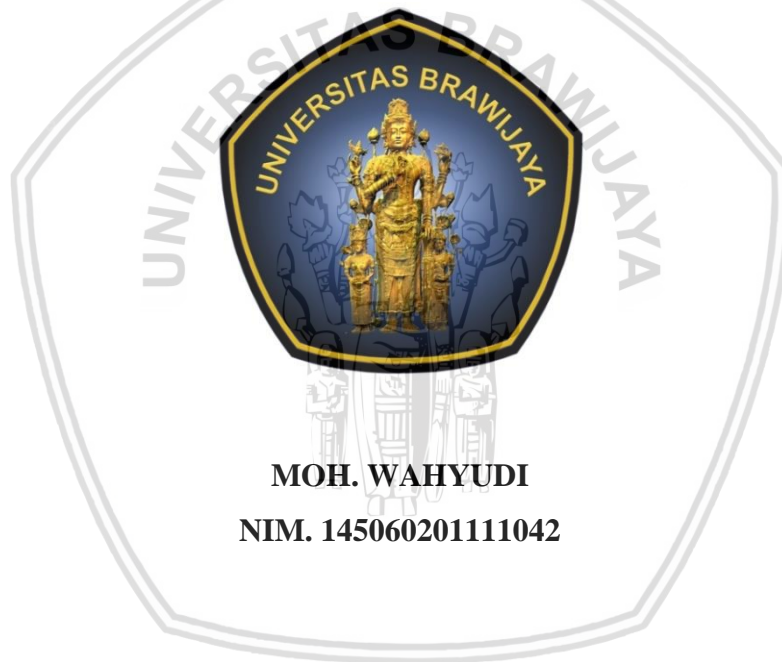


**PENGARUH JENIS *BIO CUTTING FLUIDS* TERHADAP BENTUK
CHIP DAN KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES *TURNING*
MENGUNAKAN METODE *MINIMUM QUANTITY OF*
*DROP LUBRICATION***

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MOH. WAHYUDI
NIM. 145060201111042

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018



LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH JENIS *BIO CUTTING FLUID* TERHADAP BENTUK
CHIP DAN KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES *TURNING*
MENGUNAKAN METODE *MINIMUM QUANTITY OF DROP*
*LUBRICATION***

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MOH. WAHYUDI
NIM. 145060201111042

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 27 Desember 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Khairul Anam, ST., M.Sc.
NIP. 201310 861127 1 001


Dr. Putu Hadi Setyarini, ST., MT.
NIP. 19770806 200312 2 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1



Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.
NIP. 19740930 200012 1 001



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 21 Desember 2018

Mahasiswa,



Moh. Wahyudi

NIM. 145060201111042

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



JUDUL SKRIPSI

Pengaruh Jenis *Bio Cutting Fluids* Terhadap Bentuk *Chip* dan Kekasaran Permukaan pada Proses *Turning* Menggunakan Metode *Minimum Quantity of Drop Lubrication*

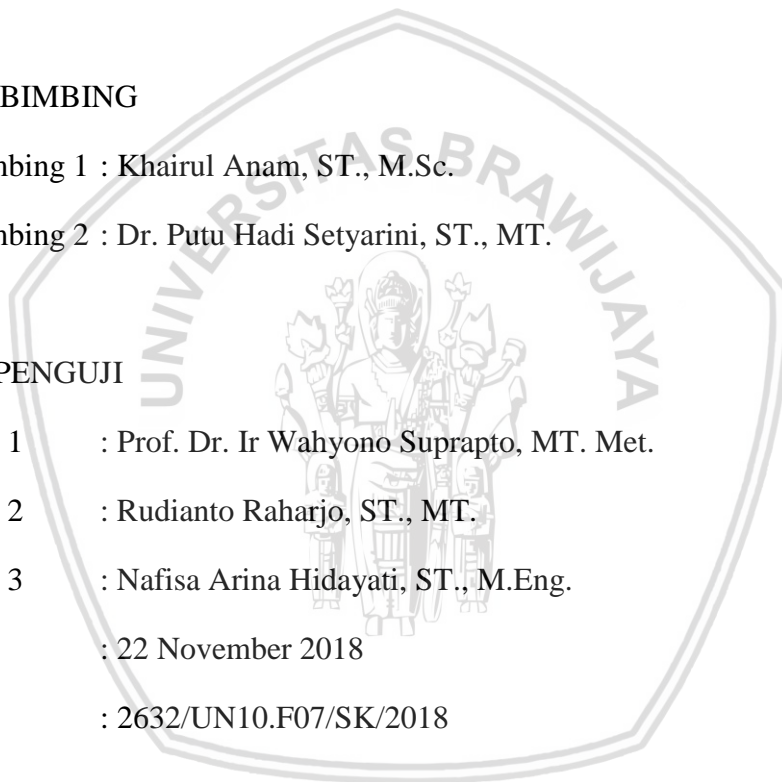
Nama Mahasiswa : Moh. Wahyudi
NIM : 145060201111042
Program Studi : Teknik Mesin
Minat : Teknik Manufaktur

KOMISI PEMBIMBING

Dosen Pembimbing 1 : Khairul Anam, ST., M.Sc.
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Putu Hadi Setyarini, ST., MT.

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Prof. Dr. Ir Wahyono Suprpto, MT. Met.
Dosen Penguji 2 : Rudianto Raharjo, ST., MT.
Dosen Penguji 3 : Nafisa Arina Hidayati, ST., M.Eng.
Tanggal Ujian : 22 November 2018
SK Penguji : 2632/UN10.F07/SK/2018



Terimakasih kepada kedua orang tua dan saudara yang selalu mensupport



KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang sudah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini, diantaranya:

1. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D., selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D., selaku sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Khairul Anam, ST., M.Sc., selaku dosen pembimbing I yang sudah banyak memberikan banyak ilmu, arahan, dan masukan selama penulisan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Putu Hadi Setyarini, ST., MT., selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan masukan, saran, dan ilmu selama penulisan skripsi ini.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met. selaku dosen penguji skripsi.
6. Bapak Rudianto Raharjo, ST., MT. selaku dosen penguji skripsi.
7. Ibu Nafisah Arina Hidayati, ST., M.Eng. selaku dosen penguji skripsi.
8. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc. CSE. selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Manufaktur Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan selaku dosen pembimbing akademik.
9. Bapak dan Ibu Dosen, serta karyawan Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu pengetahuan serta bantuan dalam administrasi selama masa studi yang dilalui penulis.
10. Kedua orang tua, Bapak Kandiri, Ibunda Mateni dan Saudari Rohmawati yang telah memberikan doa dan dukungan yang tak terhingga bagi penulis.
11. Teman-teman seperjuangan skripsi yaitu Faizal Hadi Prabowo, Zelvio Afianda Isham, dan Rahmat Maulana yang sudah berjuang hingga akhir.
12. Teman-teman Keluarga Besar Mahasiswa Mesin yang sudah memberikan banyak pengalaman dan kenangan selama ini.
13. Teman-teman Mesin 2014 yang secara langsung maupun tidak langsung membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
14. Seluruh elemen Laboratorium Proses Manufaktur I, Laboratorium Metrologi Industri, Laboratorium Sentral Mesin yang sudah banyak membantu dalam penelitian dan Laboratorium Teknologi Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian FTP UB .

- repository.ub.ac.id
15. Teman-teman IKAMAWAR (Ikatan Mahasiswa Pondok Pesantren Matholi'ul Anwar) yang sudah menemani dari awal menjalani hidup sebagai mahasiswa.
 16. Serta team brand JOOEPAPERS yang telah memberi semangat untuk mengerjakan tugas akhir.
 17. Semua pihak yang ikut membantu terselesaikannya skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat yang luas bagi pembaca dan bisa digunakan untuk menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya. Penulis juga terbuka dalam menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak guna menjadi pribadi dan penulis yang lebih baik.

Malang, Desember 2018



Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Mesin Bubut	6
2.2.1 Fungsi Mesin Bubut	6
2.2.2 Bagian Bagian Mesin Bubut	7
2.2.3 Parameter Permesinan pada Mesin Bubut	8
2.3 Aluminium	10
2.4 <i>Cutting Tool</i> Material	11
2.5 <i>Cutting Fluid</i>	12
2.5.1 Pengertian <i>Cutting Fluid</i>	12
2.5.2 Jenis - Jenis <i>Cutting Fluid</i>	13
2.5.3 Pemilihan <i>Cuting Fluid</i>	14
2.6 <i>Drop Lubrication</i>	15
2.7 Keausan Pahat	16
2.8 <i>Scaning electron microscopy</i>	18
2.8.1 Cara Kerja SEM	18
2.9 Mekanisme Pembentukan Geram Bentuk Geram (<i>Chip</i>)	18
2.10 Kekasaran Permukaan	20
2.10.1 Perbedaan Permukaan dan Profil	22



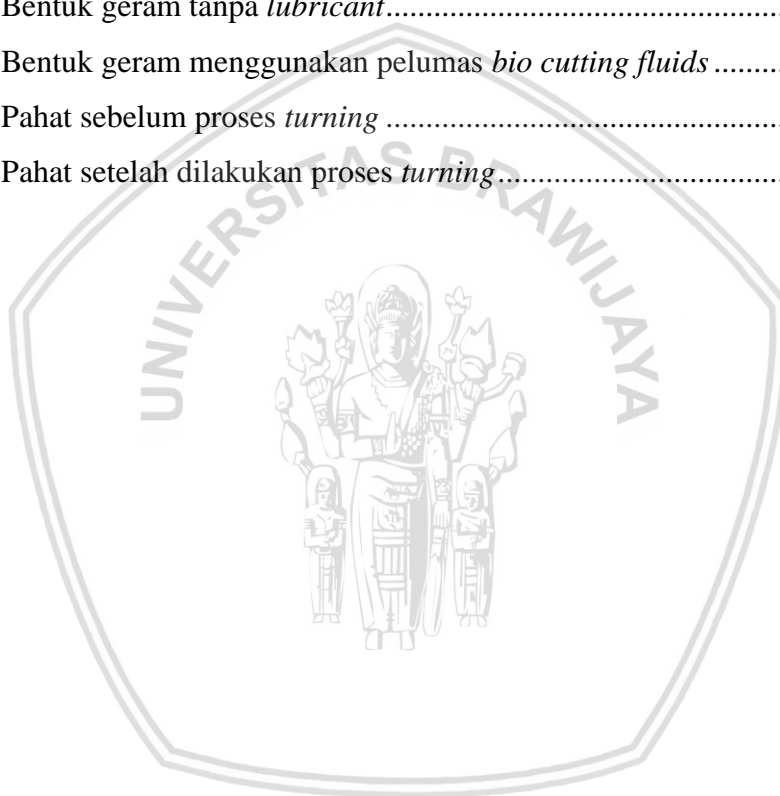
2.10.2 Parameter Kekasaran Permukaan.....	23
2.11 Hipotesis	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Metode yang Digunakan	27
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.3 Variabel Penelitian	27
3.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	28
3.5 Instalasi Penelitian	34
3.6 Dimensi Benda Kerja	34
3.7 Prosedur Penelitian	34
3.8 Diagram Alir Penelitian	35
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Hasil	37
4.1.1 Hasil Pengambilan Data Kekasaran Permukaan	37
4.2 Pembahasan.....	37
4.2.1 Hubungan Jenis <i>Bio Cutting Fluids</i> Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra)	37
4.2.2 Hasil Bentuk Geram Jenis <i>Bio Cutting Fluids</i> Proses <i>Turning</i>	39
4.2.3 Keausan Pahat pada Jenis <i>Bio Cutting Fluids</i>	41
BAB V PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Proses pembubutan	2
Gambar 2.1	Proses pemesinan yang dapat dilakukan pada Mesin Bubut : a). pembubutan pinggul (<i>chamfering</i>), b) pembubutan alur (<i>parting-off</i>), c). pembubutan ulir (<i>threading</i>), d) pembubutan lubang (<i>drilling</i>), e). pembuatan lubang (<i>boring</i>), dan f) pembuatan kartel (<i>knurkling</i>)	7
Gambar 2.2	Mesin bubut	7
Gambar 2.3	Proses pembubutan	8
Gambar 2.4	<i>Internal delivery sistem</i>	13
Gambar 2.5	Metode tetesan	16
Gambar 2.6	Keausan tepi (<i>flank wear</i>) dan keausan kawah (<i>creater wear</i>).....	17
Gambar 2.7	Retak mata pahat karbida.....	17
Gambar 2.8	Lingkar gaya pemotongan (<i>merchant</i>).....	19
Gambar 2.9	Geram kontinu (<i>continuous</i>)	19
Gambar 2.10	Geram bersegmen (<i>segmented</i>).....	20
Gambar 2.11	Geram tidak kontinu (<i>discontinuouos chips</i>)	20
Gambar 2.12	Tingkat pertama bentuk profil	21
Gambar 2.13	Tingkat kedua bentuk profil.....	22
Gambar 2.14	Tingkat ketiga bentuk profil.....	23
Gambar 2.15	Tingkat keempat bentuk profil.....	23
Gambar 2.16	Posisi bentuk profil	24
Gamabr 2.17	Kekasaran rata-rata Ra	25
Gambar 2.18	Kekasaran permukaan Rz	26
Gambar 2.19	Kedalaman total dan kedalaman perataan.....	26
Gambar 3.1	Mesin bubut	28
Gambar 3.2	Timbangan elektrik	28
Gambar 3.3	Pahat karbida.....	29
Gambar 3.4	<i>Surface roughness tester</i>	29
Gambar 3.5	<i>Scaning electron microscopy</i>	30
Gambar 3.6	Mesin press <i>rubber seed oil</i>	30
Gambar 3.7	Penggaris.....	31
Gambar 3.8	Aluminium 6061	31
Gambar 3.9	<i>Rubber Seed Oil</i>	32



Gambar 3.10	<i>Virgin Coconut Oil</i>	32
Gambar 3.11	<i>Castor Oil</i>	33
Gambar 3.12	<i>Sunflower Oil</i>	33
Gambar 3.13	Skema Instalasi <i>drop lubricant</i>	34
Gambar 3.14	Dimensi benda kerja	34
Gambar 3.15	Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 4.1	Hubungan Jenis <i>Bio Cutting Fluids</i> Terhadap Kekasaran Permukaan Ra..	37
Gambar 4.2	Hasil kekasaran permukaan tanpa tanpa <i>lubricant</i>	38
Gambar 4.3	Hasil kekasaran permukaan tanpa pelumas <i>bio cutting fluids</i>	38
Gambar 4.4	Bentuk geram tanpa <i>lubricant</i>	40
Gambar 4.5	Bentuk geram menggunakan pelumas <i>bio cutting fluids</i>	40
Gambar 4.6	Pahat sebelum proses <i>turning</i>	41
Gambar 4.7	Pahat setelah dilakukan proses <i>turning</i>	43



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat fisik aluminium	10
Tabel 2.2	Sifat sifat mekanik aluminium.....	10
Tabel 2.3	<i>Sifat fisik natural oil</i>	14
Tabel 2.4	Nilai kualitas kekasaran permukaan (Ra).....	21
Tabel 2.5	Nilai kekasaran permukaan mesin konvensional.....	21
Tabel 3.1	Komposisi pahat karbida	29
Tabel 3.2	Sifat mekanik pahat karbida	29
Tabel 3.3	Komposisi aluminium 6061.....	31
Tabel 3.4	Sifat mekanik	31
Tabel 3.5	Sifat fisik <i>rubber seed oil</i>	32
Tabel 3.6	Sifat fisik <i>virgin coconut oil</i>	32
Tabel 3.7	Sifat fisik <i>castor oil</i>	33
Tabel 3.8	Sifat fisik <i>sunflower oil</i>	33
Tabel 4.1	Hasil pengukuran jarak profil tengah ke profil terukur	37
Tabel 4.2	Volume pahat.....	41



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Spesifikasi Aluminium 6061
- Lampiran 2 Grafik kekasaran permukaan tanpa *lubricant* titik ke-1
- Lampiran 3 Grafik kekasaran permukaan tanpa *lubricant* titik ke-2
- Lampiran 4 Grafik kekasaran permukaan tanpa *lubricant* titik ke-3
- Lampiran 5 Grafik kekasaran permukaan jenis pelumas *castor oil* titik ke-1
- Lampiran 6 Grafik kekasaran permukaan jenis pelumas *castor oil* titik ke-2
- Lampiran 7 Grafik kekasaran permukaan jenis pelumas *castor oil* titik ke-3
- Lampiran 8 Grafik kekasaran permukaan jenis pelumas *rubber seed oil* titik ke-1
- Lampiran 9 Grafik kekasaran permukaan jenis pelumas *rubber seed oil* titik ke-2
- Lampiran 10 Grafik kekasaran permukaan jenis pelumas *rubber seed oil* titik ke-3
- Lampiran 11 Grafik kekasaran permukaan jenis pelumas *virgin coconut oil* titik ke-1
- Lampiran 12 Grafik kekasaran permukaan jenis pelumas *virgin coconut oil* titik ke-2
- Lampiran 13 Grafik kekasaran permukaan jenis pelumas *virgin coconut oil* titik ke-3
- Lampiran 14 Grafik kekasaran permukaan jenis pelumas *sunflower oil* titik ke-1
- Lampiran 15 Grafik kekasaran permukaan jenis pelumas *sunflower oil* titik ke-2
- Lampiran 16 Grafik kekasaran permukaan jenis pelumas *sunflower oil* titik ke-3

RINGKASAN

Moh. Wahyudi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, November 2018, Pengaruh Jenis *Bio Cutting Fluids* Terhadap Bentuk *Chip* Dan Kekasaran Permukaan Pada Proses *Turning* Menggunakan Metode *Minimum Quantity Of Drop Lubrication*, Dosen Pembimbing: Khairul Anam dan Putu Hadi Setyarini.

