

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK KUALITAS PEMBUBUTAN ORTHOGONAL
ALUMINIUM 6061 PADA KECEPATAN POTONG TINGGI DENGAN
MENGUNAKAN PAHAT KARBIDA**

Disusun dan diajukan oleh:

**GILLIANT RHONIE LILINGAN
D021 18 1334**



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK KUALITAS PEMBUBUTAN ORTHOGONAL
ALUMINIUM 6061 PADA KECEPATAN POTONG TINGGI DENGAN
MENGUNAKAN PAHAT KARBIDA**

DISUSUN DAN DIAJUKAN OLEH:

GILLIANT RHONIE LILINGAN

D021 18 1334

**Merupakan Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik**

Universitas Hasanuddin

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**KARAKTERISTIK KUALITAS PEMBUBUTAN
ORTHOGONAL ALUMINIUM 6061 PADA KECEPATAN
POTONG TINGGI DENGAN MENGGUNAKAN PAHAT
KARBIDA**

Disusun dan diajukan oleh

**GILLIANT RHONIE LILINGAN
NIM. D021181334**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

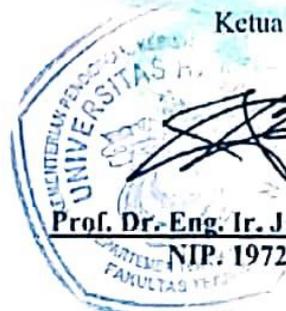

Dr. Ir. H. Ahmad Yusran Aminy, M.T.
NIP. 19580921 1986 03 1003

Pembimbing Pendamping


Ir. Azwar Hayat, S.T., M.Sc. Ph.D
NIP. 19840126 201212 1 002

Ketua Program Studi,


Prof. Dr. Eng. Ir. Jalaluddin Haddada, S.T., M.T.
NIP. 19720825 200003 1 001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Gilliant Rhonie Lilingan
NIM : D021181334
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

**Karakteristik Kualitas Pembubutan Aluminium 6061 pada Kecepatan Potong
Tinggi dengan Menggunakan Pahat Karbida**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 8 juli 2023

Menyatakan



Gilliant Rhonie Lilingan

**KARAKTERISTIK KUALITAS PEMBUBUTAN ORTHOGONAL
ALUMINIUM 6061 PADA KECEPATAN POTONG TINGGI DENGAN
MENGUNAKAN PAHAT KARBIDA**

Nama : GILLIANT RHONIE LILINGAN
Nim : D021 18 1334
Pembimbing I : Dr. Ir. AHMAD YUSRAN AMINY. M.T.
Pembimbing II : Ir. AZWAR HAYAT, S.T., M.Sc. Ph.D

ABSTRAK

Dalam dunia industri, mesin-mesin perkakas sangat berperan dalam mendukung berhasilnya suatu proses produksi karena tiap bengkel mesin konstruksi dan bengkel-bengkel pengerjaan logam, pada umumnya mesin-mesin ini banyak digunakan dalam pembuatan atau perbaikan komponen tertentu dalam suatu mesin. Proses pemesinan (*machining*) adalah proses pembuangan atau pengambilan material dalam bentuk potongan – potongan kecil (*chip*), yang tidak diinginkan dari suatu bahan material (*workpiece*) untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan sesuai dengan desain yang telah ditentukan sebelumnya. Aluminium ialah unsur kimia. Lambang aluminium ialah Al, dan nomor atomnya 13. Aluminium ialah logam paling berlimpah. Aluminium Salah satu dari sekian banyak jenis aluminium adalah aluminium 6061 yang tergolong dalam merupakan jenis logam berat, tetapi merupakan elemen yang berjumlah sekitar 8% dari permukaan bumi dan paling berlimpah ketiga. Kekasaran permukaan adalah bagian dari permukaan akhir (*tekstur permukaan*) yang bisa didefinisikan sebagai tanda yang ditinggalkan oleh tindakan dari proses produksi yang digunakan, seperti operasi balik. Faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan adalah parameter proses yang akan digunakan dalam proses penelitian. Tujuan penelitian ini adalah untuk (1) Untuk mengathui *Feed*, Kecepatan Potong, dan *Depth Of cut* yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan material aluminium 6061 (2). Bagaimana kontribusi yang dihasilkan oleh variabel pembubutan terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan material aluminium 6061 berdasarkan motode taguchi. Dari hasil analisis didapatkan Berdasarkan metode taguchi variabel yang paling berpengaruh pada proses pembubutan tersusun sebagai berikut: Gerak

makan (feed) dengan persen kontribusi sebesar 79,63%, kedalaman potong (a) dengan persen kontribusi sebesar 14,73% dan kecepatan potong dengan persen kontribusi sebesar 5,16%. Pembubutan yang paling optimal dihasilkan pada parameter bubut dengan gerak makan (feed) 0,05 mm/put, kecepatan potong 119,634 m/menit dan kedalaman potong (a) 0,5 mm dengan nilai kekasaran permukaan 0,2635 μm .

