerja pahat dalam memotong dinilai masih memuaskan. Umur

pahat diukur dalam satuan menit. Umur pahat juga bisa diartikan lamanya waktu pemotongan hingga pahat perlu untuk diganti [2]

Keausan tepi ( $V_B$ ) merupakan indicator yang sering digunakan dalam metoda penentuan umur pahat karena berpengaruh langsung terhadap kekasaran permukaan (*surface roughness*), dan akurasi dimensional. Tabel 1 memberikan rekomendasi umum yang berguna sebagai acuan pada dunia industri untuk menentukan batas lebar keausan tepi (*flank wear*) yang masih diperbolehkan.

Tabel 1. Rekomendasi nilai maksimal *flank wear* ( $V_B$ ) yang digunakan pada dunia industri

Tool Material		HSS	Cemented Carbides	Ceramics	
operasi	(mm)			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>
Kasar	$V_B$	0.35 – 1.0	0.3 – 0.5	0.25 – 0.3	0.25 – 0.5
Akhir	$V_B$	0.2 – 0.3	0.1 – 0.25	0.1 – 0.2	0.1 – 0.2

Palanikumar, meneliti keausan pahat *cemented carbide* pada proses pembubutan bahan GFRP dengan memvariasikan putaran poros utama, gerak makan, kedalaman potong, dan sudut orientasi serat. Beliau menemukan bahwa hal yang paling berpengaruh terhadap keausan pahat adalah putaran sumbu utama, dan selanjutnya adalah gerak makan [6].

Satyanarayana meneliti efek sudut geram dan laju makan terhadap gaya potong pada proses pembubutan *orthogonal* material EN8 menggunakan pahat HSS, dari penelitian ditemukan bahwa gaya potong meningkat dengan meningkatnya gerak makan, dan gaya potong menurun dengan meningkatnya sudut geram [7].

Usman mempelajari pengaruh sudut geram pahat terhadap umur pahat pada proses pembubutan *mild steel* dengan pahat HSS. Semua parameter dijaga konstan kecuali sudut geram. Sudut geram divariasikan menjadi 0°, 5°, 10°, 15°, dan 20°. Hasil penelitian membuktikan bahwa umur pahat terlama didapatkan pada pemilihan besar sudut geram 20° [8].

Baldoukas menginvestigasi pengaruh kedalaman pemakanan, dan sudut geram terhadap peningkatan gaya potong pada beberapa material, diantaranya AISI 1020, Aluminium 2014, dan UNS C23000 [9]. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa peningkatan sudut geram tidak selalu diikuti oleh penurunan gaya potong. Ini tergantung juga pada jenis material yang dipotong. Pada material AISI 1020 terjadi penurunan, sedangkan pada UNS C23000 hampir tidak terlihat perubahan gaya potong, sebaliknya pada material Aluminium 2014 justru terjadi peningkatan gaya potong.

Khairussihma mempelajari keausan pada *Carbon Fibre Reinforce Polymer* (CFRP) dengan kondisi memakai cairan pendingin dan tanpa cairan pendingin. Temuannya menyatakan bahwa keausan meningkat sejalan dengan meningkatnya kecepatan potong, gerak makan dan kedalaman potong. Dan hasil optimasi yang dilakukan, umur pahat dengan menggunakan pendingin lebih lama yaitu 9.287 menit. Sedangkan pada kondisi tanpa cairan pendingin 6.542 menit [10].

Pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh parameter pemesinan dan besar sudut geram terhadap keausan pahat HSS pada pembubutan material *Glass fiber Reinforced Plastic* (GFRP).

## 2. METODOLOGI

Pada penelitian ini, bahan matrik GFRP yang dipakai adalah *Unsaturated Polyester Resin BQTN – 157, yukalac*. Sedangkan bahan serat penguat yang dipakai adalah *E Glass Mat 200 gr/m<sup>2</sup>*. Benda uji dibuat dengan metoda pelapisan manual (*hand lay-up*). Gambar 3 memperlihatkan benda kerja yang telah dibubut rata sampai diameter 54 mm, dan selanjutnya dibubut alur dengan jarak masing-masing 50 mm.



Gambar 3. Benda Uji

Panjang pembubutan ( $l$ ) yang direncanakan untuk tiap sampel adalah 50 mm, karena itulah jarak antara alur diatur masing-masing 50 mm. Pembubutan dilakukan pada kondisi putaran poros utama dan gerak makan yang divariasikan. Selanjutnya kondisi pahat setelah pembubutan tersebut diamati dengan mikroskop stereo Olympus SZX10.

Pahat yang digunakan adalah HSS bohler type molybdenum  $\frac{1}{2}$  inch. Pahat diasah dengan ketentuan sudut geram pahat divariasikan menjadi  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ . Sedangkan sudut yang lainnya dipertahankan konstan. Gambar 4 menunjukkan empat buah pahat HSS dengan sudut geram yang bervariasi.