Dalam perkembangan teknologi industri manufaktur pelumas ramah lingkungan adalah pelumas yang mudah terlarut dalam lingkungan dan tidak berbahaya bagi ekosistem atau disebut *bio cutting fluids* (minyak nabati). Faktor pendinginan merupakan faktor paling dominan dalam proses permesinan, pendinginan mampu melumasi adanya gesekan antara pahat dan benda kerja. Sehingga mampu menurunkan panas pada area bidang kontak tersebut. Maka dapat memberikan *machinability* yang baik pada benda kerja serta meningkatkan kemampuan pahat. Untuk menimumkan penggunaan *bio cutting fluids* maka dilakukan pelumasan dengan menegembangkan teknik lubrikasi manual menggunakan metode tetesan (*drop lubrication*) pada proses *turning*. Tujuan penilitan ini adalah untuk mengetahui kekasaran permukaan benda kerja dan bentuk *chip*.

Pada penelitian ini menggunakan variabel bebas dengan variasi pelumas *bio cutting fluids* jenis *rubber seed oil*, *virgin coconut oil*, *sunflower oil* dan minyak jarak (*castor oil*). Parameter permesinan yang digunakan adalah *dept of cut* 0,5 mm, kecepatan *spindel* 330 rpm, *feed rate* 0,231 mm/rev, sudut pahat 90°, *drop lubrication* 192 ml/jam, panjang pemakanan 100 mm. Menggunakan alat mesin bubut (*turning*), pahat karbida, *surface roughness tester*, dan bahan yang digunakan aluminium 6061.

Hasil penelitian pengaruh jenis *bio cutting fluids* terhadap bentuk *chip* dan kekasaran permukaan pada proses *turning* menggunakan metode *minimum quantity of drop lubrication*, didapatkan nilai kekasaran permukaan jenis pelumas minyak jarak (*castor oil*) sebesar 1,748 μm , *rubber seed oil* sebesar 1,730 μm , *sunflower oil* sebesar 1,720 μm dan yang paling bagus menggunakan pelumas jenis *virgin coconut oil* sebesar 1,563 μm . Hal ini dikarenakan nilai viskositas *virgin coconut oil* sangat kecil sehingga laju aliran mampu bekerja secara sempurna untuk melumasi area bidang kontak. Akan tetapi nilai kekasaran paling tinggi didapatkan tanpa menggunakan pelumasan sebesar 2 μm . Hal ini disebabkan karena tidak adanya pelumasan ataupun pendinginan pada area bidang kontak antara pahat dan benda kerja. Gesekan yang terjadi menimbulkan panas yang memicu terjadinya keausan. Sehingga keausan dapat menyebabkab kerusakan yang mengakibatkan pada kasarnya permukaan benda kerja.

Kata Kunci: *Bio Cutting Fluids*, Bentuk *Chip*, *Drop Lubrication*, Keausan Pahat, Kekasaran Permukaan.

SUMMARY

Moh. Wahyudi, Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, November 2018, *The Variety Cutting Fluid's in Turning Process Using Minimum Method of Quantity of Drop Lubrication to Chip's Formation and Surface Roughness*, Supervisor: Khairul Anam and Putu Hadi Setyarini.

In the development of manufacturing industries technology, environmentally friendly lubricant are lubricants that are easily dissolved in the environment and are not harmful to the ecosystem or called bio cutting fluids (vegetable oils). The cooling factor is the most dominant factor in the machining process, coolant is able to lubricate the friction between the tool and the workpiece. So that it can reduce heat of the contact area. Then it can provide good machinability in the workpiece and improve chisel ability. To minimize the use of bio cutting fluids, lubrication is done by developing a manual lubrication technique using the drop lubrication method in the turning process. The purpose of this study is to comply with the surface roughness of the workpiece and the shape of the chip.

This study uses independent variables with variations of bio cutting fluids lubricants such as rubber seed oil, virgin coconut oil, sunflower oil and castor oil. The machining parameters used are 0.5 mm depth of cut, spindle speed 330 rpm, feed rate 0.231 mm / rev, tool angle 90°, drop lubrication 192 ml/hour, feed length 100 mm. Using a lathe (turning), carbide tool, surface roughness tester, and aluminum 6061 materials used.

The results of the study obtained a castor oil surface roughness value of 1.748 μm , 1.730 μm rubber seed oil, sunflower oil of 1,720 μm and the best is using virgin coconut oil for 1,563 μm . This is because the viscosity value of virgin coconut oil is so small that the flow rate is able to work perfectly to lubricate the contact area. However, the highest roughness value was obtained without using lubrication of 2 μm . This is due to the absence of lubrication or cooling in the area of the contact area between the tool and the workpiece. Friction that occurs causes heat that triggers wear and tear. So that wear can cause damage resulting in rough surface of the workpiece.

Keywords: Cutting Fluids Bio, Chip Shape, Drop Lubrication, Tool Tool Wear, Surface Roughness.

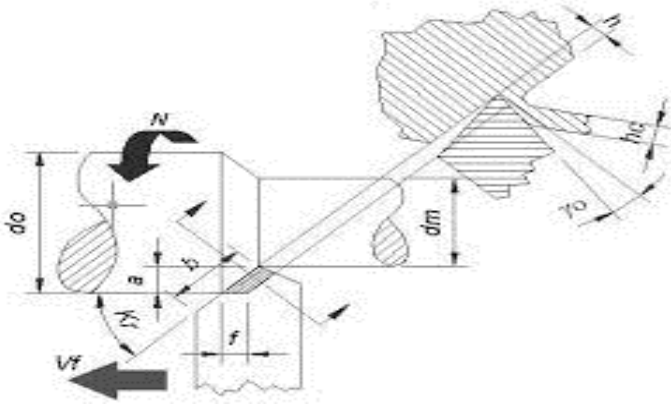
BAB I PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Proses manufaktur pada saat ini sangat banyak digunakan untuk membuat suatu produk yang berkualitas dalam suatu industri, dengan menggunakan proses permesinan salah satunya proses pembubutan. Proses pembubutan atau proses *turning* merupakan pengurangan material dilakukan pada benda kerja yang berputar, pada sumbunya, sedangkan alat potong (*cutting tool*) bergerak memotong sepanjang benda kerja akibatnya terjadi pemotongan oleh pahat sehingga terbentuk geram. Sampai dengan saat ini proses pembubutan sangat banyak digunakan untuk membuat suatu komponen industri transportasi yang berbentuk silinder dengan ketelitian cukup tinggi salah satu contohnya menggunakan material aluminium.

Aluminium merupakan logam ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik, serta memiliki berat jenis 2.7 g/cm^3 atau hampir $1/3$ dari berat jenis besi maupun tembaga. Konduktifitas listriknya 60% lebih dari tembaga sehingga dapat digunakan untuk komponen listrik (Surdia. 1999). Dalam dunia industri transportasi, aluminium 6061 banyak digunakan untuk konstruksi kapal, rangka truk, mobil dan sepeda. Salah satunya untuk membuat *body* sepeda yang dilakukan dengan proses pembubutan. Saat dilakukan proses pembubutan timbul panas yang diakibatkan gaya gesekan oleh bidang kontak sehingga mengakibatkan kualitas permukaan aluminium 6061 kurang baik.

Panas yang diakibatkan dari gesekan antara permukaan pahat dan benda kerja sehingga suhu temperatur potong yang cukup tinggi. Temperatur yang tinggi pada saat pemotongan didapat dari energi pemotongan yang diubah menjadi panas melalui proses gesekan antara bidang aktif pahat dan benda kerja seperti pada Gambar 1.1. Karena tekanan yang besar akibat gaya pemotongan serta temperatur yang tinggi maka permukaan pahat akan mengalami keausan. Untuk mengurangi temperatur akibat adanya gaya gesekan maka diperlukan pelumasan dengan *drop lubrication* pada area bidang kontak.



Gambar 1.1 Proses pembubutan
Sumber: Rochim (1985:10)

Drop lubrication atau metode tetesan ini merupakan teknik baru yang berhubungan dengan *minimum quantity lubricant* yang tingkat konsumsi minyak dalam penggunaan sekitar 50-500 ml/jam (Dhar, dkk. 2005) dilakukan tanpa menggunakan udara bertekanan. Metode tetesan ini memanfaatkan efek grafitasi sehingga dengan meminimumkan *lubricant* ini akan bekerja secara tetes ke area bidang kontak, antara pahat dan benda kerja sehingga memberikan fungsi pendinginan dan pelumasan yang baik dengan menggunakan pelumas jenis *bio cutting fluids* yang ramah lingkungan dapat mengurangi temperatur pada pahat dan meningkatkan umur pahat pada proses pembubutan (Basuki, 2014).

Bio cutting fluids berfungsi untuk mengontrol temperatur dan sebagai pendinginan (*coolant*) pada proses pembubutan menggunakan *natural oil* yang ramah lingkungan. *Bio cutting fluids* terdapat beberapa jenis diantaranya *rubber seed oil*, *virgin coconut oil*, *sunflower oil* dan minyak jarak (*castor oil*), yang mudah ditemukan di asia khususnya wilayah tropis. *Lubricants mineral oil* dapat menyebabkan kerusakan yang lebih serius untuk tubuh manusia dan menyebabkan penyakit akibat kerja dibandingkan minyak *natural oil* (Park, dkk. 2015). Sehingga pelumas *bio cutting fluids* adalah pelumas alternatif yang ramah lingkungan dan mampu meningkatkan kualitas benda kerja (Gajrani, dkk. 2017).

Kekasaran permukaan (*surface roughness*) sangat berpengaruh terhadap kualitas dari produk. Pada saat proses pembubutan akan terjadi pemakanan benda kerja dan akan menghasilkan geram (*chip*). Sehingga terjadi gesekan antara pahat dan benda kerja maka timbul panas pada area bidang kontak, mengakibatkan permukaan pahat akan menjadi aus atau tumpul. Untuk mengaurangi keuasan pahat maka diperlukan sebuah pelumasan yang ramah lingkungan yaitu *bio cutting fluids*, yang mampu menurunkan temperatur pada bidang kontak serta mampu menghilangkan geram pada permukaan benda kerja dan dapat meningkatkan kualitas hasil pembubutan.

Nilai kekasaran dan bentuk geram hasil proses pemburuan menggunakan jenis pelumas *bio bicutting fluids* dengan metode *drop lubrication* memiliki nilai berbeda-beda setiap jenis pelumas. Oleh karena itu dilakukan penelitian lebih dalam mengenai variasi jenis pelumas *bio cutting fluids* terhadap kekasaran permukaan dan bentuk geram serta data pendukung foto mikrostruktur.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang digunakan yaitu:

1. Bagaimana pengaruh jenis *bio cutting fluids* terhadap kekasaran permukaan pada proses *turning* menggunakan metode *drop lubrication*?
2. Bagaimana pengaruh jenis *bio cutting fluids* terhadap bentuk *chip* pada proses *turning* menggunakan metode *drop lubrication*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. Aluminium diasumsikan tidak memiliki cacat.
2. Kecepatan laju aliran *bio cutting fluids* dijaga konstan.
3. Getaran mesin diabaikan.
4. Temperatur *bio cutting fluids* dijaga konstan suhu ruangan.
5. Pahat menggunakan pahat karbida, dimana kondisi pahat dianggap sama.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini meliputi:

- 1 Untuk mengetahui pengaruh jenis *bio cutting fluids* terhadap kekasaran permukaan pada proses *turning* menggunakan metode *drop lubrication*.
- 2 Untuk mengetahui pengaruh jenis *bio cutting fluids* terhadap bentuk *chip* pada proses *turning* menggunakan metode *drop lubrication*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yaitu:

1. Memberikan referensi pada peneliti selanjutnya tentang jenis pelumas *bio cutting fluids* pada proses *turning* terhadap kekasaran permukaan dan bentuk *chip*.
2. Melatih kemampuan menganalisa pengaruh jenis *bio cutting fluids* pada proses *turning* dengan metode *drop lubrication*.

4

3. Nantinya dalam keperluan produksi benda kerja maupun untuk membuat peralatan atau komponen-komponen mesin menghasilkan kualitas yang lebih baik dengan ukuran yang presisi dengan menggunakan pelumas jenis *bio cutting fluids*.
4. Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan ilmu pengetahuan tentang penggunaan pelumas *bio cutting fluids* pada proses produksi.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Panchal dkk (2016) membuktikan bahwa pelumas minyak nabati merupakan alternatif sebagai pengganti pelumas berbasis konvensional karena jumlah sifat fisik dari minyak nabati termasuk terbarukan, biodegradabilitas, pelumasan tinggi dan titik-titik nyalanya tinggi. Manfaat minyak nabati sebagai pelumas dalam bidang ini berfungsi untuk meningkatkan karakteristik tertentu dari minyak nabati tanpa merusak sifat tribologi dari material dan lingkungan.

Khan dkk (2009) sebagaimana telah dibuktikan dengan penelitiannya menyatakan efek pelumasan kuantitas *Minimum Quantity Lubricant* (MQL) dengan memotong menggunakan pelumas minyak sayur pada baja paduan rendah AISI 9310 dibandingkan dengan mesin benar-benar kering dan basah. Dalam hal suhu antara pahat dan benda kerja untuk pembentukan geram dan kekasaran permukaan. MQL mesin dilakukan jauh lebih unggul dibandingkan dengan mesin kering dan basah karena pengurangan dalam memotong suhu zona memungkinkan pembentukan geram menguntungkan dan untuk menghilangkan *chip* pada permukaan benda kerja. Hal itu juga terlihat dari hasil bahwa mengakibatkan meningkatkan kehidupan alat dan permukaan akhir semakin baik.

Dalam penelitian tentang pelumas, Aravind dkk. (2015) menyatakan tentang perbandingan minyak *natural oil* dengan *lubricant mineral oils*. Didapatkan nilai viskositas dari *natural oil* dengan temperatur 40⁰C dan 100⁰C bahwa nilai viskositasnya semakin kecil sedangkan *lubricant mineral oil* cenderung lebih tinggi. jadi, pelumasan menggunakan *natural oil* akan semakin baik dan mudah terurai dengan lingkungan.

Gajrani dkk (2017) dalam penelitiannya tentang cairan minyak kelapa sebagai pelumas terhadap AISI 304 *stainless steel*. Pelumas menggunakan minyak kelapa menunjukkan permukaan akhir yang lebih baik dan suhu pemotongan yang lebih rendah dibandingkan dengan pemotongan kering dan cairan pemotongan konvensional. Karena minyak kelapa mempunyai viskositas yang lebih rendah dibandingkan dengan minyak konvensional.

Syahir dkk. (2017) berdasarkan penelitiannya menemukan bahwa *lubricant* berbasis bio ini menunjukkan hasil tribologi lebih baik dibandingkan dengan minyak konvensional berbasis *mineral*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pelumas *bio lubricant* lebih baik

dibandingkan dengan *mineral lubricant* yang memiliki sepuluh kali lebih rendah koefisien geseknya dan tingkat keausahan pahat sangat rendah.