Kata Kunci: Proses Permesinan, Mesin Bubut, Aluminium 6061, Kekasaran Permukaan

**KARAKTERISTIK KUALITAS PEMBUBUTAN ORTHOGONAL
ALUMINIUM 6061 PADA KECEPATAN POTONG TINGGI DENGAN
MENGUNAKAN PAHAT KARBIDA**

Nama : GILLIANT RHONIE LILINGAN
Nim : D021 18 1334
Pembimbing I : Dr. Ir. AHMAD YUSRAN AMINY. M.T.
Pembimbing II : Ir. AZWAR HAYAT, S.T., M.Sc. Ph.D

ABSTRACT

In the industrial world, machine tools play an important role in supporting the success of a production process because every construction machinery workshop and metalworking workshop, in general, these machines are widely used in the manufacture or repair of certain components in a machine. The machining process is the process of removing or taking material in the form of small pieces (chips), which are not wanted from a material (workpiece) to get the desired shape according to a predetermined design. Aluminum is a chemical element. The symbol for aluminum is Al, and its atomic number is 13. Aluminum is the most abundant metal. Aluminum One of the many types of aluminum is aluminum 6061 which is classified as a type of heavy metal, but is an element that amounts to about 8% of the earth's surface and is the third most abundant. Surface roughness is that part of the surface finish (surface texture) which can be defined as the mark left by the actions of the production process used, such as turning operations. Factors that affect surface roughness are process parameters that will be used in the research process. The aims of this study were (1) to find out the Feed, Cutting Speed, and Depth of cut which have the most effect on the surface roughness of the machining results of aluminum 6061 material (2). How is the contribution generated by the turning variable to the surface roughness of the machining results of aluminum 6061 based on the taguchi method. From the analysis results obtained based on the taguchi method the variables that have the most influence on the turning process are arranged as follows: Feed motion with a percent contribution of 79.63%, depth of cut (a) with a percent contribution of 14.73% and cutting speed with a percent contribution of 5.16%. The most optimal turning is produced on lathe parameters

with a feed of 0.05 mm/put, cutting speed of 119.634 m/min and depth of cut (a) 0.5 mm with a surface roughness value of 0.2635 μm .

Keywords: Machining Process, Lathe, Aluminum 6061, Surface Roughness

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat serta kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang mengambil judul: “Karakteristik Kualitas Pembubutan Orthogonal Aluminium 6061 Pada Kecepatan Potong Tinggi Dengan Menggunakan Pahat Karbida”. Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) bagi mahasiswa program S-1 di program studi Jurusan Mesin Prodi Teknik Mesin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Terselesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku rektor Universitas Hasanuddin;
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin;
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Jalaluddin, S.T, M.T. selaku Ketua Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Muhammad Syahid, S.T, M.T. selaku Sekertaris Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Dr. Ir. Ahmad Yusran Aminy, M.T. selaku Dosen Pembimbing pertama, yang telah memberikan kritik dan saran serta bimbingan maupun arahan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Ir. Azwar Hayat, S.T., M.Sc. Ph.D selaku Dosen Pembimbing kedua, yang telah memberikan kritik dan saran serta bimbingan maupun masukan selama penyusunan tugas akhir ini.

7. Bapak Marthen dan Kak Minhajul selaku Plp Laboratorium Teknologi Mekanik Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Bapak dan Ibu Dosen dan serta staff Civitas Akademika Fakultas Teknik Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu Penulis dalam mengurus dan memudahkan perjalanan berkas Penulis menuju Rektorat.
9. Kepada Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, S.T., M.T. selaku Dosen yang membantu Penulis dalam pengujian kekasaran hasil pembubutan spesimen.
10. Kepada saudara(i) seperjuangan REACTOR'18 yang selalu ada dalam suka maupun duka. Khususnya kepada saudara Angga Asteriasti Aji, Rizal Hadi, Ikhsan Biring, Fatur, serta teman-teman lain yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu.
11. Teristimewa kepada Orang Tua, Keluarga dan terkhusus kepada Saudara Penulis yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moral, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
12. Kepada Teman Penulis yang selalu menjadi Support System bagi penulis, KALINGGA, ANDRI, AKRAM, dan GARY teman seperjuangan Penulis yang membantu penulis sampai di Tugas Akhir.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan.

Gowa,....., Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Rumusan Masalah	3
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Permesinan	5
2.2. Mesin Bubut	8
2.3. Bagian-bagian Mesin Bubut.....	10
2.3.1 Kepala tetap (<i>Headstock</i>).....	10
2.3.2 Meja Mesin (<i>Bed</i>).....	10
2.3.3 Eretan (<i>Carriage</i>).....	10
2.3.4 Kepala lepas (<i>Tail stock</i>).....	11
2.3.5 Penjepit pahat (<i>Toolpost</i>)	11
2.3.6 Pencekam (<i>Chuck</i>)	11
2.3.7 Kran pendingin.....	11
2.4. Variabel Permesinan.....	11
2.5. Pahat Bubut	14
2.6. Pahat Karbida	16
2.7. Aluminium 6061.....	17
2.8 Kekasaran Permukaan	18

