

# PENGARUH METODE MINIMUM *LUBRICATION* KEAUSAN PAHAT DAN KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA AISI 4340

**Budi Basuki**

Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Yacarana, Sekip Unit IV, Yogyakarta, 55283, Telp: 0274-6491301, Fax: 0274-580990  
Email: ukicomp@yahoo.com

## ABSTRACT

*Present, cooling technique in manufacturing process is developed with minimum quantity lubrication (MQL), where 50-500 ml/hour lubricant is sprayed into the side of the contact between a cutting tool and a workpiece. The existence of lubricant can reduce the friction force between a tool and a workpiece, so the tool life can be extended. The aim of this research is to introduce the minimum lubricant technique by droplets methods.*

*This research was done using four methods: wet, dry, MQL, and droplet. Esther oil used for lubricant. The experiment for this research also used Cyclone Denford CNC lathe machine with PLANSEE TIZIT DCMT 11T304 EN-SM inserts carbide. The nozzle was directed on flank side of cutting tool. During machining process, flank wear image was captured frequently. Machining process was stopped when flank wear achieved 0.3 mm.*

*The result shows that the droplet method is increasing the tool life and decreasing surface roughness of a workpiece than wet or dry method. However, tool life by droplet method is still below than MQL method, but this method is simpler because there is no air pressurized.*

*Keywords: MQL, lubricant, flank wear, droplet.*

## INTISARI

Saat ini telah dikembangkan teknik pendinginan yang baru yaitu *Minimum Quantity Lubrication* (MQL), dimana 50-500 ml/jam *lubricant* disemprotkan ke arah sisi kontak antara pahat dengan benda kerja. Keberadaan *lubricant* sebagai pelumas dapat mengurangi gaya gesek antara pahat dengan benda kerja, sehingga umur pahat dapat diperpanjang. Pada penelitian ini akan dikembangkan teknik pelumasan minimal yaitu dengan metode tetesan.

Penelitian ini menggunakan empat metode pendinginan pahat yaitu: *wet, dry, MQL*, dan tetesan. *Ester oil* digunakan sebagai media pelumasan pada penelitian ini. Pengujian menggunakan mesin Lathe CNC Denford Cyclone P, dengan *insert carbide* PLANSEE TIZIT DCMT 11T304 EN-SM. Nosel diarahkan pada sisi *flank* pahat bubut. Selama pembubutan dilakukan perekaman foto *flank wear* (VB). Pembubutan dilakukan hingga tercapai lebar *flank wear* 0.3 mm.

Hasil dari pengujian ini menunjukkan teknik tetesan dapat meningkatkan umur pahat dan memperbaiki kekasaran permukaan benda kerja dibandingkan teknik *wet* ataupun *dry*. Teknik tetesan dalam hal umur pahat masih di bawah teknik MQL, tetapi teknik tetesan ini lebih sederhana jika dibanding teknik MQL, karena tidak memerlukan kompresor sebagai penyalur *lubricant* bertekanan.

Kata Kunci: MQL, *lubricant, flank wear, tetesan.*

## PENDAHULUAN

Salah satu usaha untuk mengurangi laju keausan pahat adalah pemberian *coolant* yang dapat mengurangi temperatur pahat. Tetapi usaha ini masih menyisakan permasalahan karena menyebabkan limbah industri yang sulit ditangani (EPA, 2005). *Coolant* yang dibuang sembarangan dapat menyebabkan kematian bagi makhluk-makhluk sekitarnya dan juga membahayakan bagi operator karena memiliki sifat racun jika terjadi kontak secara terus-menerus atau bahkan jika sampai tertelan dapat menyebabkan sakit. Beberapa negara maju bahkan sudah mengeluarkan peraturan yang membatasi penggunaan *coolant* ini dalam

kaitannya terhadap kerusakan lingkungan dan kesehatan manusia.