2.2 Mesin Bubut

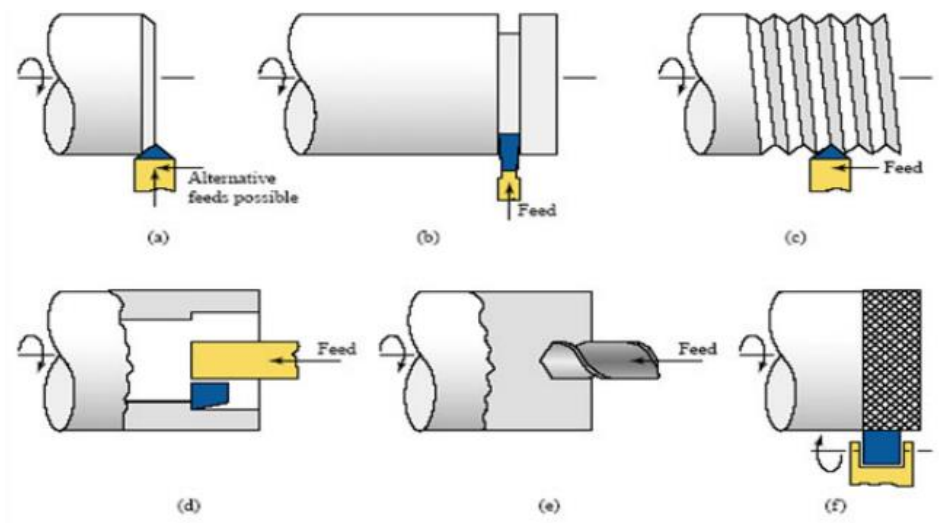
Proses pemotongan logam merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk suatu produk dengan cara pemotongan. Proses pemotongan ini mampu menghasilkan komponen yang memiliki bentuk yang kompleks dengan akurasi geometri dan dimensi tinggi. prinsip pemotongan logam dapat didefinisikan sebagai sebuah aksi dari alat potong yang dikontakkan dengan benda kerja untuk membuang sebagian permukaan benda kerja (Rochim,1993).

Proses *turning* (bubut) merupakan sebuah proses pemakanan benda kerja yang diinginkan dengan mengurangi material. Pengurangan material dilakukan pada benda kerja yang berputar dengan dikenakan alat potong (pahat) yang bergerak secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Sedangkan benda kerja yang digunakan umumnya memiliki penampang bentuk lingkaran. Benda kerja mesin bubut dicengkeram oleh *chuck* (pencekam) yang berhubungan langsung dengan motor penggerak utama pada mesin yang akan memutar benda kerja. Sedangkan pahat dipasangkan padaudukan pahat dan diatur dengan menggunakan asutan yang dapat bergerak translasi mendekat dan menjahui benda kerja, untuk kecepatan pergerakan pemakanan tergantung kemampuan mesin bubut.

2.2.1 Fungsi Mesin Bubut

Mesin bubut memiliki beberapa fungsi membuat benda kerja menjadi beragam bentuk dengan kebutuhan diantaranya (Widarto,2008). Pada Gambar 2.1 merupakan proses pemesinan yang dapat dilakukan dengan mesin bubut.

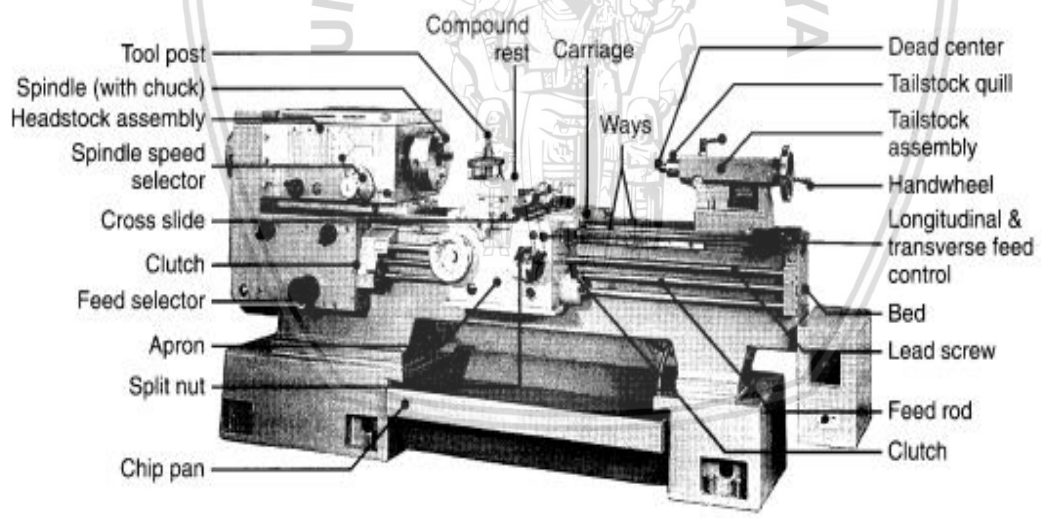
1. *Facing* atau pembubutan permukaan.
2. *Boring* atau pembubutan lubang.
3. *Driling* atau pembuatan lubang.
4. *Parting-off* atau pembuatan alur.
5. *Treading* atau pembubutan ulir.
6. *Knurkling* atau pembuatan kartel.
7. *Chamfering* atau pembubutan pinggul.



Gambar 2.1 Proses pemesinan yang dapat dilakukan pada Mesin Bubut (a) Pembubutan pinggul (*chamfering*), (b) pembubutan alur (*parting-off*), (c) Pembubutan ulir (*threading*), (d) Pembubutan lubang (*drilling*), (e) Pembuatan lubang (*boring*), dan (f) Pembuatan kartel (*Knurling*)
 Sumber: Widarto (2008:147)

2.2.2 Bagian-Bagian Mesin Bubut

Ada bagian – bagian pada mesin bubut akan memudahkan operator melakukan proses pembubutan. Berikut ini merupakan bagian – bagian utama yang terdapat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Mesin bubut
 Sumber: Kalpakjian (2009:617)

1. Bed

Merupakan tumpuan untuk *relay* dari mesin bubut. Pada bagian bed yang berhadapan dengan *headstock*.

2. Carriage (eretan)

Carriage atau eretan berfungsi untuk mengerjakan rakitan *cross-slide*, *tool post*, dan *apron*. Alat pemotong dipasang pada *tool post* dengan besarnya pemakanan dan pemosisian pahat dan penyatel secara manual maupun secara otomatis.

3. *Headstock*

Headstock dipasang ditempat kedudukan dan dilengkapi dengan motor, *pulley*, dan *V-belt* yang menyuplai daya ke spindel pada berbagai kecepatan rotasi. kecepatan dapat diatur melalui pemilih yang dikontrol secara manual. Kebanyakan *headstock* dilengkapi dengan satu set roda gigi, dan beberapa memiliki berbagai *drive* untuk menyediakan rentang kecepatan variabel yang terus menerus ke spindel. *headstock* memiliki spindel berongga. tempat memutar benda kerja, seperti *chuck* dan *collet*.

4. *Chuck*

Chuck digunakan untuk mencekam benda kerja, *chuck* dipasang pada spindel yang digerakkan oleh *headstock*. *Chuck* dapat bergerak secara radial dan dapat menjauhi atau mendekati titik pusat.

5. *Tailstock*

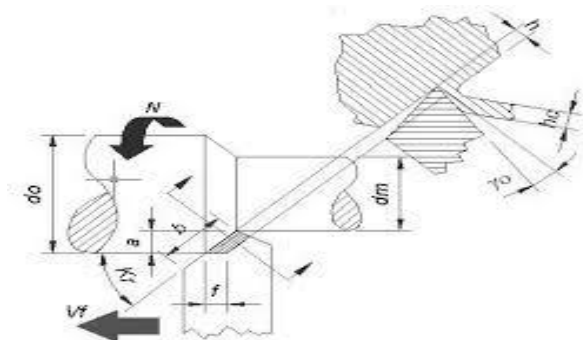
Tailstock yang dapat meluncur disepanjang jalan dan dijepit pada posisi apapun, mendukung ujung yang lain dari benda kerja. dilengkapi untuk menentukan titik pusat benda kerja atau mungkin bebas untuk memutar dengan kerja.

6. *Feed Rod and Lead Screw*

Feed rod mendukung oleh satu set roda gigi dari *headstock*. itu berputar selama pengoperasian mesin bubut dan memberikan gerakan ke eretan dan lintas-slide dengan menggunakan roda gigi, kopling gesekan, dan alur disepanjang batang.

2.2.3 Elemen Dasar Mesin Bubut

Mesin bubut adalah mesin perkakas untuk membentuk benda kerja dengan gerak sesama berputar. Prinsip kerja dari mesin bubut adalah gerak potong yang dilakukan terhadap benda kerja yang berputar pada porosnya dengan gerak makan dilakukan oleh pahat yang bergerak secara translasi yang pada benda kerja. Untuk ilustrasi proses pembubutan dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Proses pembubutan
Sumber: Rochim (1985:10)

Elemen dasar parameter pemotongan yang dapat diatur dalam mesin bubut:

1. *Depth of cut*

Depth of cut adalah tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong. Ketika pahat memotong sedalam, maka diameter benda kerja akan berkurang, karena bagian permukaan benda kerja yang dipotong ada di dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar. Untuk menghitung kedalaman pemotongan berdasarkan persamaan 2-1.

$$a = \frac{d_o - d_m}{2} \quad (2-1)$$

Sumber: Rochim (1985)

Keterangan:

a = Kedalaman pemotongan (mm)

d_o = Diameter awal (mm)

d_m = Diameter akhir (mm)

2. Kecepatan Potong

Kecepatan potong (*cutting speed* atau V_s) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat atau keliling benda kerja. Secara sederhana kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar atau dengan demikian kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja. Selain kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja faktor bahan benda kerja dan bahan pahat sangat menentukan nilai kecepatan potong. Pada dasarnya pada waktu proses bubut kecepatan potong ditentukan berdasarkan persamaan 2-2.

$$V_s = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2-2)$$

Sumber: Rochim (1985)

Keterangan:

V_s = Kecepatan potong (m/menit)

π = 3,14

d = Diameter benda kerja (mm)

n = Kecepatan putaran setiap menit (rpm)

3. Kecepatan Pemakanan

Kecepatan pemakan (*feed*) adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali, sehingga satuan *feed* adalah mm/putaran. Gerak makan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan. Gerak makan biasanya ditentukan dalam hubungannya dengan kedalaman potong seperti persamaan 2-3.

$$V_f = f \cdot n \quad (2-3)$$

Sumber: Rochim (1985)

Keterangan:

V_f = Kecepatan makan (mm/min)

f = Gerak makan (mm/rev)

n = Putaran poros (rpm)

2.3 Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat baik lainnya sebagai sifat logam. Ditinjau dari penggunaannya aluminium sebagai logam mendapat urutan yang tertinggi diantara logam-logam *non-ferrous*. Proses pembuatan aluminium tahunan khususnya di China mencapai 35 juta ton pertahunnya pada tahun 2017 (CNMIA, 2018).

Aluminium salah satu jenis bahan yang banyak penerapannya pada industri maju, yaitu digunakan untuk bahan konstruksi dalam dunia otomotif. Berat jenis 2.7g/cm^3 atau hampir $1/3$ dari berat jenis besi maupun tembaga. Konduktifitas listriknya 60% lebih dari tembaga sehingga dapat digunakan untuk komponen listrik (Surdia, 1999). Kekuatan mekanisnya dan sifat-sifat fisiknya dapat ditingkatkan dengan cara menambahkan unsur-unsur paduan. Jenis aluminium yang sering digunakan dalam industri yaitu aluminium 6061. Aluminium 6061 tergolong aluminium seri 6xxx dengan elemen pemuad magnesium dan silicon, paduan jenis termasuk dalam jenis yang mempunyai sifat mampu potong dan daya tahan korosi yang cukup baik. Sedangkan sifat-sifat dari aluminium dapat dilihat di Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1

Sifat Fisik Aluminium

Sifat-Sifat	Nilai
Densitas pada 20°C (sat. $10^3/\text{m}^3$)	2.6989
Titik cair ($^{\circ}\text{C}$)	660.2
Panas jenis (cal/g. $^{\circ}\text{C}$) (100°C)	0,2226
Hantaran listrik (%)	64,94

Sumber: Tata Surdia (1999:134)

Tabel 2.2

Sifat-Sifat Mekanik Aluminium

Sifat-sifat	Dianil	75% dirol dingin
Kekuatan tarik (kg/mm^2)	4,9	11,6
Kekuatan mulur (0,2%) (kg/mm^2)	1.3	11,0
Perpanjangan (%)	48,8	5,5
Kekerasan Brinell	17	27

Sumber: Tata Surdia (1999:134)

2.4 Cutting Tool Material

Pahat karbida yang dimensinya hanya akan menurun bila terjadi pelunakan elemen pengikat. Semakin besar presentase pengikat CO₂, maka kekerasan menurun dan sebaliknya keuletan membaik. Modulus elastisitasnya sangat tinggi demikian pula berat jenisnya. Koefisien muainya setengah kali koefisien muai baja dan konduktivitas panasnya sekitar 2 atau 3 kali konduktivitas panas HSS. Adapun 3 jenis utama pahat karbida, yaitu (Rochim, 1993:147):

1. Karbida *tungsten* (WC+Co), yang merupakan jenis pahat karbida untuk memotong besi tuang (*cast iron cutting grade*).
2. Karbida *tungsten* paduan (WC – TiC + Co : WC – TaC – TiC + Co : WC-Tac + Co : WC – TiC + TiN + Co : TiC + Ni + Mo)
3. Karbida lapis (*coated cemented carbides*), merupakan jenis karbida *tungsten* yang dilapis (satu atau beberapa lapisan karbida, tritida, atau oksida lain yang lebih rapuh tetapi *hot hardnessnya* tinggi).

Beberapa sifat yang harus dimiliki dari pahat antara lain:

1. Kekerasan
Material pahat harus dipilih yang lebih keras dari material benda kerja agar menyayat benda kerja sesuai yang diinginkan, dengan berkembangnya ilmu material, pemilihan pahat dengan tingkat kekasaran tertentu dapat dilakukan dengan mudah disesuaikan dengan material benda kerja yang diinginkan. Pada umumnya tingkat kekasaran material akan bertolak belakang dengan tingkat kelenturan atau keuletannya, sehingga pemilihan material pahat yang digunakan juga harus mempertimbangkan proses pemotongan yang berlangsung.
2. Keuletan
Sifat ulet dari material pahat diperlukan terutama untuk mengurangi dampak adanya beban kejut serta getaran yang mungkin muncul pada saat proses pemotongan benda kerja. Sifat ulet ini menyebabkan pahat mampu untuk mengalami defleksi yang bersifat elastis. Sifat ulet dan keras dari suatu material saling bertolak belakang, semakin keras material maka akan semakin getas sedangkan material yang semakin ulet maka material tersebut akan semakin lunak.

2.5 *Cutting Fluid*

2.5.1 Pengertian *Cutting Fluid*

Cutting fluid merupakan memasukan bahan pelumas antara dua bagian yang bergerak dengan tujuan untuk mengurangi gesekan dan keausan. Gesekan akan terjadi bila dua permukaan bahan yang bersinggungan digerakkan terhadap satu sama yang lainnya, gesekan itu akan menyebabkan keausan. *Cutting fluid* juga berfungsi untuk meningkatkan pendinginan dan pelumasan mesin selama operasi dan juga bermanfaat untuk membuang geram dari alat pemotongan, melumasi pahat karbida dan benda kerja, meningkatkan stabilitas ukuran dari benda kerja, dan meningkatkan kualitas permukaan (Grover, 2013:624)

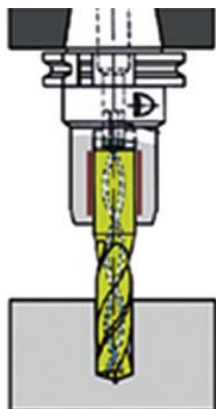
Pelumas dimaksud kecenderungan untuk melekat dengan kuat kepada permukaan logam. Oleh sebab itu minyak yang baik dengan memiliki sifat pelumas yang baik yaitu minyak berlemak (*Natural oil*) disebut juga pelumas minyak nabati (*vegetable oil*) dan pelumas minyak hewani (Beumer,1976:67). Keuntungan yang terpenting dari pelumasan adalah meningkatkan umur pahat.

Natural oil berkembang sebagai cairan cair karena terbuat dari bahan organik dan kemampuannya untuk meminimalkan biaya pengolahan limbah ini juga mengurangi risiko kesehatan bagi ekosistem. *Natural oil* sebagai cairan pengerjaan logam ramah lingkungan dan juga lebih baik dari *lubricants mineral oil*.