2.9.	Metode <i>Taguchi</i>	20
2.9.1	Tahap Perencanaan	20
2.9.2	Tahap Pelaksanaan.....	23
2.9.3	Tahap Analisis.....	23
2.9.4	Rasio S/N	25
2.10.	Minitab	26
2.11.	Optimasi Geometri Pahat	27
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		31
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	31
3.3	Metode Penelitian.....	35
3.4	Variabel Penelitian	35
3.4.1	Variabel Bebas	35
3.4.2	Variabel Terikat	35
3.5	Pelaksanaan Penelitian	36
3.5.1	Prosedur Proses Bubut	36
3.5.2	Pengujian kekasaran permukaan benda kerja	36
3.5.3	Pengambilan Data	37
3.5.4	Flowchart Penelitian.....	38
3.6	Rencana Jadwal Penelitian	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		40
4.1	Proses Pembubutan.....	40
4.2	Menganalisis Kecepatan Potong Dari Masing-masing Putaran Spindel	41
4.3	Pengambilan Data kekasaran Dari Masing-masing Spesimen	42
4.4	Menganalisis Hubungan Antara <i>Feed</i> Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra) Akibat <i>Depth Of Cut</i>	45
4.5	Menganalisis Hubungan Antara <i>Depth Of Cut</i> Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra) Akibat Kecepatan Potong.....	47
4.6	Menganalisis Variabel Permesinan terhadap Kekasaran Permukaan.....	50
4.7	Menganalisis Variabel Paling Berpengaruh Terhadap kekasaran permukaan Hasil Pembubutan Dengan Metode <i>Taguchi</i>	55

4.8	<i>Analisis Of Varians (ANOVA)</i>	59
BAB 5 PENUTUP.....		61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN 1. Tabel Distribusi.....		64
LAMPIRAN 2. Dokumentasi Kegiatan.....		66
LAMPIRAN 3. Data Hasil Penelitian.....		68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Komponen Mesin Bubut.....	8
Gambar 2.2	: Gerakan Pada Proses Pembubutan.....	9
Gambar 2.3	: Panjang permukaan benda kerja.....	12
Gambar 2.4	: Gerak makan (f) dan kedalaman pemotongan (h).....	12
Gambar 2.5	: Parameter Kekasaran Permukaan.....	19
Gambar 2.6	: Variasi Sudut Potong Utama Kr.....	30
Gambar 3.1	: Mesin Bubut.....	31
Gambar 3.2	: Kunci <i>Chuck</i>	32
Gambar 3.3	: Kunci T	32
Gambar 3.4	: Jangka sorong.....	32
Gambar 3.5	: Kuas	33
Gambar 3.6	: Gurinda.....	33
Gambar 3.7	: Holder	34
Gambar 3.8	: Pahat Sisipan Karbida	34
Gambar 3.9	: Aluminium 6061.....	34
Gambar 3.10	: Alat Metalografi.....	35
Gambar 3.11	: Flowchart penelitian.....	38
Gambar 4.1	: Hasil Proses Pembubutan.....	40
Gambar 4.2	: Lokasi titik pengambilan sampel kekasaran	42
Gambar 4.3	: Hubungan Antara <i>Feed</i> Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra) Akibat <i>Depth of Cut</i> pada Kecepatan potong 59,817 m/menit	45
Gambar 4.4	: Hubungan Antara <i>Feed</i> Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra) Akibat <i>Depth of Cut</i> pada Kecepatan potong 79,756 m/menit	45
Gambar 4.5	: Hubungan Antara <i>Feed</i> Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra) Akibat <i>Depth of Cut</i> pada Kecepatan potong 99,695 m/menit	46

Gambar 4.6	: Hubungan Antara <i>Feed</i> Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra) Akibat <i>Depth of Cut</i> pada Kecepatan potong 119,634 m/menit	46
Gambar 4.7	: Hubungan Antara <i>Depth Of Cut</i> Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra) Akibat Kecepatan potong pada <i>Feed</i> 0,05 mm/putaran	47
Gambar 4.8	: Hubungan Antara <i>Depth Of Cut</i> Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra) Akibat Kecepatan potong pada <i>Feed</i> 0,24 mm/putaran	48
Gambar 4.9	: Hubungan Antara <i>Depth Of Cut</i> Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra) Akibat Kecepatan potong pada <i>Feed</i> 0,30 mm/putaran	48
Gambar 4.10	: Hubungan Antara <i>Depth Of Cut</i> Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra) Akibat Kecepatan potong pada <i>Feed</i> 0,42 mm/putaran.....	49
Gambar 4.11	: Grafik Plot Rata-rata Untuk S/N Ratios Nilai kekasaran permukaan (<i>smaller is better</i>) Menggunakan Aplikasi Minitab 19.....	58
Gambar 4.12	; Grafik Plot Rata-rata Untuk Nilai Kekasaran permukaan (<i>smaller is better</i>) Menggunakan Aplikasi Minitab 19.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	: Kecepatan Potong pada material.....	14
Tabel 2.2	: Spesifikasi Aluminium 6061	17
Tabel 2.3	: Proses Pengerjaan untuk Kekasaran Permukaan	19
Tabel 2.4	: Matriks Ortogonal.....	23
Tabel 2.5	: Tabel Analisis Variansi (ANOVA)	24
Tabel 4.1	: Variasi Parameter Permesinan Pada Pembubutan Spesimen....	40
Tabel 4.2	: Variabel permesinan pembubutan spesimen	43
Tabel 4.3	: Hasil perhitungan persentase kenaikan kekasaran akibat <i>feed</i> .	52
Tabel 4.4	: Hasil perhitungan persentase kenaikan kekasaran akibat <i>Depth of cut</i>	54
Tabel 4.5	: Hasil perhitungan persentase kenaikan kekasaran akibat kecepatan potong	55
Tabel 4.6	: Variabel Bebas Penelitian.....	56
Tabel 4.7	: <i>Design Of Experiment</i> (DOE) Matriks Ortogonal Array Minitab 19	56
Tabel 4.8	: Hasil Perhitungan Rasio S/N (<i>Signal To Noise Rasio</i>)	57
Tabel 4.9	: <i>Response Table for Signal to Noise Ratios</i> Menggunakan Minitab 19	58
Tabel 4.10	: <i>Response Table for Means</i> Menggunakan Minitab 19	58
Tabel 4.11	: <i>Factor Information</i>	60
Tabel 4.12	: <i>Analysis of Variance</i>	60