*Minimum quantity lubrication* (MQL) merupakan salah satu teknik pelumasan dimana *lubricant* dan udara bertekanan ditembakkan ke kontak antara pahat dan benda kerja. Teknik MQL ini akan mengurangi gesekan antara pahat dan benda kerja sehingga akan mengurangi laju kenaikan temperatur pahat dan akhirnya dapat menaikkan umur pahat. Dalam MQL penggunaan fluida pelumasan sangat kecil yaitu kurang dari 500 ml/jam sehingga benda kerja, pahat, mesin, tatal, dan lingkungannya tetap relatif kering (Klocke, 2011). Teknik baru berhubungan dengan MQL akan dilakukan tanpa menggunakan

udara bertekanan. Teknik ini memanfaatkan efek gaya grafitasi sehingga *lubricant* akan bekerja secara tetes ke kontak antara pahat dan benda kerja. Teknik ini diyakini belum pernah diteliti sehingga perlu kiranya untuk mengetahui pengaruhnya terhadap laju keausan pahat

Dalam penelitian ini akan dilakukan proses pembubutan dengan teknik pelumasan tetes. Hasilnya kemudian digunakan untuk membandingkan antara proses *dry*, *wet*, dengan tetes terhadap umur pahat pada proses pembubutan. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah *mild steel*, yang merupakan material paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: mengetahui pengaruh teknik tetesan dibanding MQL, *dry* dan *wet* terhadap keausan pahat, dan mengetahui pengaruh teknik tetesan dibanding MQL, *dry* dan *wet* terhadap kekasaran permukaan hasil akhir benda kerja.

Penggunaan teknik MQL dalam pembubutan dilakukan oleh Dhar, dkk. (2005). Dalam penelitian ini digunakan material AISI-4340 berdiameter 125 mm dan panjang 760 mm yang dibubut dalam mesin Lathe Machine (Lehman Machine Company, USA) dengan pahat *insert carbide Drillco*. Aliran *lubricant* 60 ml/jam dengan *external nozzle*. Selama permesinan diukur lebar *flank wear* dan kekasaran permukaan. Hasil dari penelitian ini adalah teknik MQL memberikan umur pahat yang lebih baik dan kekasaran permukaan yang lebih baik dibanding proses permesinan secara *dry* ataupun *wet*.

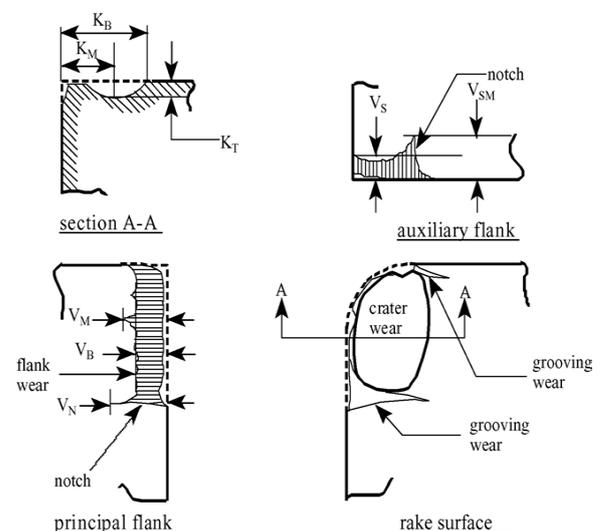
Autret (2003) meneliti performa MQL dibanding proses *dry*. Dalam penelitian ini digunakan *lubricant triglyceride* dan *propylene glycol ester*, material yang digunakan adalah baja karbon tinggi yang dikeraskan hingga 62 – 64 RHC, pahat yang digunakan CBN (Kennametal KD 5625). Selama penelitian dilakukan pencatatan terhadap tempera-tur, gaya potong, kekasaran permukaan dan keausan pahat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan temperatur 10 – 30% pada proses MQL dibanding dengan proses *dry*, dan terjadi kenaikan umur pahat hingga 30% pada proses MQL dibanding dengan proses *dry*. Namun dalam penelitian ini tidak dilakukan perbandingan terhadap proses *wet* sebagai kontrol positif sehingga tidak ada perbandingan performa antara proses MQL terhadap *wet*.

Serupa dengan Autret (2003), penelitian yang dilakukan Basuki (2013) pada material baja *mild steel* dengan

menggunakan pahat karbida, umur maupun kekasaran permukaan menunjukkan hasil yang lebih baik dibanding metode *dry* maupun *wet*. Umur pahat meningkat 27.8% dibanding dengan metode *dry* dan 9.2% dibanding dengan metode *wet*. Sedangkan kekasaran permukaan terjadi penurunan 39.7% dibanding dengan metode *dry* dan 25.2% dibanding dengan metode *wet*.