Ada empat metode dasar untuk penerapan *cutting fluid* pada proses permesinan, (Kalapakjian, 2009:609) antara lain:

1. Pembanjiran. Laju aliran yang digunakan biasanya berkisar 10 ℓ/Menit untuk pahat *single-point* sampai 225 ℓ/menit, untuk pahat *multiple-tooth*, sepeerti diproses *milling*, beberapa operasi *drilling* dan *milling* tekanan fluida berkisar 700 sampai 14,000 kPa.
2. Pengkabutan. Jenis pendinginan yang digunakan untuk daerah yang tidak terjangkau, mirip dengan aerosol, dan membuat penglihatan lebih baik saat pemesinan (dibandingkan dengan *flooding*). Cara ini lebih efektif terutama dengan cairan berbasis air pada tekanan udara berkisar 70 sampai 600 kPa.
3. Sistem bertekanan tinggi. dengan meningkatnya kecepatan dan tenaga yang dikendalikan komputer dengan peralatan mesin modern. Cara ini sangat efektif untuk digunakan sistem pendinginan proses permesinan, untuk meningkatkan penghilangan panas dari zona pemotongan.
4. Lewat sistem alat potong. Kerasnya pada berbagai proses permesinan diakibatkan sulitnya memasok cairan ke zona pemotongan dan pembilasan *chip*, untuk aplikasi lebih

efektif, bagian sempit dapat dihasilkan dari *cutting tool*, serta *tool holder*, yang dilalui oleh *cutting fluid* dapat diterapkan bertekanan tinggi seperti Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Internal delivery sistem
Sumber: Kumar (2016)

2.5.2 Jenis - Jenis *Cutting Fluid*

Berdasarkan bahan pembuatannya, *cutting fluid* dikategorikan menjadi dua yaitu *bio cutting fluid* berbahan minyak natural dan *lubricant mineral oil* berbahan zat kimia (minyak bumi). Adapun *bio cutting fluid* terbagi menjadi dua diantaranya Minyak nabati (*vegetable oil*) diperoleh dengan cara memeras biji atau buah, sedangkan minyak hewani diperoleh dengan jalan merebus atau memeras tulang belulang atau minyak babi. Adapun sifat fisik dari natural oil ditunjukkan pada Tabel 2.3 sedangkan minyak nabati (*vegetable oil*) memiliki beberapa jenis diantaranya *rubber seed oil*, *virgin coconut oil*, *sunflower oil* dan minyak jarak (*castor oil*).

1. *Rubber Seed Oil*

Rubber seed oil atau disebut minyak biji pohon karet adalah hasil ekstrak dari biji pohon karet yang mudah ditemukan di daerah Indonesia. Minyak biji pohon karet sebagai pelumas yang mudah terurai dalam lingkungan dibandingkan dengan minyak lainnya termasuk *lubricant mineral oil* sebagai minyak mineral komersial berbasis *lubricant*. Minyak biji karet di ekstraksi secara komersial dengan cara diperas bijinya yang mengandung serat, *resin* (getah karet), morfin dari tanaman yang membuatnya gelap dan buram. Setelah proses ekstrak *lubricant* didiamkan beberapa hari untuk menghilangkan kotoran yang tidak diinginkan dan dilakukan penyaringan. minyak biji pohon karet memiliki kandungan viskositas yang tinggi. proses pembuatan pelumas dari bahan baku *natural oil* sangat menguntungkan karena dapat mengatasi masalah ekonomi dan lingkungan.

2. *Virgin Coconut Oil*

Pohon kelapa atau VCO kebanyakan ditemukan didaerah tropis. Pohon kelapa yang dibutuhkan untuk membuat minyak adalah buahnya memiliki kandungan sangat tahan air. Minyak kelapa kaya akan asam lemak jenuh (91%) dan tidak mudah mengoksidasi. Minyak kelapa telah banyak digunakan sebagai pelumas bahan bakar di Negara India bagian selatan, minyak ini menghasilkan lebih sedikit asap saat dibakar.

3. *Sunflower Oil*

Bunga matahari tumbuh ditanah yang subur dan lembab, minyak biji bunga matahari (*Sunflower oil*) di ekstrak dari biji bunga matahari dan minyak ini bisa digunakan menghasilkan margarin atau sebagai biodiesel. *Sunflower oil* memiliki banyak kualitas yang membuat itu cocok untuk pelumas seperti stabilitas oksidasi dan pelumasan. Salah satu studi menunjukkan bahwa minyak biji bunga matahari dapat digunakan untuk menggantikan minyak mineral dan merupakan pelumas alternatif.

4. Minyak Jarak (*Castor Oil*)

Castrol oil atau disebut biji jarak adalah yang tumbuh cepat, memiliki kandungan minyak sekitar 40% samapi 60%. Minyak jarak memiliki viskositas lebih baik dan sifat pelumasan dengan temperatur yang tinggi dibandingkan dengan *vegetable oil* lainnya. Oleh karena itu minyak jarak sangat dibutuhkan untuk digunakan sebagai pelumas.

Tabel 2.3
Sifat Fisik Natural oil

Jenis minyak	Viskositas <i>Index</i> (mm ² /s)	Viskositas 100°C (mm ² /s)	Titik nyala °C	Titik beku °C	Berat Jenis (g/cm ³)
^a minyak biji karet	182	7	295	-9	0,922
^b minyak biji jarak	220	19,72	250	-27	0,950-0,970
^a Minyak biji bunga matahari	176	6,1	332	-18	0,934
^a Minyak kelapa	159	6	202	22	0,925

Sumber: ^aAravind (2015:16) dan ^bSyahir (2017:6)

2.5.3 Pemilihan *Cutting Fluid*

Pemilihan *cutting fluid* harus memperhatikan sifat sifat yang dimiliki *cutting fluid* tersebut. Sifat sifat yang harus dimiliki *cutting fluid* adalah:

1. *Flash Point*

Bio cutting fluids harus mempunyai titik nyala yang tinggi agar tidak mudah terbakar saat fluida mengenai kontak antara pahat karbida dengan benda kerja.

2. Viskositas

Viskositas adalah sifat fluida yang didasari oleh terjadinya gaya geser dalam fluida tersebut. Viskositas rendah akan mempengaruhi kecepatan fluida mengalir sehingga meningkatkan kualitas permukaan.

3. *Freeze Point* (Titik beku)

Freeze point adalah suhu terendah dimana suatu fluida dapat mengalir, penentuan *freeze point* ini berfungsi dalam menentukan cocok tidaknya jenis fluida mengalir untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain pada suhu tertentu.

4. Tidak Mengandung Racun

Bio cutting fluids tidak boleh mengandung racun karena bisa membahayakan lingkungan sehingga tidak bisa terurai dengan lingkungan membahayakan kesehatan pekerja.

2.6 *Drop Lubrication*

Drop lubrication atau metode tetesan teknik baru yang berhubungan dengan *Minimum Quantity Lubricant* (MQL) teknologi terbaru dalam pemesinan untuk mendapatkan keunggulan dalam keselamatan, lingkungan dan ekonomis, dengan mengurangi penggunaan pelumas dalam permesian. MQL merupakan salah satu teknik pelumasan dimana pelumas dan udara bertekanan ditembakkan ke kontak antara pahat dan benda kerja, dalam MQL penggunaan konsumsi minyak sangat sedikit sekitar 50-500 ml/jam (Dhar, 2005).

Sedangkan metode tetesan merupakan pelumas dilakukan tanpa menggunakan udara bertekanan, tetapi memanfaatkan efek grafitasi. Sehingga dengan meminimumkan *lubricant* ini akan bekerja secara tetes ke area bidang kontak, antara pahat dan benda kerja sehingga memberikan fungsi pendinginan dan pelumasan yang baik dengan menggunakan pelumas *bio cutting fluid* terhadap kekasaran permukaan dan meningkatkan umur pahat pada proses pembubutan. seperti Gambar 2.5.

Metode tetesan berfungsi untuk mengurangi gesekan antara pahat dan benda kerja sehingga akan mengurangi kenaikan temperatur pada pahat dan akhirnya dapat menaikkan umur pahat.



Gambar 2.5 Metode tetesan
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2018)

2.7 Keausan Pahat

Secara umum keausan (*wear*) didefinisikan sebagai kerusakan pada permukaan padat yang disebabkan oleh hilangnya atau perpindahan material akibat gaya mekanik dari padat (*solid*), cair atau gas. Berat keausan dapat dihitung dengan persamaan:

$$W = W_0 - W_1 \quad (2-4)$$

Sumber: Darmanto (2014)

Keterangan:

W = Berat keausan

W_0 = Berat awal

W_1 = Berat akhir

Selama proses pembubutan berlangsung akan menghasilkan geram pada permukaan benda kerja, sehingga geram akan mempengaruhi pahat sehingga dapat mengalami kegagalan dari fungsinya yang normal karena disebabkan oleh tekanan temperatur yang tinggi pada bidang aktif pahat dimana kekerasan dan kekuatan material pahat akan turun bersama dengan naiknya temperatur, material pahat, material benda kerja dan cairan pendinginan (Rochim, 1999:122). Adapun jenis kegagalan pahat, yaitu:

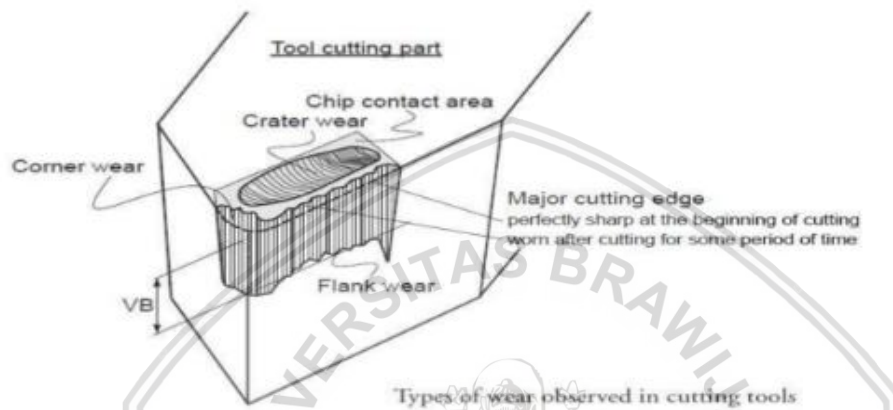
1. Keausan Kawah (*creater wear*)

Aus kawah (*creater wear*) disebabkan oleh suhu pemotongan yang tinggi pada bidang kontak antara serpihan dan pahat (*rake face*), dan pada tingkat tertentu terjadi pelarutan secara kimia antara pahat dan benda kerja yang menyebabkan pengikisan. Kedalaman

kawah adalah parameter yang banyak digunakan untuk mengevaluasi keausan kawah (Rochim, 1999).

2. Keausan Tepi (*flank wear*)

Keausan tepi adalah bentuk aus pada sisi (*flank*) pahat potong disebabkan perubahan bentuk radius ujung pahat oleh gesekan antara permukaan tepi pahat karena kekakuan benda kerja. Aus tepi sangat mempengaruhi hasil akhir permukaan dan daya potong pahat. Bentuk keausan sisi dan kawah pada pahat potong dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Keausan tepi (*flank wear*) dan Keausan kawah (*crater wear*)

Sumber: Kalpakjian (2009)

3. Keretakan

Keretakan pahat terjadi bila ujung pahat menerima beban kejut (*impact load*), seperti halnya yang sering terjadi pada awal pemotongan dengan gerak pemakanan atau kedalaman pemotongan yang besar. Mata pahat tersebut akan panas sewaktu pemotongan berlangsung, maka pemakaian cairan pendinginan (*coolant*) pada saat pembubutan perlu dipertimbangkan. Akibatnya dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Retak mata pahat karbida

Sumber: Rochim (1985:135)

2.8 Scanning Electron Microscopy

Scanning electron microscopy (SEM) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisa (Sujatno, 2015).

Pada sebuah alat sem terdapat beberapa peralatan utama, yang pertama pistol elektron, biasanya berupa filamen yang terbuat dari unsur yang mudah melepas elektron. Lensa untuk elektron, berupa lensa magnetis karena elektron yang bermuatan negatif dapat dibelokkan oleh medan magnet. Sistem vakum, karena elektron sangat kecil dan ringan maka jika ada molekul udara yang lain elektron yang berjalan menuju sasaran akan terpancar oleh tumbukan sebelum mengenai sasaran sehingga menghilangkan molekul udara menjadi sangat penting.

2.8.1 Cara Kerja SEM

Pada sebuah *Scanning electron microscopy* (SEM) terdapat beberapa peralatan utama:

1. Pistol elektron, biasanya berupa filamen yang terbuat dari unsur yang muda melepas elektron.
2. Lensa untuk elektron, berupa lensa magnetis karena elektron yang bermuatan negatif dapat dibelokkan oleh medan magnet.
3. Sistem vokum, karena elektron sangat kecil dan ringan maka jika ada molekul udara yang lain elektron yang berjalan menuju sasaran akan terhalang oleh tumbukan.

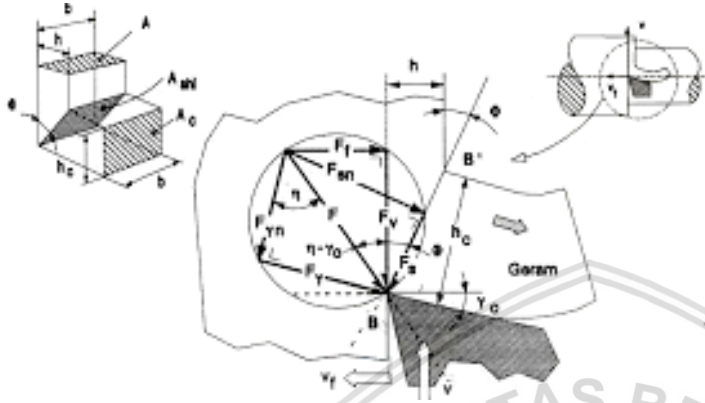
Prinsip kerja dari SEM adalah:

1. Sebuah pistol elektron berfungsi memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.
2. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel.
3. Sinar elektron yang berfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).

2.9 Mekanisme Pembentukan Geram Bentuk Geram (*Chip*)

Geram atau *chip* merupakan dari material yang terbuang yang dihasilkan dari proses permesinan, selama proses pembubutan berlangsung. Bahan dibuang akibat perputaran benda kerja sebagai suatu geram. Mekanisme pembentukan geram. Logam yang pada umumnya bersifat ulet apabila mendapat tekanan akan timbul timbul tegangan (*stress*)

didaerah sekitar konsentrasi gaya penekanan dari pahat dan pada salah satu arah akan terjadi tegangan geser (*shearung stress*) yang maksimum. Apabila tegangan geser ini melebihi kekuatan logam yang bersangkutan maka akan terjadi deformasi plastis (perubahan bentuk) yang menggeser dan memutus material geram diujung pahat seperti Gambar 2.8 lingkaran gaya pemotongan.



Gambar 2.8 Lingkaran gaya pemotongan (*merchant*)
Sumber: Munadi (2008:40)

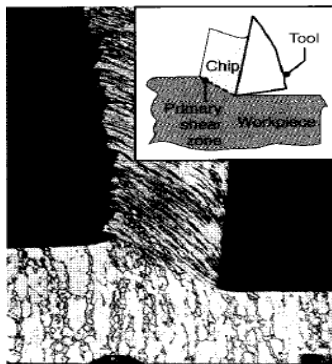
Adapun komponen pembentukan geram diantaranya:

1. Gaya pada proses deformasi material: Gaya Geser (F_s), gaya normal pada bidang geser ($F_{s \sin}$).
2. Gaya pengukuran dinamometer: Gaya potong (F_v), Gaya Makn (F_s).
3. Gaya yang bereaksi pada bidang geram: gaya gesek (F_r), gaya normal pada bidang geram ($F_{r \sin}$).

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi bentuk dari geram, yaitu gerak pemakanan, material benda kerja, sudut pemakanan dan kondisi pemotongan. Secara garis besar bentuk dari geram dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu:

1. Geram Kontinu (*continuous*)

Geram kontinu dalam Gambar 2.9 dihasilkan pada permesinan untuk bahan yang ulet yang dan geram ini dikelompokkan dengan jenis penampang lintang yang seragam (*uniform cross-section*). Selain itu geram ini terjadi pada kecepatan potong tinggi dengan *feed* yang rendah.



Gambar 2.9 Geram kontinu (*continuous*)
Sumber: Kalpakjian (2009:562)

2. Geram Bersegmen (*segmented*)

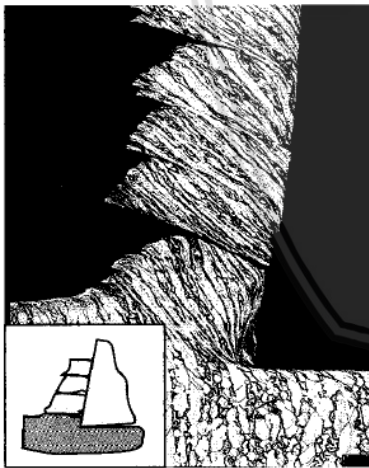
Geram bersegmen atau geram seperti mata geraji adalah geram semikontinu dan memiliki kawasan regangan geser yang kecil (untuk geram kontinu) dan regangan geser yang tinggi (untuk geram yang tidak kontinu), Gambar 2.10 merupakan geram bersegmen.