DAFTAR SIMBOL

a	: Kedalaman Pemakanan
f	: Gerak Makan
n	: Kecepatan Spindel
DF	: Derajat Bebas
Adj SS	: Jumlah Kuadrat
Adj MS	: Kuadrat Rata-rata
F-Value	: f Hitung

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	:	Tabel Distribusi Ftabel untuk Probabilitas = 0,05	64
LAMPIRAN 2	:	Memotong benda kerja.....	66
LAMPIRAN 3	:	Memasang Benda Kerja pada <i>Chuck</i>	66
LAMPIRAN 4	:	Memasang Pahat pada <i>Toolspot</i>	66
LAMPIRAN 5	:	Melakukan <i>Centerdrill</i> pada Pahat	67
LAMPIRAN 6	:	Melakukan <i>Setting</i> Parameter Pembubutan	67
LAMPIRAN 7	:	Gambar Hasil Pembubutan Spesimen	67
LAMPIRAN 8	:	Pengambilan Data Kekasaran Permukaan pada Mikroskop Metalografi	68
LAMPIRAN 9	:	Tabel Data Kekasaran Permukaan.....	68

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Zaman sekarang ini, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dianggap sangat penting untuk mempengaruhi keberhasilan pembangunan dalam bidang industri, hal ini dilihat dari kemajuan teknologi yang semakin canggih saat ini, terutama pada teknologi. Namun, ini tidak berarti bahwa pemesinan secara konvensional harus diikuti, karena prinsip-prinsip dasar pemesinan konvensional masih diperlukan untuk menunjang pemesinan secara modern yang banyak digunakan di sektor industri. Industri pemesinan yang digunakan menggunakan perpaduan mesin digital dan konvensional. (Kencanawati, 2017)

Proses pemesinan dengan menggunakan prinsip pemotongan logam dibagi dalam tiga kelompok dasar, yaitu : proses pemotongan dengan mesin pres, proses pemotongan konvensional dengan mesin perkakas, dan proses pemotongan non konvensional. Proses pemotongan dengan menggunakan mesin pres meliputi pengguntingan (shearing), pengepresan (pressing) dan penarikan (drawing, elongating). Proses pemotongan konvensional dengan mesin perkakas meliputi proses bubut (turning), proses frais (milling), sekrup (shaping). Proses pemotongan logam ini biasanya dinamakan proses pemesinan, yang dilakukan dengan cara membuang bagian benda kerja yang tidak digunakan menjadi serpihan (chips) sehingga terbentuk benda kerja. (Sugeng, 2009)

Dalam dunia industri, mesin-mesin perkakas sangat berperan dalam mendukung berhasilnya suatu proses produksi karena tiap bengkel mesin konstruksi dan bengkel-bengkel pengerjaan logam, pada umumnya mesin-mesin ini banyak digunakan dalam pembuatan atau perbaikan komponen tertentu dalam suatu mesin. Dari beberapa mesin perkakas yang ada salah satunya adalah mesin bubut. Mesin Bubut adalah suatu mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda yang diputar. Bubut sendiri merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja.

Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak umpan.(Dewangga,et al.,2017)

Banyak faktor yang mempengaruhi agar benda menjadi rata dan halus, mulai dari kecepatan spindel, kedalaman pemakanan, kecepatan pemakanan, sudut dan jenis pahat, kemampuan mesin, jenis pendingin, jenis benda, dan operator, khususnya dalam hal mesin bubut CNC. Menurut Prasetya (2010) ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan, diantaranya adalah laju pemakanan, media pendingin, kecepatan spindel, kedalaman pemotongan, bahan dan geometri pahat. Pada proses pembubutan konvensional beberapa faktor tersebut sangatlah penting, dan perlu perhatian yang khusus. Pada proses pemesinan konvensional, cara yang digunakan untuk mendapatkan setingan kekasaran tertentu adalah dengan mencoba-coba, atau dengan feeling. Biasanya dilakukan dengan memperbesar atau memperkecil kecepatan spindel, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan. Tentunya hasilnya tidak dapat dipastikan, bergantung dari skill dan pengalaman operator.(Alfiansyah,2017)