Attanasio, dkk. (2004) dalam penelitiannya mengenai *Minimal quantity lubrication in turning: effect on tool wear*, melakukan proses pembubutan terhadap benda kerja baja 100Cr6 yang dinormalisasi dengan pelumasan dengan teknik MQL yang disemprotkan pada sisi *rake* dan *flank* dari pahat Sandvik Coromant 12 04 PM-4025. Penyemprotan pada sisi *rake* tidak menghasilkan hasil yang signifikan terhadap umur pahat, sedangkan penyemprotan pada sisi *flank* menghasilkan umur pahat yang lebih baik.

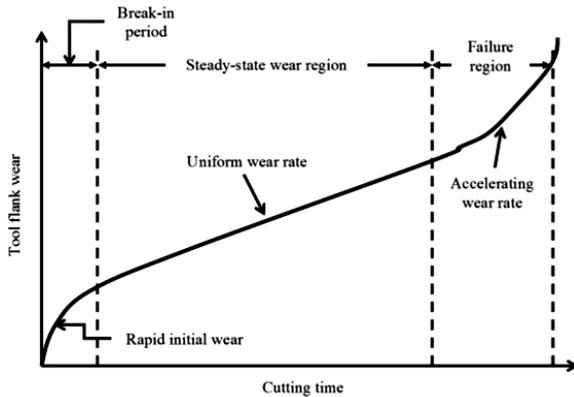
Keausan adalah segala macam proses yang terjadi pada material yang menyebabkan partikel-partikel permukaannya terlepas. Sebagai akibat kontak langsung antara pahat dengan benda kerja maka akan terjadi keausan pada 3 (tiga) sisi pahat, yaitu: permukaan *rake*, *flank*, dan *nose* (Gambar 1) (Jain, 2001).



Gambar 1. Geometri keausan pahat (Dhar, 2005)

Pengukuran *flank wear* dilakukan dengan mengamati *wear land* menggunakan *travelling microscope* dengan perbesaran 20 X. *Flank wear* dapat dilihat dari tinggi rata-rata *wear land* (VB). Nilai VB yang direkomendasikan adalah 300  $\mu\text{m}$  dan maksimal 600  $\mu\text{m}$  (Ranganath, 1993).

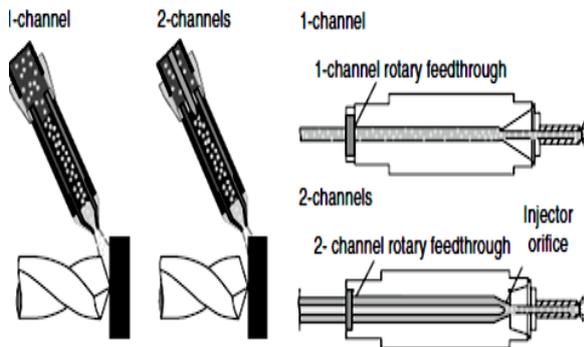
Keausan pahat terbentuk secara cepat pada tahap awal kemudian berkembang hingga mencapai nilai batas (Gambar 2). Pada tahap ketiga, keausan pahat berkembang cepat dan menyebabkan kegagalan pahat. Permesinan pada batas ini akan mengakibatkan kerusakan parah pada pahat dan ini harus dihindari (Vaughn, 1966).



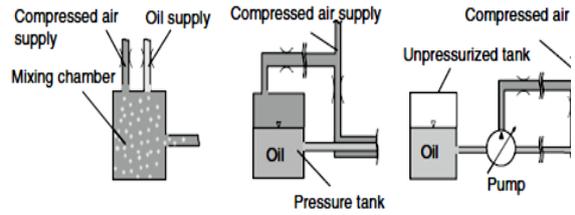
Gambar 2. Kurva keausan pahat (Vaughn, 1996)

MQL dapat didefinisikan sebagai suplai media lubricant dalam bentuk aerosol (Klocke, 2011). MQL adalah teknologi terbaru dalam permesinan untuk mendapatkan keunggulan dalam keselamatan, lingkungan dan ekonomi, dengan mengurangi penggunaan *coolant lubricant* dalam permesinan.