Gambar 4. Pahat bubut

Penelitian ini menggunakan mesin bubut LA Lei-Shin 430×1100 buatan Taiwan. Pada Gambar 5 diperlihatkan mesin bubut yang digunakan dalam penelitian. Berikut diberikan spesifikasi dari mesin:

#### Kapasitas Mesin

Swing Over bed : 432 mm (17")  
 Distance between center : 1100 mm (43 1/3")  
 Spindle drive motor : 5 HP



Gambar 5. Mesin Bubut La 430x1100

Pengukuran keausan pahat menggunakan mikroskop stereo Olympus SZX10.



Gambar 6. Microscop Stereo Olympus SZX10

### 2.1. *Metoda Taguchi*

Penelitian ini menggunakan metode Taguchi, dimana langkah-langkah dalam metoda Taguchi dibagi menjadi tiga fase utama.

Pertama adalah fase perencanaan. Fase perencanaan merupakan fase yang paling penting dari eksperimen untuk menyediakan informasi yang diharapkan. Pada fase perencanaan ditentukan faktor dan level yang akan dipilih. Pada penelitian ini orthogonal array  $L8(4^1 2^2)$  digunakan untuk mengefektifkan penelitian.

Kedua adalah fase pelaksanaan. Fase ini merupakan fase terpenting kedua. Perencanaan yang baik harus diikuti oleh pelaksanaan yang tepat. Jika eksperimen direncanakan dan dilaksanakan dengan baik,

analisis akan lebih mudah dan cenderung untuk dapat menghasilkan informasi yang positif.

Ketiga adalah fase analisis. Pada fase analisis informasi hasil yang berkaitan dengan faktor dan level yang telah dipilih dianalisis berdasarkan dua fase sebelumnya. Metoda Taguchi pada penelitian ini dijalankan dengan bantuan *software statistic*.

Tabel 2. Orthogonal Array L8 (4<sup>1</sup>1 2<sup>2</sup>).  
Parameter pemesinan

Run	Sudut geram (°)	Putaran sumbu utama (rpm)	Gerak makan (mm/rot.)
1	5	110	0.053
2	5	490	0.11
3	10	110	0.053
4	10	490	0.11
5	15	110	0.11
6	15	490	0.053
7	20	110	0.11
8	20	490	0.053

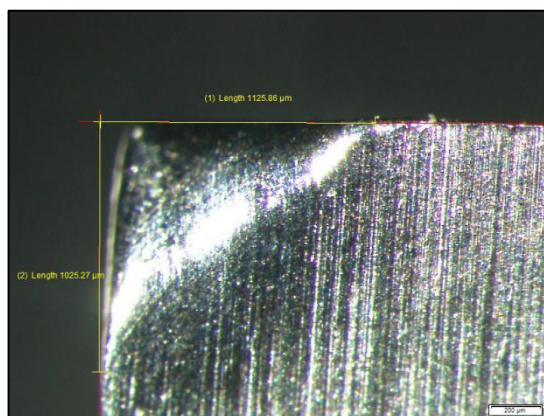
2.2. Langkah pengambilan data penelitian

- Persiapan benda uji.  
Benda uji dibubut awal hingga diameter 54 mm, dan selanjutnya dibubut alur dengan jarak antar alur 50mm.
- Persiapan Pahat.  
Pahat diasah menggunakan mesin gerinda meja. Sudut geram keempat pahat divariasikan menjadi 5°, 10°, 15°, 20°. Sedangkan geometri pahat lainnya diatur bernilai konstan.
- Penyetingan benda kerja dan pahat pada mesin bubut. Pahat diseting tegak lurus dengan benda kerja (Sudut potong samping = 0).
- Penyetingan parameter pemesinan sesuai desain metoda Taguchi.
- Pembubutan dengan kedalaman pemakanan tetap (a = 0.25mm) sepanjang 50mm.
- Setelah pembubutan, pahat dibuka dan diukur lebar keausan tepi dengan mikroskop stereo.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengambilan data yang dilakukan, terlihat ada keausan tepi yang tidak merata pada bagian

ujung pahat. Secara umum keausan tepi semakin lebar kearah depan pahat sehingga membentuk seperti segitiga. Hal ini disebabkan panas yang terkonsentrasi pada ujung pahat menyebabkan pahat melunak sehingga mudah tergerus material GFRP.