Pahat karbida memiliki kelas dari bahan keras, tahan aus, tahan api di mana karbida keras partikel diikat menjadi satu, atau disemen, oleh pengikat logam yang lunak dan ulet. Bahan-bahan ini pertama kali dikembangkan di Jerman pada awal 1920-an menanggapi permintaan untuk bahan cetakan yang memiliki ketahanan aus yang cukup untuk menggambar kabel filamen pijar tungsten untuk menggantikan berlian yang mahal kemudian digunakan. Karbida yang disemen pertama diproduksi adalah tungsten karbida (WC) dengan pengikat kobalt.(Singh,2006)

Pemotongan tegak (*Orthogonal cutting*) merupakan suatu sistem pemotongan dengan gerakan relatif antara mata pahat dan benda kerja membentuk sudut potong tepat 90° atau yang dinamakan dengan sudut potong utama (K_r), dan besarnya lebar mata pahat lebih besar dari lebar benda kerja yang akan dipotong.(Susarno,2012)

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti akan membahas tentang **“KARAKTERISTIK KUALITAS PEMBUBUTAN ORTHOGONAL ALUMINIUM 6061 PADA KECEPATAN POTONG TINGGI DENGAN MENGGUNAKAN PAHAT KARBIDA”** untuk membuktikan bahwa parameter apa yang paling berpengaruh terhadap kualitas pembubutan sesuai dengan parameter permesinan [Kecepatan Potong (m/menit), Kedalaman potong (mm), dan Gerak makan (mm/put)].

1.1. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh *Feed*, Kecepatan Potong, dan *Depth Of cut* terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan material aluminium 6061
2. Bagaimana kontribusi yang dihasilkan oleh parameter pembubutan terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan material aluminium 6061 berdasarkan metode taguchi.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Untuk mengathui kecepatan potong tinggi, *feed*, dan *Depth Of Cut* yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan material aluminium 6061
2. Untuk mengetahui kontribusi yang dihasilkan oleh parameter pembubutan terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan material Aluminium 6061 berdasarkan motode taguchi.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Material yang digunakan adalah baja Aluminium 6061 berbentuk silinder dengan permukaan rata.
2. Menggunakan pahat Karbida dimana kondisi pahat dianggap selalu sama.
3. Parameter permesinan yang divariasikan adalah Kecepatan Potong (59,817 mm/menit, 79,756 mm/menit, 99,695 mm/menit, 119,634

mm/menit), Kecepatan makan (0,05 mm/put, 0,24 mm/put, 0,30 mm/put, 0,42 mm/put) dan Kedalaman potong (0,5 mm, 1 mm, 1,2 mm, 1,5mm)..

4. Proses pembubutan tanpa coolant
5. Jenis pemotongan menggunakan potongan orthogonal

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Memberikan pengetahuan tentang pengaruh parameter permesinan terhadap kualitas pembubutan Aluminium 6061.
2. Dapat memberikan informasi sebagai referensi tambahan dibidang Manufaktur.
3. Sebagai pemenuhan syarat untuk memperoleh gelar S1 pada program studi Teknik Mesin Universitas Hasanuddin.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Permesinan

Proses pemesinan merupakan proses lanjutan dalam pembentukan benda kerja atau mungkin juga merupakan proses akhir setelah pembentukan logam menjadi bahan baku berupa besi tempa atau baja paduan atau dibentuk melalui proses pengecoran yang dipersiapkan dengan bentuk yang mendekati kepada bentuk benda yang sebenarnya (Kencanawati,2017)

Proses Permesinan digunakan untuk merubah hasil coran, tempa, atau blok logam yang sudah terbentuk sebelumnya menjadi bentuk yang diinginkan, dengan ukuran dan hasil akhir yang ditentukan untuk memenuhi persyaratan desain. Hampir setiap produk yang diproduksi memiliki komponen yang memerlukan pemesinan, seringkali dengan presisi tinggi. Oleh karena itu, kumpulan proses ini adalah salah satu proses yang paling penting dari proses manufaktur dasar karena nilai tambah pada produk akhir. Dengan cara yang sama, proses pemesinan seringkali lebih mahal.

Sebagian besar aplikasi industri permesinan adalah logam. Meskipun proses pemotongan logam telah menolak analisis teoretis karena kerumitannya, penerapan proses ini di dunia industri tersebar luas. Proses pemesinan dilakukan pada berbagai peralatan mesin. Contoh lain dari peralatan mesin dasar adalah mesin giling, bor tekan, penggiling, pembentuk, mesin penggerek, dan gergaji. (ASM Internasional.Vol 16,1995)

Setiap jenis alat mesin dasar memiliki banyak konfigurasi yang berbeda. misalnya, mesin bubut turet mesin bubut, mesin pelacak roda, atau mesin sekrup otomatis. Mesin bubut telah mengikuti tren alat mesin lainnya, dan mesin bubut NC sekarang dapat dibeli secara mudah. Proses pembentukan *chip* utama tercantum di bawah ini, dengan versi alternatif dalam tanda kurung. Setiap proses adalah dilakukan pada satu atau lebih peralatan mesin dasar. Misalnya, pengeboran dapat dilakukan pada mesin bor, penggilingan mesin, mesin bubut, dan beberapa mesin diantaranya:

- *Turning (boring, facing, cutoff, taper turning, form cutting, chamfering, recessing, thread cutting).*
- *Shaping (planing, vertical shaping)*
- *Milling (hobbing, generating, thread milling)*
- *Drilling (reaming, tapping, spot facing, counterboring, countersinking)*
- *Sawing (filing)*
- *Abrasive machining (grinding, honing, lapping)*

Baja atau besi tempa sebagai bahan produk yang akan dibentuk melalui proses pemesinan biasanya memiliki bentuk profil berupa bentuk dan ukuran yang telah distandarkan misalnya, bentuk bulat “O”, segi empat, segi enam “L”, “I” “H” dan lain lain.