Dalam MQL, sejumlah kecil aliran *lubricant* digunakan dengan debit 50-500 ml/h (Dhar, 2005). Metoda suplai di MQL ada dua macam, yaitu *External MQL supply* dan *Internal MQL supply* (Gambar 3). Sedangkan sistem suplai MQL ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Eksternal MQL supply dan Internal MQL supply (Klocke, 2011)



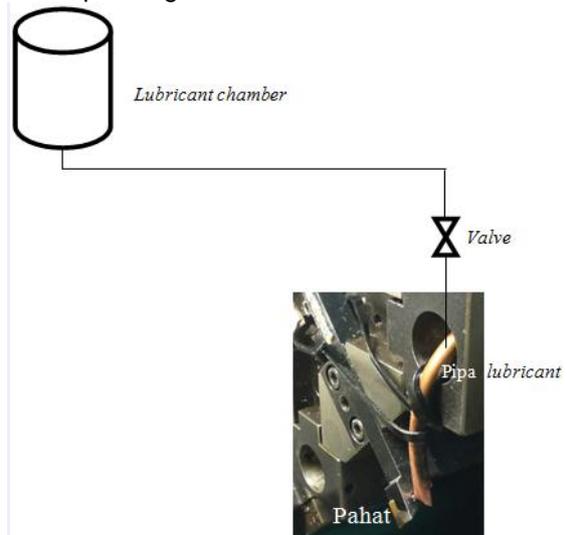
Gambar 4. Sistem suplai MQL

Tahapan penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh pelumasan terhadap keausan pahat dan kekasaran permukaan benda kerja adalah meliputi: instalasi unit penelitian, proses pembubutan, pengukuran keausan pahat dan kekasaran permukaan.

Unit MQL dirakit di Laboratorium CNC, Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada. Gambar 5 adalah hasil akhir unit tetes *minimum lubricant*. Pahat digunakan untuk membubut baja *mild steel* dengan tiga perlakuan: *dry*, *wet*, MQL, dan tetes. Panjang benda kerja 190 mm dan berdiameter 2 inci (50.8 mm). Ketebalan pemakanan 1 mm, kecepatan potong sesuai rekomendasi produsen *insert carbide* 160 m/min, *federate* 0.075 mm/putaran. Pengukuran keausan dilakukan setiap 2-4 siklus pembu-butan dan dicatat lebar *flank wear*-nya hingga mencapai 0.3 mm.

Prosedur Penelitian secara umum langkah-langkah pengerjaan penelitian meliputi beberapa hal sebagai berikut:

1. Pembubutan benda kerja
  - Pembubutan secara *dry*: benda kerja dibubut tanpa menggunakan pendinginan.



Gambar 5. Unit tetes *minimum lubricant*

- Pembubutan MQL ester: benda kerja dibubut dengan teknik MQL dengan laju aliran lubricant 180 mL/jam
- Pembubutan secara *wet*: benda kerja dibubut dengan coolant merk Beltran, dengan campuran 1:10 terhadap air.
- Pembubutan secara tetes: benda kerja dibubut dengan teknik tetes dengan laju aliran *lubricant* 60 mL/jam

## 2. Pengukuran keausan pahat

Adapun metode pengambilan gambar pahat adalah sebagai berikut:

- Menghentikan proses permesinan, kemudian meletakkan pahat pada posisi *Home Position*.
- Memposisikan *USB microscope* sehingga bibir kamera berada pada *mounting* pahat. Perbesaran kamera diatur hingga didapatkan citra dengan fokus maksimum. (Gambar 6).



Gambar 6. Posisi *microscope* saat pengambilan citra

- Dengan menggunakan *software USB Microscope*, diambil citra sebanyak 3 - 5 kali.
- Mengukur besarnya *flank wear* dengan menggunakan *software* Photoshop CS3 dengan menggunakan fitur *ruler*

## 3. Pengukuran kekasaran permukaan

Pengukuran kekasaran permukaan menggunakan alat uji kekasaran permukaan pada hasil akhir pembubutan (Gambar 7). Pengukuran dilakukan pada tiga titik setiap spesimen benda kerja.