Gambar 2.10 Geram bersegmen (*Segmented*)
Sumber: Buana (2010:3)

3. Geram Tidak Kontinu (*discontinuouos chips*)

Geram yang tidak kontinu terbentuk pada permesinan untuk bahan yang getas (*brittle*) pada kecepatan pemotongan rendah, pemakanan dan kedalaman pemotongan yang tinggi dan gesekan antar pahat dan geram yang tinggi. Gambar 2.11 merupakan geram tidak kontinu.



Gambar 2.11 Geram tidak kontinu (*discontinuouos chips*)
Sumber: Kalpakjian (2009:562)

2.10 Kekasaran Permukaan

Menurut ISO 1302 - 1978 yang dimaksud dengan kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata profil. Definisi ini digunakan untuk menentukan harga dari rata-rata kekasaran permukaan. Dalam dunia industri, kebutuhan yang diinginkan masing-masing perusahaan berbeda, sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Nilai kekasaran permukaan sendiri memiliki nilai kualitas (N) yang berbeda.

Dimana menurut ISO, nilai kualitas kekasaran permukaan dapat diklasifikasikan dari yang paling kecil adalah N1 dengan nilai kekasaran permukaan (Ra) 0,025 μ m hingga nilai tertinggi adalah N12 dengan nilai kekasaran permukaan (Ra) 50 μ m. Tabel 2.4 merupakan tabel nilai kualitas kekasaran permukaan (Ra) dan Tabel 2.5 merupakan nilai kekasaran permukaan mesin non konvensional.

Tabel 2.4

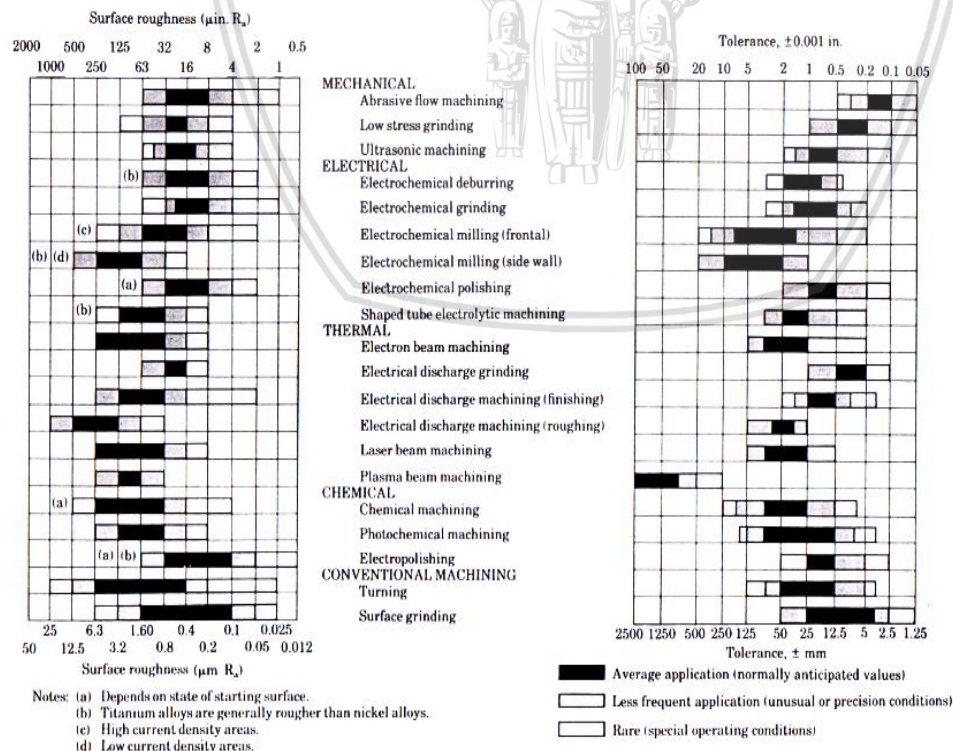
Nilai Kualitas Kekasaran Permukaan (Ra)

Kelas Kekasaran	Harga Ra (μ m)	Toleransi (μ m) (+50% & -25 %)	Panjang sempel (mm)
N1	0,025	0,02 – 0,04	0,8
N2	0,05	0,04 – 0,08	
N3	0,1	0,08 – 0,15	0,25
N4	0,2	0,15 – 0,03	
N5	0,4	0,03 – 0,06	
N6	0,8	0,6 – 1,2	0,8
N7	1,6	1,2 – 2,4	
N8	3,2	2,4 – 4,8	
N9	6,3	4,8 – 9,6	2,5
N10	12,5	9,6 – 18,75	
N11	25	18,5 – 37,5	8
N12	50	37,5 – 75,0	

Sumber: Munadi (1980:230)

Tabel 2.5

Nilai Kekasaran Permukaan Mesin Konvensional



Sumber: Kalpakjian (2009:514)

2.10.1 Perbedaan Permukaan dan Profil

Permukaan merupakan suatu titik yang membatasi antara sebuah benda padat dengan lingkungan sekitarnya. Apabila dilihat menggunakan skala kecil pada dasarnya konfigurasi permukaan produk juga termasuk karakteristik geometrik yang tergolong dengan golongan mikrogeometrik. Permukaan produk membentuk rupa dapat disebut golongan makrogeometrik.

Profil merupakan sebuah garis tiruan permukaan yang mensimulasikan keadaan permukaan bidang dari benda kerja tersebut ketika dipotong secara normal atau serong (Munadi, 1980). Karena dalam pembuatan benda kerja dapat terjadi penyimpangan maka pada permukaan geometri ideal tidak dapat dibuat. Didunia kerja, perancang tersebut akan menuliskan syarat permukaan pada gambar teknik. Suatu keadaan permukaan yang diberi syarat pada gambar teknik disebut permukaan nominal (*nominal surface*). Macam-macam bentuk profil.

1. Tingkat pertama

Tingkat pertama adalah tingkat yang menunjukkan adanya kesalahan bentuk (*form error*) seperti tampak pada Gambar 2.10. faktor penyebabnya antara lain karena lenturan dari mesin perkakas dan benda kerja, kesalahan pada pencekaman benda kerja, pengaruh proses pengerasan (*hardening*).



Gambar 2.12 Tingkat pertama bentuk profil
Sumber: Munadi (1980:225)

2. Tingkat kedua

Tingkat kedua adalah profil permukaan yang terbentuk gelombang. Penyebabnya antara lain karena adanya kesalahan bentuk pada pisau (pahat) potong, posisi senter yang kurang tepat, adanya getaran pada proses pemotongan.



Gambar 2.13 Tingkat kedua bentuk profil
Sumber: Munadi (1980:225)

3. Tingkat ketiga

Tingkat ketiga adalah profil permukaan yang berbentuk alur (*grooves*). Penyebabnya antara lain karena adanya bekas – bekas proses pemotongan akibat bentuk pisau potong yang salah atau gerak pemakanan yang kurang tepat (*feed*).



Gambar 2.14 Tingkat ketiga bentuk profil
Sumber: Munadi (1980:225)

4. Tingkat keempat

Tingkat keempat adalah profil permukaan yang berbentuk serpihan (*flakes*). Penyebabnya antara lain karena adanya tatal (beram) pada proses pengerjaan, pengaruh proses electroplating.



Gambar 2.15 Tingkat keempat bentuk profil
Sumber: Munadi (1980:225)

2.10.2 Parameter Kekasaran Permukaan

Untuk mereproduksi profil suatu permukaan, sensor peraba (*stylus*) alat ukur harus digerakkan mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang telah ditentukan terlebih dahulu. Panjang lintasan ini disebut panjang pengukuran (*traversing length*). Sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelum jarum berhenti secara elektronik alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang dideteksi oleh jarum peraba. Bagian panjang pengukuran dimana dilakukan analisis profil permukaan disebut dengan panjang sampel (*sampling length*). Reproduksi profil sesungguhnya adalah seperti yang ditunjukkan Gambar 2.15 dengan penambahan keterangan mengenai beberapa istilah profil yang penting yaitu:

1. Profil geometrik ideal (*geometrically ideal profile*), merupakan profil permukaan sempurna (dapat berupa garis lurus, lengkung, atau busur).
2. Profil terukur (*measured profile*), merupakan profil permukaan terukur.
3. Profil referensi/ acuan/ puncak (*reference profile*), adalah profil yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisis ketidakteraturan konfigurasi permukaan. Profil ini dapat

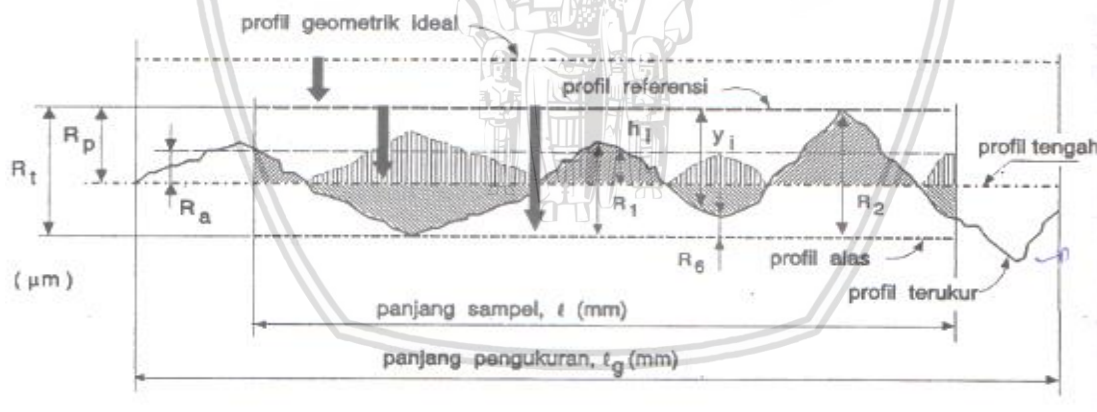
berupa garis lurus atau garis dengan bentuk sesuai dengan profil geometrik ideal, serta menyinggung puncak tertinggi profil terukur dalam suatu panjang sampel.

4. Profil akar/alas (*root profile*), yaitu profil referensi yang digeserkan ke bawah (arah tegak lurus terhadap profil geometrik ideal pada suatu panjang sampel) sehingga menyinggung titik terendah profil terukur.
5. Profil tengah (*center profile*), adalah nama yang diberikan kepada profil referensi yang digeserkan ke bawah (arah tegak lurus terhadap profil geometrik ideal pada suatu panjang sampel) sedemikian rupa sehingga jumlah luas bagi daerah-daerah di atas profil tengah sampai ke profil terukur adalah sama dengan jumlah luas daerah-daerah di bawah profil tengah sampai ke profil terukur.

Berdasarkan profil-profil yang diterangkan di atas, dapat didefinisikan beberapa parameter permukaan, yaitu yang berhubungan dengan dimensi pada arah tegak dan arah memanjang/mendatar. Untuk dimensi arah tegak dikenal beberapa parameter yaitu:

1. R_a merupakan penyimpangan rata-rata dari garis rata-rata profil

Kekasaran rata-rata Aritmetis (*Mean Roughness Index / Center Line Average, CLA*), ialah harga rata-rata yang dihitung aritmetis, dari nilai absolut antara nilai profil terukur dengan profil tengah yang terukur seperti Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Posisi bentuk profil
Sumber: Rochim (2001:53)

Ada beberapa cara untuk menentukan kekasaran rata-rata (R_a) dapat pula dilakukan secara grafis. Adapun caranya adalah sebagai berikut :

- a. Pertama, gambar sebuah garis lurus pada penampang permukaan yang diperoleh dari pengukuran (profil terukur) yaitu garis X – X yang posisinya tepat menyentuh lembah paling dalam.
- b. Kedua, ambillah beberapa sampel panjang pengukuran sepanjang L yang dapat memungkinkan memuat sejumlah bentuk gelombang yang hampir sama.

- c. Ketiga, ambilah luasan daerah A di bawah kurva dengan menggunakan metode ordinat. Dengan demikian diperoleh jarak garis center C – C terhadap garis X – X secara tegak lurus yang besarnya adalah:

$$H_m = \frac{\text{daerah A}}{L} \quad (2-5)$$

Sumber: Munadi (1980)

- d. Keempat, sekarang diperoleh garis yang membagi profil terukur menjadi dua bagian yang hampir sama luasnya, yaitu luasan daerah di atas (P1+ P2+P3+ ... dan seterusnya) dan luasan daerah di bawah (Q1+ Q2 +Q3+ ... + dan seterusnya).

Dengan demikian maka Ra dapat ditentukan besarnya yaitu :

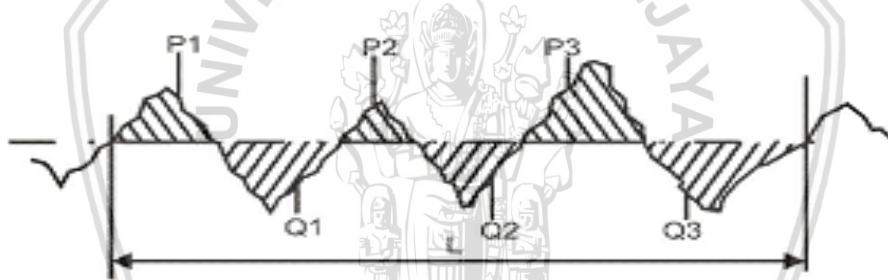
$$Ra = \frac{\text{Luas daerah P} + \text{Luas daerah Q}}{L} \times \frac{1000}{V_v} (\mu m) \quad (2-6)$$

Sumber: Munadi (1980)

Keterangan:

V_v = Perbesaran vertikal. Luas P dan Q dalam milimeter

L = Panjang sampel pengukuran dalam milimeter

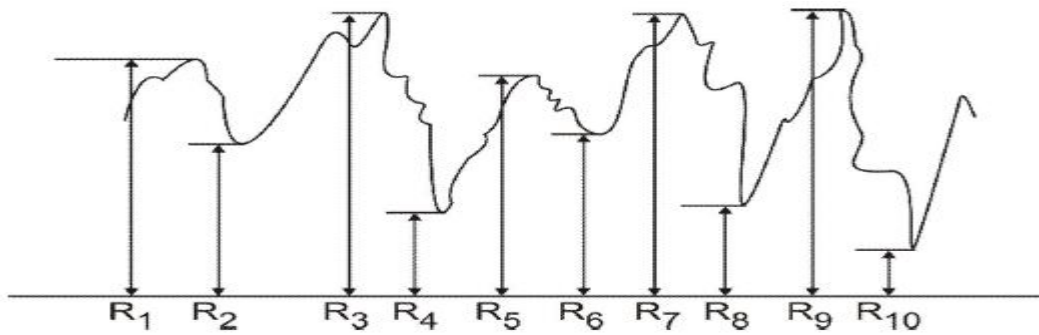


Gamabr 2.17 Kekasaran rata-rata Ra

Sumber: Munadi (1980:229)

2. Rz adalah ketidak rataan ketinggian pada sepuluh titik

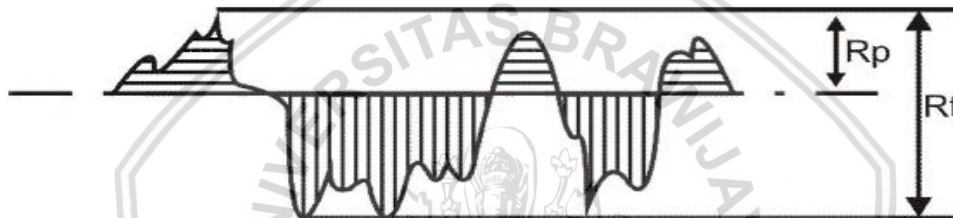
Pada gambar 2.18 menerangkan cara menentukan harga Rz. Dimana sampel diambil dari sejumlah profil yang dapat memuat banyak daerah, misalnya 10 daerah yaitu 5 daerah puncak dan 5 daerah lembah. Selanjutnya membuat garis yang lurus horizontal di bawah profil permukaan. Tarik garis tegak lurus dari tiap - tiap ujung puncak dan lembah ke garis horizontal. Dengan menggunakan cara ini maka diperoleh harga Rz yang besarnya sebagai berikut.



Gambar 2.18 Kekasaran permukaan Rz

Sumber: Munadi (1980:229)

- a. Kekasaran perataan (*depth of surface smoothness/ peak to mean line*) R_p (μm) adalah jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil terukur.
- b. R_t , kedalaman total (*peak to valley*) adalah besar jarak dari profil referensi hingga profil dasar dengan satuan μm .