Proses pemesinan dengan menggunakan prinsip pemotongan logam dibagi dalam tiga kelompok dasar, yaitu: proses pemotongan dengan mesin press, proses pemotongan konvensional dengan mesin perkakas, dan proses pemotongan non konvensional. Proses pemotongan dengan menggunakan mesin pres meliputi pengguntingan (*shearing*), pengepresan (*pressing*) dan penarikan (*drawing elongating*). Proses pemotongan konvensional dengan mesin perkakas meliputi proses bubut (*turning*), proses frais (*milling*), sekrup (*shaping*). Proses pemotongan logam ini biasanya dinamakan proses pemesinan, yang dilakukan dengan cara membuang bagian benda kerja yang tidak digunakan menjadi beram (*chips*) sehingga terbentuk benda kerja. Proses pemesinan adalah proses yang paling banyak dilakukan untuk menghasilkan suatu produk jadi yang berbahan baku logam. Diperkirakan sekitar 60% sampai 80% dari seluruh proses pembuatan suatu mesin yang komplit dilakukan dengan proses pemesinan.

Berikut ini adalah klasifikasi proses permesinan yaitu:

1. Berdasarkan Gerak Relatif Pahat

Pahat yang bergerak relatif terhadap benda kerja akan menghasilkan geram dan sementara itu permukaan benda kerja secara bertahap akan terbentuk menjadi komponen yang dikehendaki. Gerak relatif pahat terhadap benda kerja dapat dipisahkan menjadi dua komponen gerakan yaitu:

- Gerak potong (*cutting movement*), Dimana gerak potong adalah gerak yang menghasilkan permukaan baru pada benda kerja.
- Gerak makan (*feeding movement*), Gerak makan adalah gerak yang menyelesaikan permukaan baru yang telah di potong oleh gerak potong.

2. Berdasarkan Jumlah Mata Pahat yang digunakan

Pahat yang dipasangkan pada suatu jenis mesin perkakas memiliki mata pahat yang berbeda-beda. Jenis pahat/perkakas potong disesuaikan dengan cara pemotongan dan bentuk akhir dari produk. Adapun pahat dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis pahat yaitu pahat bermata potong tunggal (*single point cutting tools*) dan pahat bermata potong jamak (*multiple point cuttings tools*).

3. Berdasarkan Orientasi Permukaan

Selain ditinjau dari segi orientasi permukaan maka poses pemesinan dapat diklasifikasikan berdasarkan proses terbentuknya permukaan (proses generasi permukaan; *surface generation*). Dalam hal ini proses tersebut dikelompokkan dalam dua garis besar proses yaitu:

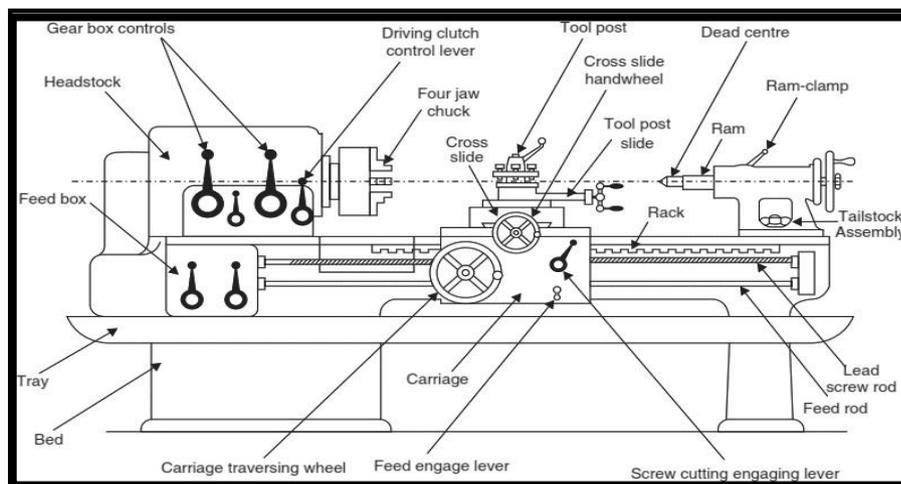
- Generasi permukaan silindrik atau konis dan
- Generasi permukaan rata/lurus dengan atau tanpa putaran benda kerja