Gambar 7. Pengukuran kekasaran permukaan

## PEMBAHASAN

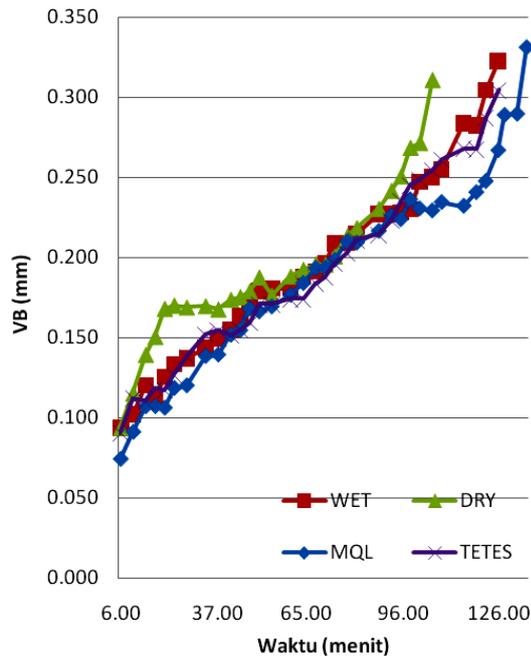
### 1. Hasil pengujian keausan pahat antara *dry*, *wet*, tetesan dan MQL

Pengujian pembubutan dilakukan dengan teknik MQL menggunakan *lubricant* minyak ester. Parameter permesinan terdiri dari cutting speed 160 m/menit, feeding 0.075 mm/putaran, kedalaman pemotongan 1 mm, variasi perlakuan *dry*, *wet*, tetesan dan MQL. Gambar 8 menunjukkan hasil pengujian pembubutan.

Dari hasil pengujian, umur pahat dengan teknik *dry* memiliki umur yang paling pendek. Hal ini terjadi karena terjadi kontak langsung antara pahat dengan benda kerja tanpa adanya usaha pendinginan maupun pelumasan yang bisa mengurangi laju kenaikan temperatur yang berakibat pada terjadinya keausan yang lebih dini.

Dari Gambar 8 terlihat dari awal pembubutan menggunakan teknik *lubricant* menunjukkan keunggulannya dengan menghasilkan lebar VB yang lebih rendah jika dibandingkan teknik permesinan *dry* dan *wet*.

Teknik *lubricant* dapat memperpanjang umur pahat dibanding teknik *dry* maupun teknik *wet* karena proses lubrikasinya menyebabkan berkurangnya gesekan pada titik kontak antara pahat dengan benda kerja. Semakin kecil gesekan maka semakin kecil pula laju pemanasan pahat hal ini akan membantu berkurangnya keausan secara abrasif yang meningkatkan kemampuan mempertahankan kekerasan pahat. Selain itu keausan adhesive dan keausan difusi juga berkurang karena jenis keausan ini sangat peka terhadap temperatur.



Gambar 8. Hasil pengujian keausan pahat antara *dry*, *wet*, tetesan dan MQL

Teknik tetes menunjukkan keunggulan dibanding dengan teknik *wet*, tetapi belum bisa mengungguli teknik MQL. Hal ini disebabkan pada teknik tetes tidak ada unsur tekanan udara seperti pada teknik MQL. Udara bertekanan merupakan salah satu teknik pendinginan pahat, sehingga pada MQL terjadi penggabungan teknik pendinginan yaitu menggunakan pelumasan dan udara bertekanan.

## 2. Hasil uji kekasaran permukaan (*dry*, *wet*, tetes-an dan MQL)

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian kekasaran permukaan dari spesimen pembubutan. Pengujian kekasaran pada MQL didapatkan salah satu nilai kekasaran yang sangat berbeda dengan dua pengujian lainnya, sehingga data pada pengujian tersebut diabaikan atau tidak digunakan.

Berdasarkan Tabel 1 tampak nilai kekasaran (Ra) dari teknik MQL menghasilkan Ra terendah dibanding teknik *wet*, *dry* maupun tetesan. Teknik *dry* menghasilkan nilai Ra terbesar jika dibandingkan dengan teknik yang lain. Hal ini disebabkan karena tidak adanya pelumasan ataupun pendinginan pada area kontak antara pahat dengan benda kerja. Gesekan yang terjadi menyebabkan kenaikan temperatur yang memicu terjadinya keausan abrasif. Keausan jenis ini menyebabkan kerusakan sisi potong yang berimbas pada kasarnya permukaan benda kerja.