Gambar 2.19 Kedalaman total dan kedalaman perataan

Sumber: Munadi (1980:227)

2.11 Hipotesis

1. Perbedaan pelumas jenis *cutting fluids* menggunakan sistem pelumas secara tetes (*drop lubrications*) dengan kandungan *viskositas* yang berbeda akan mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan. Semakin rendah nilai viskositas maka *bio cutting fluids* mampu untuk melumasi area bidang kontak sehingga mampu menurunkan kekasaran permukaan.
2. Pelumas dengan *bio cutting fluids* menggunakan metode tetesan dan tanpa menggunakan pelumas, bentuk geram yang didapatkan akan seragam. Dengan semakin rendahnya viskositas maka geram yang dihasilkan lebih *continous* dan panjang dibandingkan tanpa menggunakan pelumas, Sehingga keausan yang tanpa menggunakan lubrikan cenderung lebih tinggi.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode yang Digunakan

Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan melakukan pengamatan secara langsung untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan dan bentuk *chip* (geram) menggunakan pendinginan jenis *bio cutting fluids* pada proses *turning*.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian *bio cutting fluids* menggunakan proses *turning* dilaksanakan 13 - 27 Agustus 2018 bertempat:

1. Laboratorium Proses Manufaktur 1 FT UB untuk proses *turning*.
2. Laboratorium Metrologi Industri FT UB untuk menguji kekasaran permukaan.
3. Laboratorium Sentral Mesin FT UB untuk foto mikrostruktur.
4. Laboratorium Teknologi Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian FTP UB untuk press *rubber seed oil* dari biji pohon karet.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang menyebabkan terjadi suatu perubahan. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelumas *bio cutting fluids* jenis *rubber seed oil*, *virgin coconut oil*, *sunflower oil* dan minyak jarak (*castor oil*).

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kekasaran permukaan dan bentuk *chip*

3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dijaga konstan waktu penelitian. Variabel terkontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- *Dept of cut* : 0,5 mm
- Kecepatan spindel : 330 rpm
- *Feed rate* : 0,231 mm/rev
- Sudut pahat : 90°

- *Drop lubrication* : 192 mL/jam
- Panjang pemakanan : 100 mm

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian:

1. Spesifikasi Mesin Bubut

Gambar 3.1 merupakan spesifikasi mesin bubut.



Gambar 3.1 Mesin bubut

- Type : BENCH LATHE MACHINE 320X1000MM
- Merk : KRISBOW
- Model : KW1500486
- Voltase motor : 0,05 kW/380V

2. Timbangan Elektrik

Gambar 3.2 merupakan timbangan elektrik berfungsi untuk mengukur berat pahat sebelum dan sesudah dilakukan proses pembubutan.



Gambar 3.2 Timbangan elektrik

- Merk : Mettler Toledo
- Type : AL 204

3. Pahat Karbida

Pahat karbida pada Gambar 3.3 berfungsi untuk alat potong pada saat proses permesinan dan Tabel 3.1 merupakan komposisi material pahat Tabel 3.2 merupakan sifat mekanik pahat karbida.



Gambar 3.3 Pahat karbida

Tool holder

- Merk : Aeropa
- Type pahat : MCLNR1616H12

Tabel 3.1

Komposisi Pahat Karbida

Ti (%)	Si (%)	Al (%)	N (%)
0,82	0,08	0,14	0,96

Sumber: Carvalho (2004)

Tabel 3.2

Sifat Mekanik Pahat Karbida

Tool	Massa jenis (g/cm ³)	Hardness (GPa)	Young's modulus (GPa)
P3	15,63	35+5	379+58

Sumber: Carvalho (2004)

4. Surface Roughness Tester

Alat yang digunakan untuk menguji kekasaran permukaan aluminium setelah dilakukan proses pembubutan menggunakan alat seperti Gambar 3.4 merupakan *Surface roughness tester*.



Gambar 3.4 Surface roughness tester

Spesifikasi:

- Merk : Mitutoyo
- Jenis : Roughness tester
- Model : SJ 210

5. *Scaning Electron Microscopy*

Gambar 3.5 merupakan *scaning electron microscopy* digunakan untuk foto mikrostruktur dari pahat karbida setelah dilakukan pembubutan.



Gambar 3.5 *Scaning electron microscopy*

Spesifikasi:

- Merk : Phenom G2 Pro
- Electron optimal *magnification range* : 80-45,000x, digital zoom: 12x (pro-x/pro)
70-15,000x, digital zoom: 12x (pure)

6. Mesin Press *Rubber Seed Oil*

Alat yang digunakan untuk penyulingan dengan cara di press dari biji pohon karet menjadi minyak *ruuber seed oil* seperti Gambar 3.6 merupakan alat mesin press *rubber seed oil*.



Gambar 3.6 Mesin press *rubber seed oil*

Spesifikasi:

- Merk : Melzer
- Type : TY20001

7. Penggaris

Gambar 3.7 merupakan penggaris berfungsi untuk mengukur panjang geram (*chip*).



Gambar 3.7 Penggaris

Bahan yang digunakan dalam penelitian:

1. Aluminium 6061

Aluminium 6061 sebagai bahan proses pembubutan yang digambarkan pada Gambar 3.8 mempunyai karakteristik komposisi sebagai ditunjukkan pada Tabel 3.3 komposisi aluminium 6061 dan 3.4 sifat mekanik dari aluminium 6061.



Gambar 3.8 Aluminium 6061

Tabel 3.3

Komposisi Aluminium 6061

Si (%)	Fe (%)	Cu (%)	Mn (%)	Mg (%)	Cr (%)	Zn (%)	Ti (%)	Al (%)
0,4-0,8	0,70	0,15-0,4	0,15	0,8-1,2	0,04-1,2	0,25	0,15	sisa

Sumber: PT Global Contromation Indonesia

Tabel 3.4

Sifat Mekanik

Paduan	Kekuatan tarik (kgf/mm ²)	Kekuatan mulur (kgf/mm ²)	Perpanjangan (%)	Kekerasan brinell
6061	24,6	14,8	28	65

Sumber: Surdia (1999;140)

2. Rubber Seed Oil

Minyak biji pohon karet atau *Rubber seed oil* sebagai bahan pelumas proses bubut digambarkan pada Gambar 3.9 sedangkan Tabel 3.5 mempunyai sifat fisik sebagai pelumas.



Gambar 3.9 Rubber seed oil

Tabel 3.5
Sifat Fisik Rubber Seed Oil

Jenis minyak	Viskositas	Viskositas	Titik nyala	Titik beku	Berat Jenis (g/cm ³)
	<i>Index</i> (mm ² /s)	100°C (mm ² /s)	°C	°C	
Minyak biji karet	182	7	295	-9	0,922

Sumber: Aravind (2015:16)

3. Virgin Coconut Oil

Minyak kelapa atau *Virgin coconut oil* sebagai bahan pelumas proses bubut digambarkan pada Gambar 3.10 sedangkan Tabel 3.6 mempunyai sifat fisik sebagai pelumas.



Gambar 3.10 Virgin coconut oil

Tabel 3.6
Sifat Fisik Virgin Coconut Oil

Jenis minyak	Viskositas	Viskositas	Titik nyala	Titik beku	Berat Jenis (g/cm ³)
	<i>Index</i> (mm ² /s)	100°C (mm ² /s)	°C	°C	
Minyak kelapa	159	6	202	22	0,925

Sumber: Aravind (2015:16)

4. *Castor Oil*Gambar 3.11 *Castor oil*Tabel 3.7
Sifat Fisik *Castor Oil*

Jenis minyak	Viskositas <i>Index</i> (mm ² /s)	Viskositas 100°C (mm ² /s)	Titik nyala °C	Titik beku °C	Berat Jenis (g/cm ³)
Minyak biji jarak	220	19,72	250	-27	0,950-0,970

Sumber: Syahir (2017:6)

5. *Sunflower Oil*

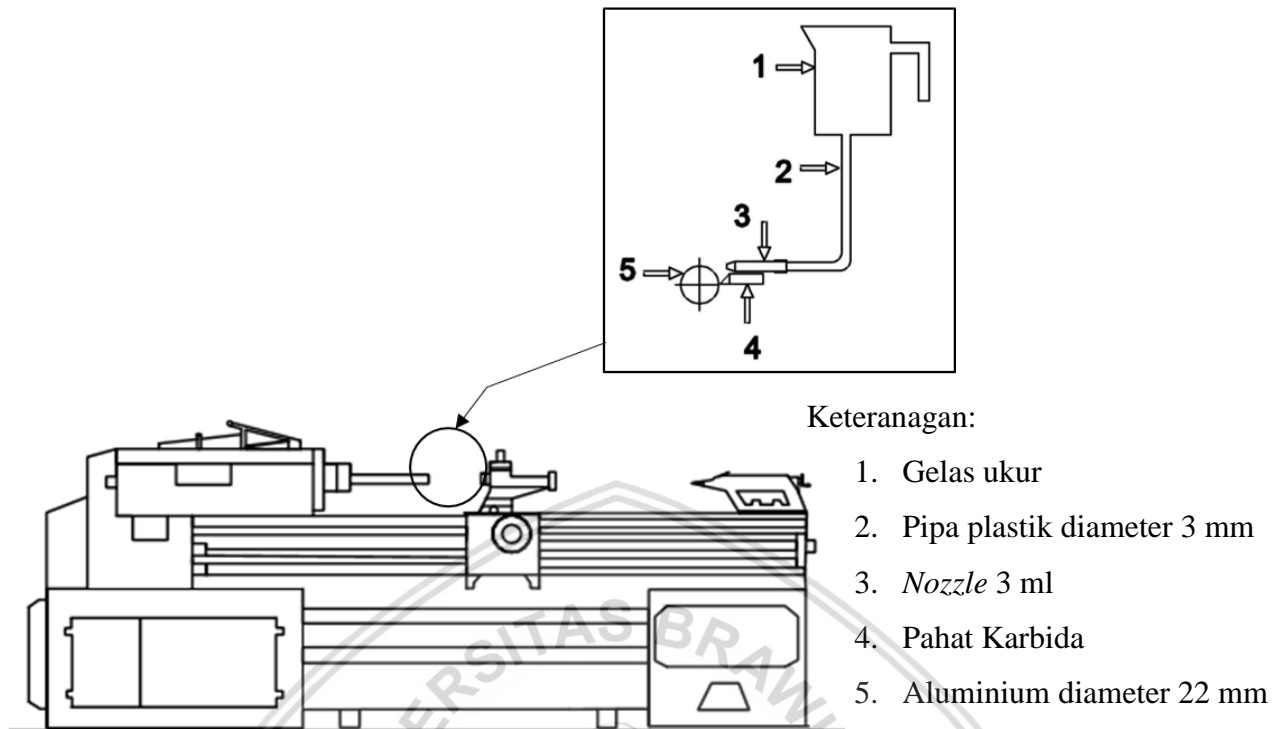
Minyak biji bunga matahari atau *sunflower oil* sebagai bahan pelumas proses bubut digambarkan pada Gambar 3.12 sedangkan Tabel 3.8 mempunyai sifat fisik sebagai pelumas.

Gambar 3.12 *Sunflower oil*Tabel 3.8
Sifat Fisik *Sunflower Oil*

Jenis minyak	Viskositas <i>Index</i> (mm ² /s)	Viskositas 100°C (mm ² /s)	Titik nyala °C	Titik beku °C	Berat Jenis (g/cm ³)
^a Minyak biji bunga matahari	176	6,1	332	-18	0,934

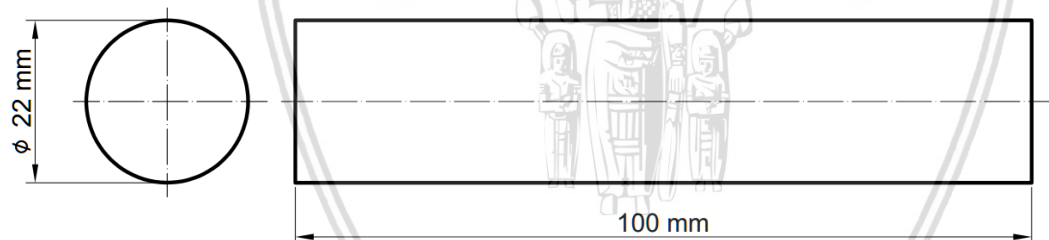
Sumber: Aravind (2015:16)