4. Berdasarkan Mesin yang Digunakan

Dalam proses pemesinan jika kita ingin melakukan suatu pekerjaan, maka perlu kita ketahui terlebih dahulu dengan mesin apa yang semestinya kita gunakan sehingga produk yang kita buat sesuai dengan yang diinginkan. Beberapa jenis proses mungkin dapat dilakukan pada satu mesin perkakas. Misalnya, mesin bubut tidak selalu digunakan sebagai untuk membubut saja melainkan dapat pula digunakan untuk menggerinda, memotong dan melebarkan lubang (*boring*) dengan cara mengganti pahat dengan yang sesuai. Bahkan dapat digunakan untuk mengefreis, menggerinda atau mengasah halus asalkan pada mesin bubut yang bersangkutan dapat dipasangkan peralatan tambahan (*attachments*) yang khusus. (Kencanawati, 2017)

2.2. Mesin Bubut

Mesin bubut (*turning machine*) adalah suatu jenis mesin perkakas yang dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan pahat potong (*cutting tools*) sebagai alat untuk memotong benda kerja tersebut. Mesin bubut merupakan salah satu mesin proses produksi yang dipakai untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silindris, namun dapat juga dipakai untuk beberapa kepentingan lain. Pada prosesnya benda kerja terlebih dahulu dipasang pada *chuck* (pencekam) yang terpasang pada spindel mesin, kemudian *spindel* dan benda kerja diputar dengan kecepatan tertentu. Alat potong (pahat) yang dipakai untuk membentuk benda kerja akan ditempelkan pada benda kerja yang berputar sehingga benda kerja terbentuk sesuai dengan ukuran yang dikehendaki. Umumnya pahat bubut dalam keadaan diam, pada perkembangannya ada jenis mesin bubut yang berputar alat potongnya, sedangkan benda kerjanya diam.



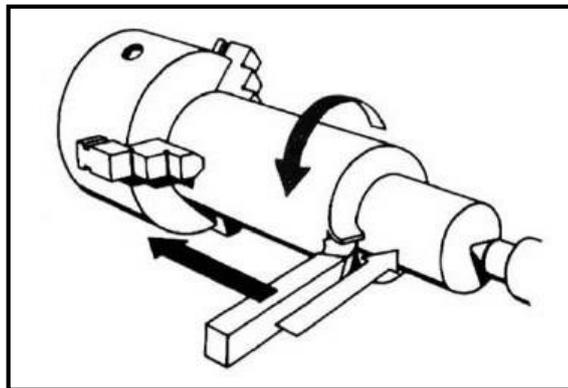
Gambar 2.1 Komponen Mesin Bubut

Sumber: (Gupta, et al., 2009)

Pada kelompok mesin bubut juga terdapat bagian-bagian otomatis dalam pergerakannya bahkan juga ada yang dilengkapi dengan layanan sistem otomatis, baik yang dilayani dengan sistem hidrolik ataupun elektrik. Ukuran mesinnya pun tidak semata-mata kecil karena tidak sedikit mesin bubut konvensional yang dipergunakan untuk mengerjakan pekerjaan besar seperti yang dipergunakan pada

industri perkapalan dalam membuat atau merawat poros baling-baling kapal yang diameternya mencapai 1.000 mm atau lebih. (Azhar, 2014)

Pergerakan memanjang dari pahat sepanjang luncuran (*sliding*) menghasilkan suatu permukaan yang bundar, dan pergerakan melintang untuk “*surfacing*” (atau *facing*) menghasilkan suatu permukaan yang rata. Gerak putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak umpan (*feeding*). Bila gerak umpan lebih lambat dibandingkan dengan gerak potongnya akan dihasilkan benda kerja berbentuk silindrik dengan alur spiral yang hampir tidak kelihatan, dapat dikatakan, permukaan benda kerja tersebut halus. Bila gerak umpannya secara translasi dipercepat dan gerak potongnya diperlambat maka bentuk alur spiral yang mengelilingi benda kerja silindrik tersebut semakin jelas atau permukaan benda kerja kasar. (Upara, 2009)



Gambar 2.2. Gerakan Pada Proses Pembubutan

Sumber: Handout Permesinan Bubut (Nurdjito dan Arifin, 2015)

Mesin bubut merupakan salah satu metal cutting machine dengan gerak utama berputar, tempat benda kerja dicekam dan berputar pada sumbunya, sedangkan alat potong (*cutting tool*) bergerak memotong sepanjang benda kerja, sehingga akan terbentuk geram. Prinsip kerja mesin bubut adalah:

1. Benda kerja berputar pada sumbunya
2. Gerakan alat potong:
 - a. Alat potong bergerak sejajar sumbu utama disebut pembubutan memanjang.
 - b. Alat potong bergerak tegak lurus terhadap sumbu utama disebut pembubutan permukaan.

- c. Alat potong bergerak bersudut terhadap sumbu utama disebut pembubutan konis atau pembubutan tirus. (Nurdjito dan Arifin, 2015)

2.3. Bagian-bagian Mesin Bubut

2.3.1 Kepala tetap (*Headstock*)

Kepala tetap (*Headstock*), adalah bagian dari mesin bubut yang merupakan tempat dari komponen-komponen utama penggerak dari sumbu utama (*main spindle*) yang berfungsi sebagai tempat dudukan pencekam (*Chuck*), plat pembawa, kolet, senter, pada sebuah sumbu utama (*Main spindle*) terpasang sebuah pencekam (*Chuck*), di dalam box transmisi (*Gearbox Transmission*) terdapat susunan roda gigi yang dapat digeser-geser melalui tuas (*Handle*) berfungsi dapat mengoperasikan mesin sesuai dengan kebutuhan pembubut.