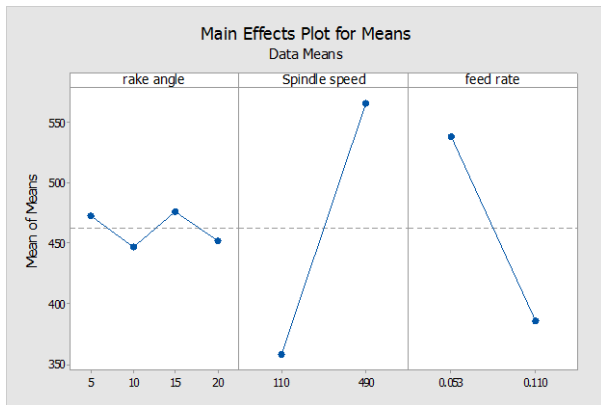
Gambar 7. Contoh bentuk keausan tepi pada pahat HSS

Lebar keausan tepi bervariasi menurut besar sudut geram, putaran poros utama dan gerak makan. Secara umum datanya adalah sebagai berikut :

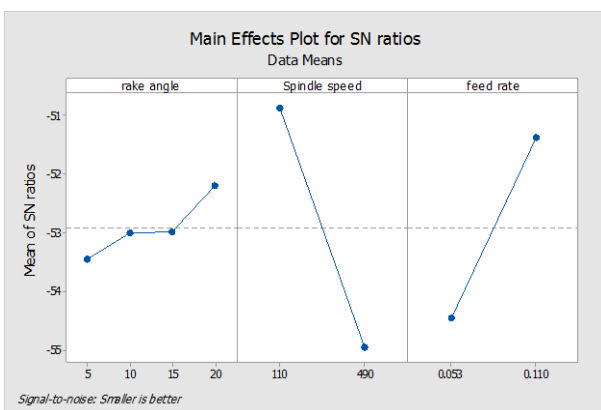
Tabel 3. Data hasil penelitian

Run	Sudut Geram (°)	Putaran poros utama (Rpm)	Gerak makan (mm/putaran)	Keausan Tepi (µm)
1	5	110	0.053	423.34
2	5	490	0.11	523.31
3	10	110	0.053	441.87
4	10	490	0.11	452.27
5	15	110	0.11	309.63
6	15	490	0.053	642.36
7	20	110	0.11	256.82
8	20	490	0.053	647.03

Nilai rata-rata keausan selanjutnya dianalisa dengan metoda taguchi menggunakan software statistik. Maka didapatkanlah hubungan sudut geram, dan parameter pemesinan dengan keausan tepi seperti terlihat pada grafik berikut ini



Gambar 8. Grafik nilai rata-rata keausan terhadap parameter pemesinan



Gambar 9. Signal to Noise Ratio terhadap parameter pemesinan

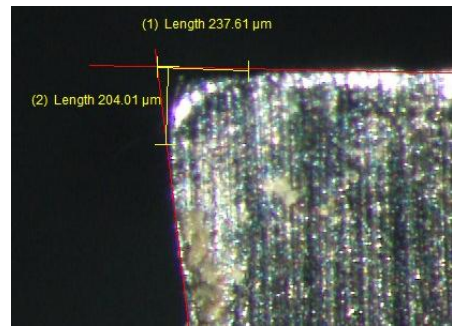
3.1. Analisis Taguchi

Pada bagian ini akan diterangkan tentang analisis Taguchi dari data hasil percobaan. Pada Tabel 4 ditampilkan hubungan S/N ratio setiap level.

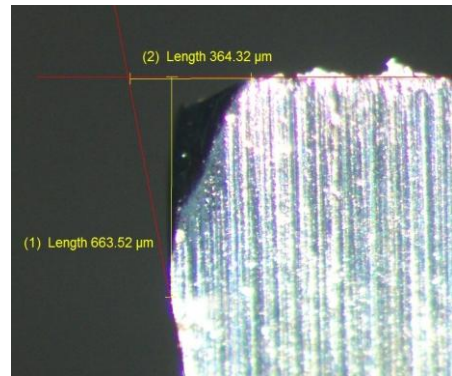
Tabel 4. Respon S/N ratio

Level	Sudut Geram	Putaran Poros Utama	Gerak Makan
1	-53.45	-50.86	-54.45
2	-53.01	-54.96	-51.37
3	-52.99	-	-
4	-52.21	-	-
Delta	1.25	4.10	3.08
Rank	3	1	2

Dari analisa Taguchi diatas tampak bahwa factor putaran poros utama (*spindle speed*) sangat mempengaruhi laju keausan pahat. Selanjutnya diikuti oleh laju pemakanan (*feed rate*) dan terakhir oleh besar sudut geram (*rake angle*). Sudut geram terbaik terdapat pada level 4 yaitu sebesar 20°.