3.5 Instalasi Alat Penelitian



Gambar 3.13 Skema instalasi *drop lubrication*

3.6 Dimensi Benda Kerja



Gambar 3.14 Dimensi benda kerja

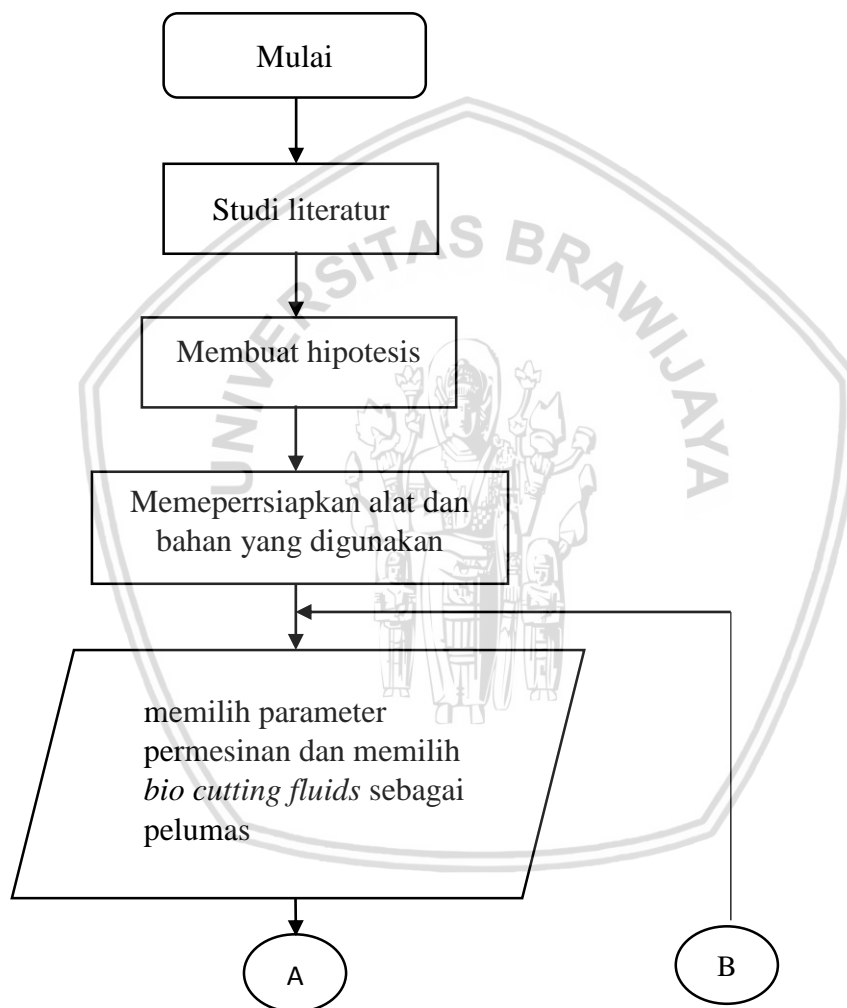
3.7 Prosedur Penelitian

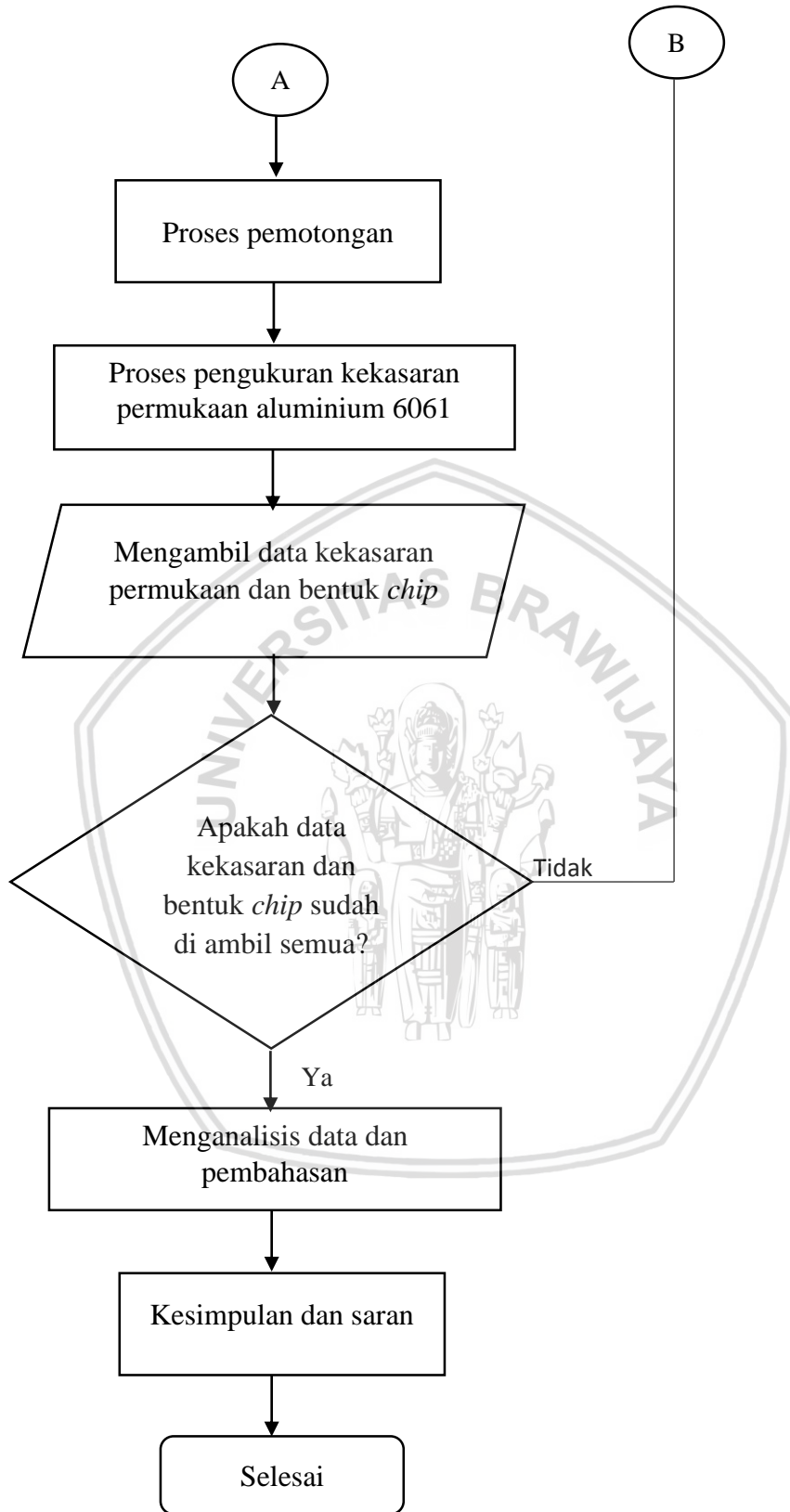
Berikut prosedur penelitian proses *bio cutting fluids*.

1. Menyiapkan *sunflower oil*, *castor oil*, *virgin coconut oil*, *rubber seed oil*.
2. Menyiapkan benda kerja aluminium 6061 dengan diameter 22 mm.
3. Meyiapkan *sunflower oil*, *castor oil*, *virgin coconut oil*, *rubber seed oil*.
4. *Setting* benda kerja spesimen aluminium 6061 pada *chuck* mesin *turning*.
5. *Setting* pahat karbida pada *tool post* mesin *turning*.
6. Mengatur letak nosel pelumas diantara mata pahat dengan alluminium 6061.
7. Memilih parameter permesinan dan jenis pelumas *bio cutting fluids*

8. Melakukan proses *turning* menggunakan *bio cutting fluids* pada aluminium 6061 dengan variabel yang telah ditentukan.
9. Melakukan foto makrostruktur tiap pahat dan mengukur panjang geram.
10. Pengambilan data kekasaran permukaan pada setiap material aluminium 6061 yang telah diproses permesinan panjang pengambilan data 2 cm, 5 cm dan 8 cm.
11. Memberikan kesimpulan berdasarkan data yang didapat.

3.8 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.15 Diagram alir penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Hasil Pengambilan Data Kekasaran Permukaan

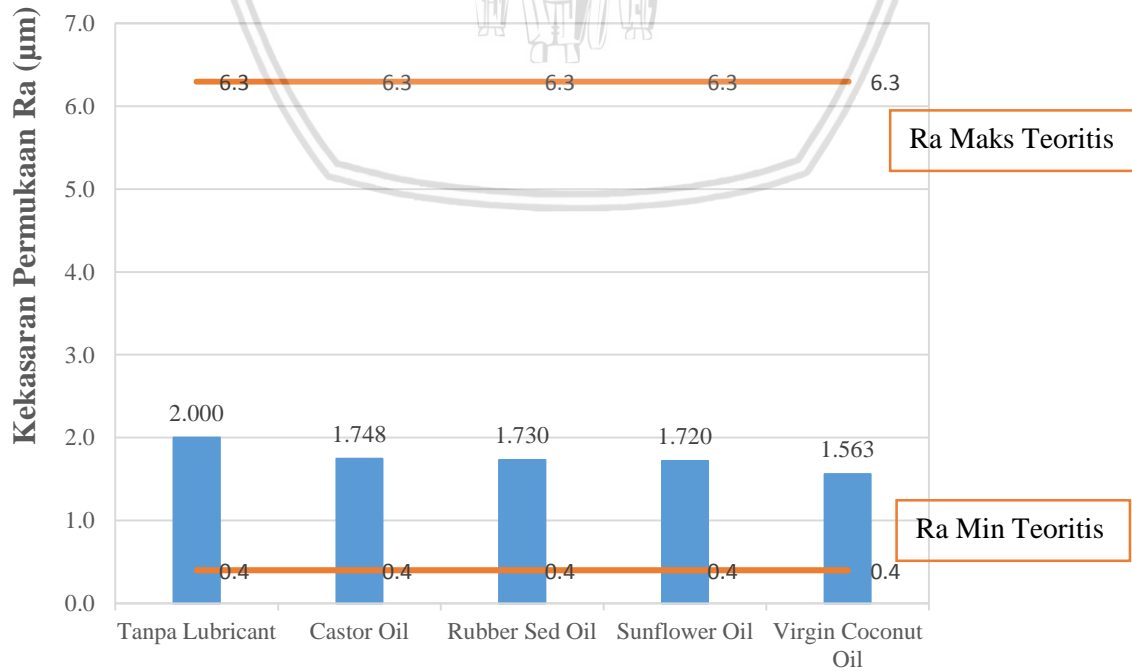
Dari hasil penelitian ini dapat diperoleh data pada penelitian menggunakan metode eksperimental yaitu melakukan pengamatan secara langsung untuk mengetahui hubungan sebab dan akibat.

Tabel 4.1
Data Hasil Kekasaran Permukaan Jenis *Bio Cutting Fluids*

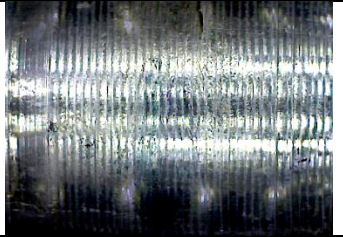
No	Jenis <i>Bio Cutting Fluids</i>	Kekasaran Permukaan Ra (μm)			Σ	Rata-rata (μm)
		1	2	3		
1	Tanpa Lubricant	2,182	1,915	1,903	6,000	2,000
2	Castor Oil	1,581	1,911	1,751	5,243	1,748
3	Rubber Sed Oil	1,592	1,941	1,656	5,189	1,730
4	Sunflower Oil	1,664	1,627	1,87	5,161	1,720
5	Virgin Coconut Oil	1,58	1,569	1,539	4,688	1,563

4.2 Pembahasan

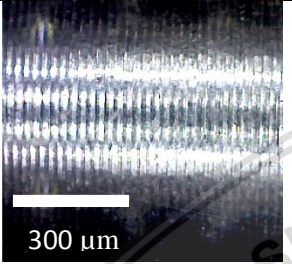



4.2.1 Hubungan Jenis *Bio Cutting Fluids* Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra)



Gambar 4.1 Hubungan jenis *bio cutting fluids* terhadap kekasaran permukaan Ra

Jenis pelumas	Kekasaran permukaan
Tanpa <i>lubricant</i>	

Gambar 4.2 Hasil kekasaran permukaan tanpa tanpa *lubricant*

Jenis pelumas	Kekasaran permukaan	Jenis pelumas	Kekasaran permukaan
<i>Lubricant castor oil</i>		<i>lubricant sunflower oil</i>	
<i>lubricant rubber sed oil</i>		<i>lubricant virgin coconut oil</i>	

Gambar 4.3 Hasil kekasaran permukaan tanpa pelumas *bio cutting fluids*

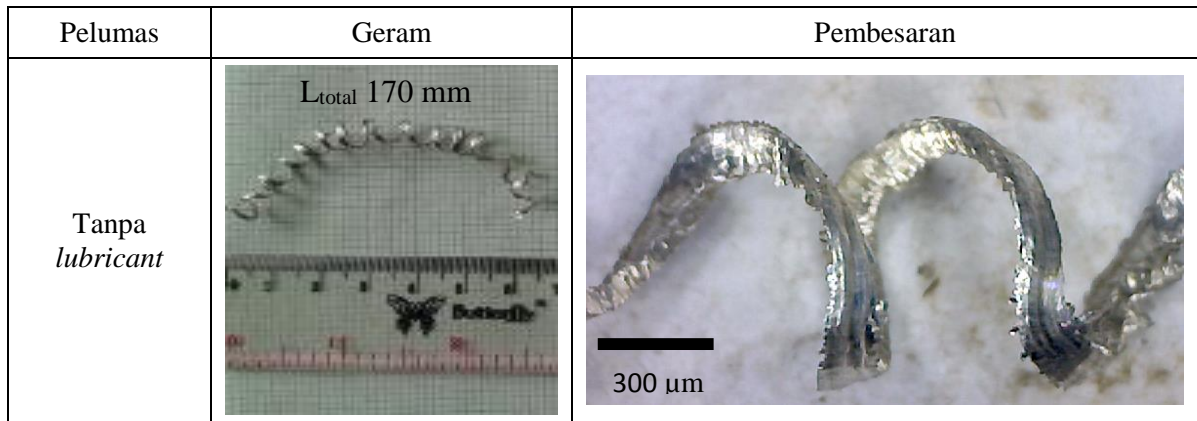
Pada Gambar 4.1 menjelaskan hubungan jenis *bio cutting fluids* terhadap hasil kekasaran permukaan aluminium 6061 yang di proses *turning* menggunakan metode tetesan sedangkan Gambar 4.2 hasil kekasaran permukaan tanpa tanpa *lubricant* dan Gambar 4.3 hasil kekasaran permukaan tanpa pelumas *bio cutting fluids*. Dalam proses *turning* dengan memvariasikan pelumas *bio cutting fluids* jenis *castor oil* dengan Ra 1.7297 µm, *rubber sed oil* dengan Ra 1.7203 µm, *sunflower oil* dengan Ra 1.5627 µm, *virgin coconut oil* dengan Ra 1.0843µm dibandingkan tanpa *lubricant* dengan Ra 2 µm, didapatkan hasil nilai kekasaran permukaan yang semakin menurun dengan semakin kecil nilai viskositasnya dan jenis *bio cutting fluids* jenis *virgin coconut oil* memiliki kekasaran lebih bagus dibandingkan dengan tanpa *lubricant*. Hal ini dikarenakan nilai viskositas *virgin coconut oil* sangat kecil sehingga laju aliran mampu bekerja secara sempurna untuk melumasi area bidang kontak.

Hasil dari pelumasan jenis *bio cutting fluids* dan tanpa menggunakan pelumas (*lubricant*) sudah memasuki range kekasaran permukaan dari mesin bubut konvensional. Pada pelumasan dengan metode tetes menunjukkan keunggulan nilai kekasaran permukaan dibanding tanpa menggunakan pelumas. Dikarenakan pelumas jenis *bio cutting fluids* mampu sebagai pendinginan serta melumasi pada area bidang kontak antara pahat dan benda kerja serta pahat mampu bekerja secara sempurna saat proses pembubutan, sehingga kekasaran permukaan yang dihasilkan juga akan lebih baik atau permukaan benda kerja semakin halus. Dan sebaliknya tanpa menggunakan pelumas menghasilkan Ra terbesar dibandingkan dengan metode tetes. Hal ini disebabkan karena tidak adanya pelumas ataupun pendinginan pada area bidang kontak antara pahat dan benda kerja. Gesekan yang terjadi menyebabkan timbul panas yang mengakibatkan kerusakan pada pahat sehingga mengakibatkan kekasaran permukaan yang tinggi.

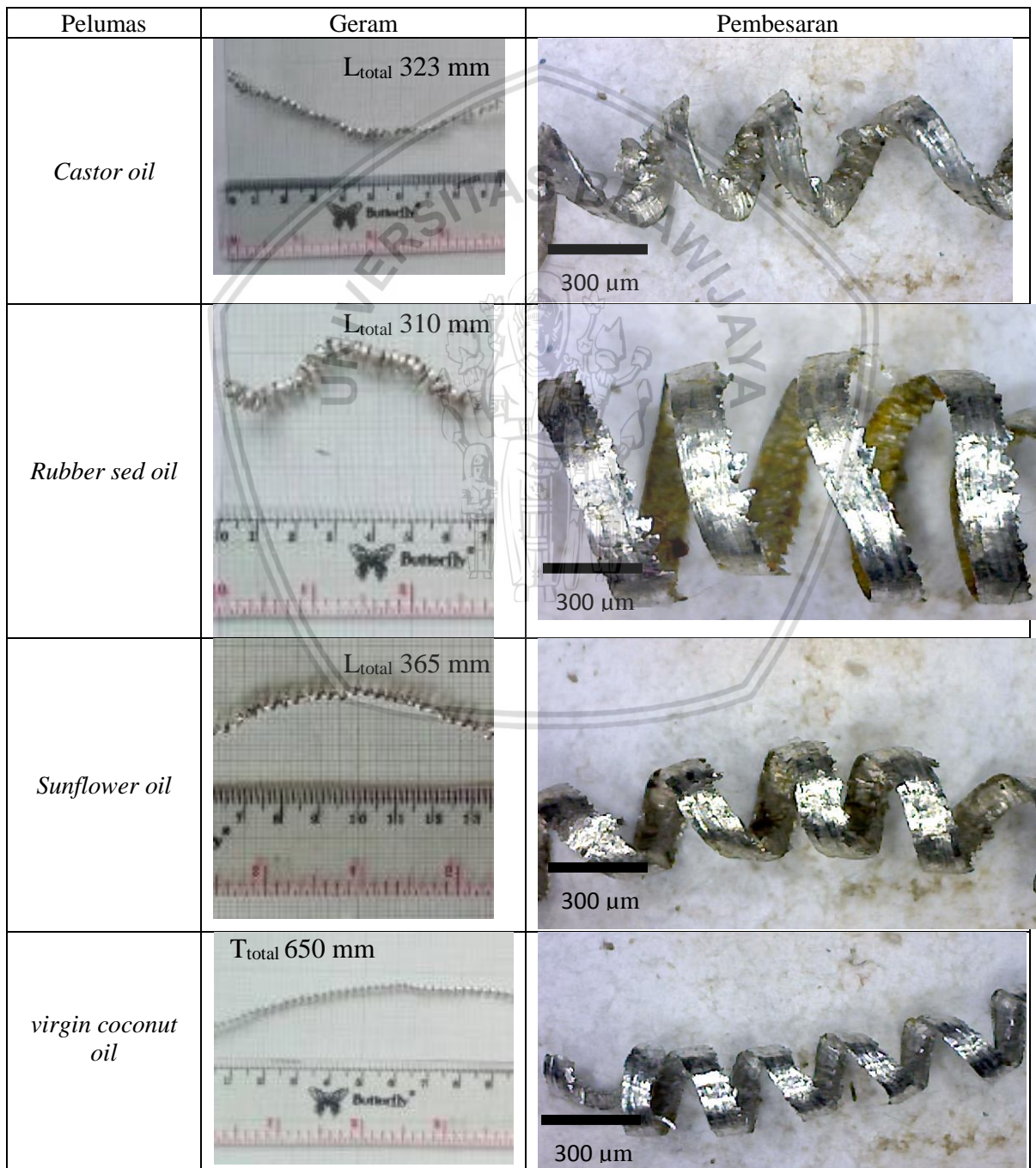
4.2.2 Hasil Bentuk Geram Jenis *Bio Cutting Fluids*

Geram yang dihasilkan dari proses proses permesinan untuk aluminium dengan laju aliran 192 ml/jam menggunakan pelumas jenis *bio cutting fluids* dan tanpa menggunakan *lubricant*. Pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 tersebut dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya viskositas maka perubahan pada bentuk geram akan lebih rata dan cenderung kontinu. Pada *bio cutting fluids* jenis *virgin coconut oil* dengan viskositas yang kecil akan menghasilkan geram kontinu panjang 650 mm dibandingkan dengan yang lainnya. Namun pada *bio cutting fluids* jenis *Castor oil*, *rubber seed oil* dan *sunflower oil* akan mengalami perubahan bentuk geram. Hingga tanpa menggunakan pelumas, bentuk geram yang dihasilkan kurang sempurna yang menghasilkan geram bersegmen dengan panjang geram 170 mm.