Tabel 1. Hasil pengujian kekasaran permukaan benda kerja pada permesinan *dry*, *wet*, MQL dan tetesan

Tipe	Rata-rata Kekasaran Permukaan, Ra ( $\mu\text{m}$ )
<i>Dry</i>	6.715
<i>Wet</i>	5.407
MQL	4.043
Tetesan	4.171

Pada teknik *wet* dengan adanya pendinginan, temperatur yang timbul karena gesekan pahat dengan benda kerja dapat diturunkan, sehingga proses terlepasnya partikel pada sisi potong pahat dapat dikurangi. Pada teknik MQL, adanya pelumasan menyebabkan berkurangnya gesekan yang terjadi antara pahat dengan benda kerja sehingga laju kenaikan temperatur tetap rendah. Pelumasan ini juga mengurangi kemungkinan rusaknya sisi potong akibat keausan abrasif sehingga menghasilkan nilai Ra yang terbaik.

Pada teknik tetes dihasilkan angka kekasaran permukaan yang tidak jauh beda dengan MQL, hal ini membuktikan sistem pelumasan secara tetes berhasil memperbaiki kekasaran permukaan tanpa udara bertekanan dari kompresor seperti pada metode MQL.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Teknik tetesan menghasilkan umur pahat lebih tinggi dibanding proses *dry*, dan *wet*. Terjadi peningkatan umur pahat sebesar 20.05% dibanding teknik *dry*, dan 2.6% dibanding teknik *wet*. Teknik tetesan menghasilkan umur pahat lebih rendah 6.5% dibanding teknik MQL.
2. Teknik tetesan menghasilkan kekasaran permukaan lebih rendah dibanding proses *dry*, dan *wet*. Terjadi penurunan kekasaran permukaan sebesar 37.8% dibanding teknik *dry* dan 22.8% dibanding teknik *wet*. Teknik tetesan menghasilkan kekasaran lebih tinggi 3.1% dibanding teknik MQL.

## SARAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan, ada beberapa saran yang dapat disampaikan untuk kelanjutan riset sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengujian pada material lain yang lebih keras seperti baja karbon tinggi ataupun baja cor.

2. Perlu dilakukan pengujian dengan sistem ventilasi yang lebih baik, karena teknik tetesan maupun MQL menghasilkan produk samping-an berupa asap hasil terbakarnya *lubricant*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Attanasio. A., Gelfi., M., Giardini., C., Remino., C., 2004, *Minimal quantity lubrication in turning: Effect on tool wear*, *Wear*, 260 (2006) 333–338
- Autret, R., 2003, *Minimum quantity lubrication in finish hard turning*, HNICEM
- Basuki, B., 2013, Analisis Pengaruh Penggunaan Sistem Minimum Quantity Lubrication (MQL) Terhadap Keausan Pahat Dan Kekasaran Permukaan Benda Kerja, Prosiding SNTT Vol.1B, pp. 266-271, ISBN 978-602-14066-2-5.
- Dhar. N.R., Kamruzzaman, M., Ahmed M., 2005, *Effect of minimum quantity lubrication (MQL) on tool wear and surface roughness in turning AISI-4340 steel*, *Journal of Materials Processing Technology*, 172 (2006) 299–304
- EPA, 2005, *Used Oil*, <http://www.epa.state.il.us/land/waste-mgmt/factsheets/used-oil.html>
- Jain, R. K., 2001, *Production Technology (A Textbook for Engineering Students)*, 16<sup>th</sup> Ed, Khanna Publishers, New Delhi.
- Klocke, 2011, *Manufacturing Processes 1*, Springer, Berlin
- Ranganath, B.J., 1993, *Metal Cutting and Tool Design*, Vihas, New Delhi.
- Vaughn, R. L. (1966). *Modern Metals Machining Technology. ASME Journal of Engineering for Industry*, pp. 65-71, ISSN 0022-1817