(a)



(b)

Gambar 10(a). Keausan tepi sudut geram 20, n = 110, f = 0.11  
 Gambar 10(b). Keausan tepi sudut geram 20, n = 490, f = 0.053

Gambar 10 memperlihatkan perbedaan keausan tepi pada pahat dengan sudut geram 20°. Untuk kecepatan putaran poros utama 110 rpm dan gerak makan 0.11mm/putaran nilai keausan hanya 204.01 μm. Ketika putaran poros utama dinaikkan menjadi 490 rpm dan gerak makan 0.053 mm/putaran, maka tampak lebar keausan yang membesar menjadi 663.52 μm.

3.2. Analisis Regresi

Untuk mengetahui hubungan dan besar kontribusi masing masing parameter terhadap keausan pahat, maka dilakukan analisa regresi menggunakan software statistik. Tabel 5 memperlihatkan analisis varian pengaruh parameter potong terhadap keausan pahat.

Tabel 5. Analisis varian pengaruh parameter pemesinan terhadap keausan pahat

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	0.021101	0.007034	3.18	0.146

Sudut Geram	1	0.005476	0.005476	2.48	0.191
Putaran Sumbu Utama	1	0.012961	0.012961	5.86	0.073
Laju pemakanan	1	0.002665	0.002665	1.20	0.334
Error	4	0.008845	0.002211		
Total	7	0.029946			

Dari analisa regresi terhadap hasil pengambilan data, dapat ditarik sebuah formula yang memperlihatkan hubungan keausan pahat dan perubahan parameter pemesinan:

$$V_B = 525.4 - 0.71 (\gamma^\circ) + 0.5482 (n) - 2687 (f) \quad (1)$$

#### 4. KESIMPULAN

Dari data diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Putaran poros utama memiliki pengaruh paling besar dalam meningkatkan keausan tepi pada pahat HSS. Hal ini disebabkan karena gesekan yang terjadi antara benda kerja dan pahat semakin besar sehingga menyebabkan kekerasan pahat menurun.
2. Peningkatan gerak makan menurunkan keausan pahat untuk panjang pembubutan yang sama. Kenaikan gerak makan memperpendek panjang lintasan pahat pada benda kerja, sehingga kontak pahat dan benda kerja menjadi lebih singkat.
3. Peningkatan besar sudut geram dapat menurunkan keausan, nilai keausan terkecil didapatkan pada sudut 20°.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

1. Terima kasih pada Kementerian Ketenagakerjaan RI yang telah memberikan beasiswa dalam menyelesaikan studi magister.
2. Publikasi artikel ini didukung oleh PUDPT Universitas Andalas no. : 050 / SP2H / LT / DRPM / 2018.
3. Terimakasih pada Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin Universitas Andalas yang telah membantu pengukuran keausan pahat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] J.Y. Sheikh Ahmad, "Machining of Polymer Composites,". The Petroleum Institute, Department of Mechanical Engineering, Abu Dhabi, United Arab Emirates,: Ed. Springer Science, 2009.
- [2] V.P. Astakhov, *Tools (Geometry and Material) and Tool Wear*, 2008.
- [3] T.J. Javier, "Analysis of tool wear after machining of Fibre Reinforced Polymers," Faculty of Mechanical and Industrial Engineering, Vienna university of technology, Vienna, 2012.
- [4] T. Rochim, *Teori & Teknologi Proses Pemesinan*. Jurusan Teknik Mesin - ITB Bandung: High Education Development Support, 1993.
- [5] F. Kahwash, I. Shyha, and A. Maheri, "Machining Unidirectional Composites using Single-Point Tools: Analysis of Cutting Forces, Chip Formation and Surface Integrity," *Procedia Engineering*, vol. 132, pp. 569-576, 2015/01/01/ 2015.
- [6] K. Palanikumar, "Assessment of some factors influencing tool wear on the machining of glass fibre-reinforced plastics by coated cemented carbide tools," *journal of materials processing technology 2 0 9 ( 2 0 0 9 )* 511–519, 2009.
- [7] V. G. Satyanarayana, Kosaraju, "Effect of Rake Angle and Feed Rate on Cutting Forces in an Orthogonal Turning Process," *International Conference on Trends in Mechanical and Industrial Engineering (ICTMIE'2011)* Dec., 2011 2011.
- [8] K.M.Usman, "Effect of Tool Rake Angle on Tool Life in Turning Tools," *IJSER*, vol. 3, 2012.
- [9] A.K. Baldoukas, G.A. Demosthenous, A.E. Lontos, "Experimental Investigation of The Effect of Cutting Depth, Tool Rake Angle, and Workpiece Material Type on The Main Cutting Force During a Turning Process," *ICMEN*, vol. 3, 2008.
- [10] Khairusshima and I. S. S. Sharifah, "Study on Tool Wear During Milling CFRP under Dry and Chilled Air Machining," *Procedia Engineering*, vol. 184, pp. 78-89, 2017/01/01/ 2017.