Hal ini dikarenakan panas yang dihasilkan dari gaya gesek antara geram dan mendapat tekanan akan timbul tegangan (*stress*) di daerah sekitar konsentrasi gaya penekanan dari pahat dan pada salah satu arah akan terjadi tegangan geser (*shear stress*) yang maksimum. Apabila tegangan geser ini melebihi kekuatan logam yang bersangkutan maka akan terjadi deformasi plastis (perubahan bentuk) yang menggeser dan memutus material geram di ujung pahat. Seperti bentuk geram tanpa *lubricant* pada Gambar 4.5.



Gambar 4.4 Bentuk geram tanpa lubricant



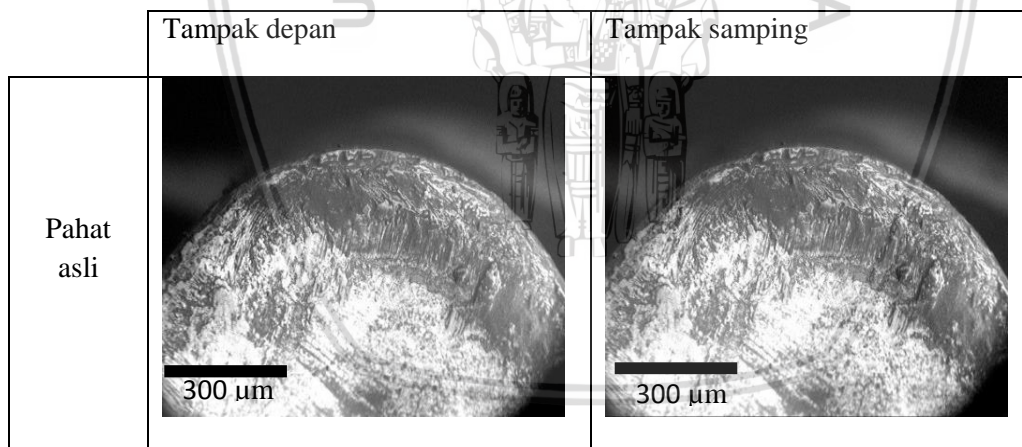
Gambar 4.5 Bentuk geram menggunakan pelumas bio cutting fluids

4.2.3 Keausan Pahat pada Jenis *Bio Cutting Fluids*

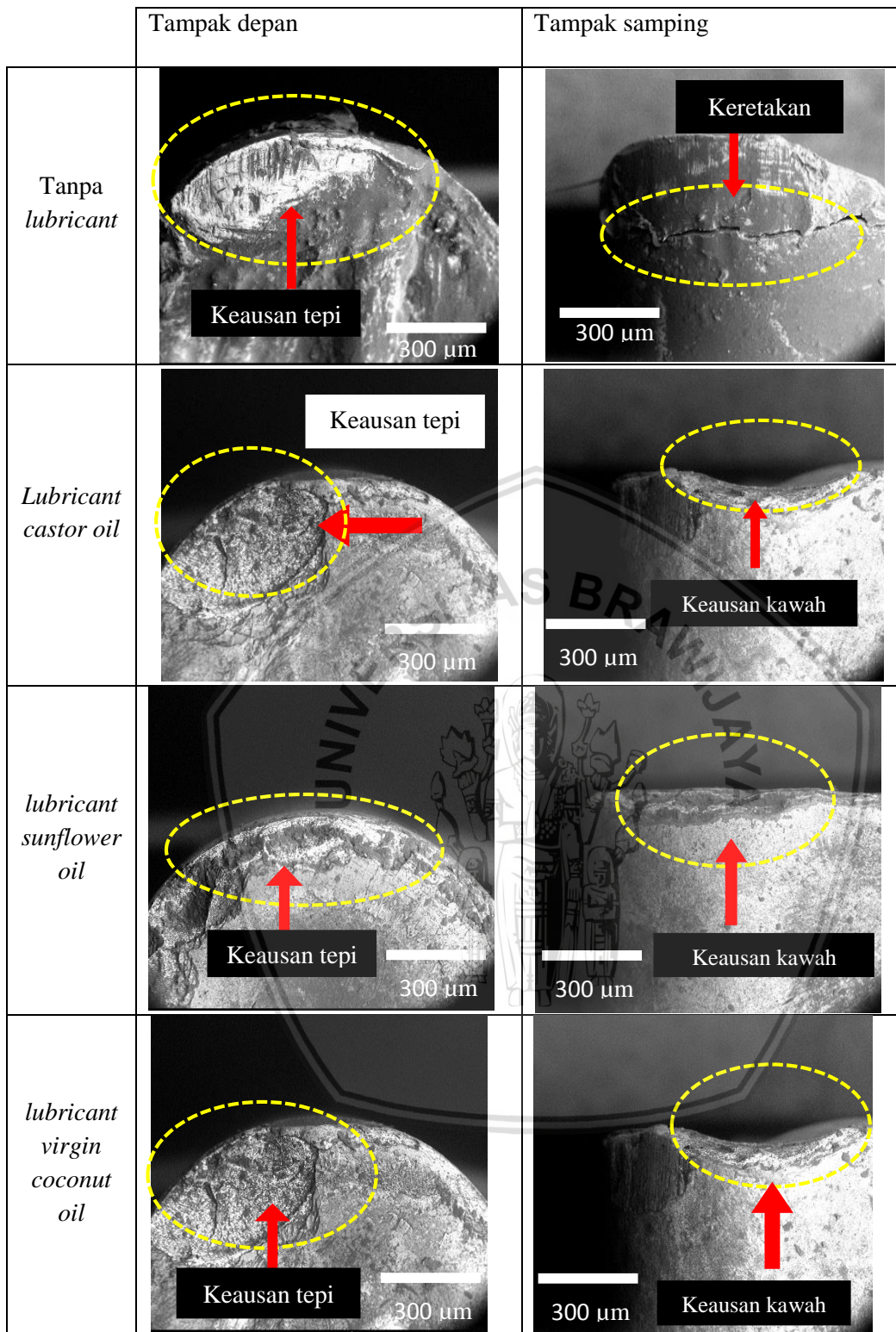
Tabel 4.2
Volume Pahat

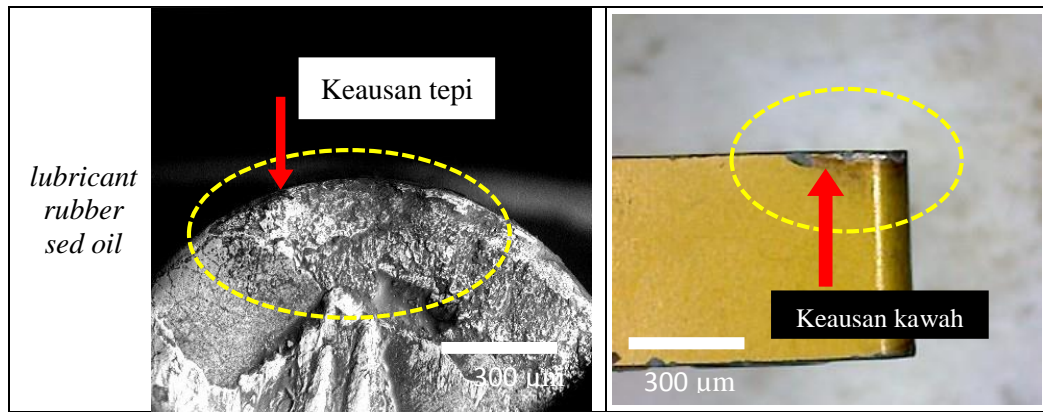
Jenis <i>Bio Cutting Fluids</i>	Volume Awal (V_0) cm^3	Volume Akhir (V_1) cm^3	Pengurangan Volume Pahat ($\Delta V = V_0 - V_1$) cm^3
<i>Castor Oil</i>	6,12009	6,05726	0,062828
<i>Rubber Sed Oil</i>	6,29821	6,25061	0,047601
<i>Sunflower Oil</i>	6,24786	6,21017	0,037684
<i>Virgin Coconut Oil</i>	6,05074	6,01631	0,034421
<i>Tanpa Lubricant</i>	6,2778	6,10691	0,170889

Pada Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa semakin tinggi viskositas akan mempengaruhi keausan pahat saat proses *turning*, ketika menggunakan pelumas *bio cutting fluids* hingga tanpa menggunakan *lubricant*. Bahwa tanpa menggunakan *lubricant* keausan pahat lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan *lubricant*. Keausan tersebut timbul karena tidak terjadi pelumasan pada area bidang kontak sehingga timbul panas selama proses pemakanan aluminium yang mengakibatkan kekasaran permukaan lebih tinggi. Apabila dilihat dari mikrostruktur setelah proses *turning* seperti Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Pahat sebelum proses *turning*





Gambar 4.7 Pahat setelah dilakukan proses *turning*

Dengan Gambar 4.6 foto mikrostuktur pahat karbida sebelum proses permesinan menggunakan mesin *turning* menghasilkan keausan pahat. Keausan pahat diakibatkan karena gesekan antara pahat dan aluminium. Keausan pahat pada Gambar 4.7 tanpa menggunakan pelumas mengalami keausan kawah dan retak menjalar dengan bertambahnya waktu yang digunakan untuk memotong aluminium 6061. Hal ini disebabkan karena tidak adanya pelumasan ataupun pendinginan pada area bidang kontak antara pahat dan bidang kontak. Gesekan yang terjadi menyebabkan menimbulkan panas yang memicu terjadinya keausan. Sehingga keausan dapat menyebabkan kerusakan pada pahat yang mengakibatkan pada kasarnya permukaan benda kerja.

Sedangkan keausan pahat pada Gambar 4.7 menggunakan metode tetesan dengan pelumas *bio cutting fluid* jenis *castor oil* (minyak jarak) mengalami keausan sebesar $0,062828 \text{ cm}^3$ relatif kecil dibandingkan tanpa menggunakan *lubricant* sebesar $0,170889 \text{ cm}^3$. Dikarenakan *lubricant* mampu melumasi bidang area kontak antara mata pahat dengan aluminium 6061 dan mampu menghilangkan geram pada area bidang kontak yang menyebabkan keausan pahat akan mengecil sehingga nilai kekasaran permukaan cenderung lebih rendah.

Teknik *drop lubrication* (pelumas tetesan) dapat memperpanjang umur pahat dibandingkan tanpa menggunakan *lubrication* karena proses lubrikasinya menyebabkan berkurangnya gesekan pada bidang kontak antara pahat dengan benda kerja. Semakin kecil gesekan maka semakin kecil laju pemanasan pahat hal ini akan membantu berkurangnya keausan serta kemampuan untuk kekerasan pahat,

Keausan pahat dengan menggunakan pelumas *bio cutting fluids* mengalami keausan yang berbeda-beda, keausan dominan terjadi pada sisi tepi dan kawah pahat. Adapun keausan pahat yang baik yaitu menggunakan pelumas *Virgin Coconut Oil* (minyak kelapa) dengan keausan pahat sebesar $0,034421 \text{ cm}^3$, semakin rendah nilai viskositas maka

kemampuan untuk melumasi area bidang kontak akan lebih baik sehingga mampu untuk menurunkan panas pada bidang kontak. Dibandingkan dengan pelumas *bio cutting fluids* jenis *Sunflower Oil*, *Rubber Sed Oil*, *Castor Oil*. Pelumas *Virgin Coconut Oil* memiliki keausan yang rendah sehingga mampu untuk meningkatkan kualitas permukaan aluminium 6061 yang lebih baik.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian pada pembahasan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan terhadap pengaruh pelumas jenis *bio cutting fluids* dengan menggunakan metode tetesan pada mesin *turning* terhadap adalah:

1. Pelumasan *bio cutting fluids* menggunakan metode tetesan dan tanpa *lubricant* mempengaruhi kekasaran permukaan hasil proses *turning*, dimana pelumasan menggunakan metode tetesan memberikan hasil yang lebih bagus dengan jenis *virgin coconut oil* sebesar 1.563 μm sedangkan tanpa menggunakan *lubricant* sebesar 2 μm .
2. Teknik metode tetesan dengan pelumas jenis *castor oil* menghasilkan keausan lebih rendah dibanding dengan tanpa *lubricant*. Dimana kemampuan untuk melumasi area bidang kontak antara pahat karbida dengan aluminium akan menimbulkan panas yang tinggi, sehingga metode tetesan untuk mengurangi keausan cukup baik dan bentuk geram yang dihasilkan dari metode tetesan menggunakan pelumas *virgin coconut oil* dengan bentuk geram yang *continous*.

5.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai *bio cutting fluids* karena masih banyak jenis minyak *natural oil* yang dapat digunakan dan mudah ditemukan di wilayah tropis.
2. Perlu ditambahkan variabel penelitian lain seperti ketahanan korosi terhadap aluminium menggunakan *bio cutting fluids*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aravind, Amith. 2015. *Lubricant properties of biodegradable rubber tree seed (Hevea brasiliensis Muell. Arg) oil*. India: Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Calicut, Kerala 673601.
- Beumer, B.J.M. 1976. Ilmu Bahan Logam. Jakarta: Bahratara Karaya Aksara.
- Buana, Fajar. 2010. Analisa Pembentukan Geram Pada Proses Pembubutan Baja Aisi 4340. Medan: Sekolah Tinggi Teknik Harapan.
- CNMIA. 2018. China Nonferrous Metals Industri Association. China; CNMIA
- Dhar, Ranjan Nikhil. 2005. *Effect of Minimum Quantity Lubricant (MQL) On Tool Wear, Surface Roughtness and Dimension Deviation in Turning AISI-4340 Steel*. *Journal of Science*. 20(2) 23-32.
- Darmanto. 2014. Analisis Keausan Alumunium Menggunakan *Tribotester Pin-On-Disc* dengan Variasi Kondisi Pelumas. Semarang. UWH. Hal. 19-23.
- Gajrani, Kishor Kumar. & Sankar, M. Ravi Sankar. 2017. *Past and Current Status of Eco-Friendly Vegetable Oil Based Metal Cutting Fluids*. *Materials: Proceedings 4 (2017)* 3786–3795: Department of Mechanical Engineering, IIT Guwahati, Guwahati, Assam.
- Grover, M. P. 2013. *Fundamental of modern manufacturing*. New jersey: precici Hall.
- Kalpakjian, Serope. 2009. *Manufacturing Processes for Engineering Materials*. Boston: Addison-Wesley.
- Khan, M.M.A. 2009. *Effects of minimum quantity lubrication on turning AISI 9310 alloy steel using vegetable oil-based cutting fluid*. *Journal of Materials Processing Technology*. 209: 5573–5583.
- Kumar Kishor Gajrani. (2016). *Past and Current Status of Eco-Friendly Vegetable Oil Based Metal Cutting Fluids*. Department of Mechanical Engineering, IIT Guwahati, Guwahati.
- Panchal, Tirth M. (2016). *A methodological review on bio-lubricants from vegetable oil based resources*. India: Department of Industrial Chemistry, Institute of Science and Technology for Advanced Studies and Research, Vallabh Vidhyanagar, Gujarat 388120.
- Park, Kyung-Hee. (2018). *A study on droplets and their distribution for minimum quantity lubricant (MQL)*. Division of Mechanical Engineering, Pukyong National University, Pusan, Republic of Korea.
- Rochim, Taufiq. 2001. *Spesifikasi, metrologi, dan kontrol kualitas numerik*. Bandung: ITB.
- Rochim, Taufiq. 1985. *Teori & Proses permesinan*. Bagian Pertama, Bandung: Penerbit ITB.
- Rochim, Taufiq. 1993. *Teori & Proses permesinan*. Bagian Kedua, Bandung: Penerbit ITB.
- Sudji, Munadi. 1980. *Dasar-Dasar Metrologi Industri*. Jakarta: Proyek pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.

Sujatno, Agus. (2015). *Studi Scanning Electron Microscopy (Sem) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium*. Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju, PSTBM-BATAN.

Surdia, Tata. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramit

Syahir, A.Z. 2017. *A review on bio-based lubricants and their applications*. Malaysia: Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Malaya, 50603 Lembah Pantai, Kuala Lumpur.

Widarto. 2008. *Teknik Permesinan Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.