2.3.2 Meja Mesin (*Bed*)

Meja mesin bubut juga berfungsi tempat dari dudukan kepala lepas, eretan lepas, penyangga diam (*Steady rest*) dan merupakan tumpuan dari gaya pemakanan saat pembubutan bentuk dari alas bermacam-macam, ada yang datar permukaannya halus dan rata, sehingga gerakan dari kepala lepas bergerak lancar.

2.3.3 Eretan (*Carriage*)

Eretan (*Carriage*), adalah bagian dari komponen mesin yang digunakan untuk penyetelan dari posisi pahat HSS pada arah memanjang, ke kanan dan kiri baik secara manual dan otomatis. Eretan tersebut terdiri dari, yaitu :

1) Eretan memanjang

Eretan memanjang digunakan untuk bisa menggerakkan atau menyetel pahat ke arah sumbu memanjang pada saat mesin beroperasi atau mesin dalam keadaan mati.

2) Eretan melintang (*Cross carriage*)

Eretan melintang ditempatkan memanjang fungsinya agar dapat mengatur posisi pahat pada saat proses pembubutan sehingga dapat diatur mendekati atau menjauhi operator.

3) Eretan atas (*Top carriage*)

Eretan atas antara eretan melintang dan eratan atas juga dipasang support yang juga dilengkapi dengan skala serajat, juga berfungsi sebagai dudukan penjepit (*toolpost*) mata pahat pada mesin bubut.

2.3.4 Kepala lepas (*Tail stock*)

Kepala Lepas merupakan bagian utama dari mesin bubut yang berfungsi sebagai penopang dalam membubut benda kerja yang panjang, agar benda kerja tetap berputar pada sumbunya, meletakkan mata bor, dan tap.

2.3.5 Penjepit pahat (*Toolpost*)

Penjepit pahat (*Toolpost*) digunakan untuk menjepit atau memasag pahat, maka bisa menambahkan lempengan plat besi, agar posisi ujung pahat tingginya dapat satu sumbu (*senter*) dengan kepala lepas.

2.3.6 Pencekam (*Chuck*)

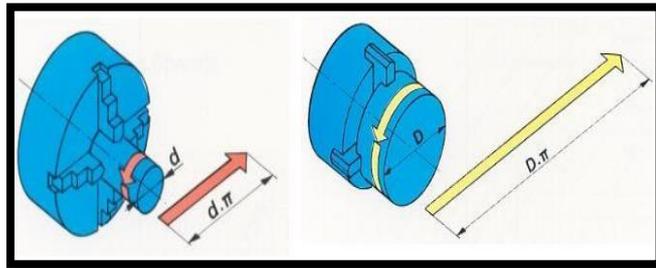
Pencekam (*Chuck*), berfungsi digunakan untuk menjepit benda kerja pada mesin bubut. Jenis cekamnya ada yang berahang 3 (tiga) sepusat (*Self centering chuck*) dan ada juga yang berahang 3 (tiga) dan 4 (empat) tidak sepusat.

2.3.7 Kran pendingin

Kran pendingin berfungsi untuk menyalurkan cairan pendingin (*bromus*) saat proses pembubutan. Pemberian cairan pendingin berfungsi untuk mendinginkan benda kerja Aluminium 6061 dan pahat potong HSS pada saat terjadinya proses pembubutan sehingga pahat tidak mudah aus.

2.4. Variabel Permesinan

Ada 3 (tiga) parameter utama pada setiap proses bubut yaitu kecepatan putar spindel (*speed*), gerak makan (*feed*) dan kedalaman potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada mesin bubut.

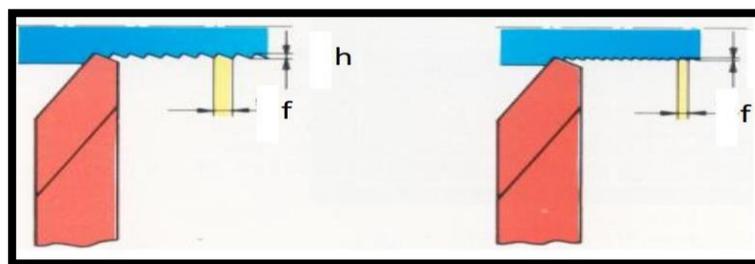


Gambar 2.3. Panjang permukaan benda kerja

Sumber : Handout Permesinan Bubut (Nurdjito dan Arifin, 2015)

Kecepatan putar, n (*speed*), selalu dihubungkan dengan spindel (sumbu utama) dan benda kerja. Karena kecepatan putar diekspresikan sebagai putaran per menit (*revolutions per minute, rpm*), hal ini menggambarkan kecepatan putarannya. Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut adalah kecepatan potong (*Cutting speed* atau V) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/ keliling benda kerja (gambar 2.3).

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 harga kecepatan potong. Pada dasarnya pada waktu proses bubut kecepatan potong ditentukan berdasarkan bahan benda kerja dan pahat. Harga kecepatan potong sudah tertentu tergantung jenis bahan/benda kerja, jenis alat potong, dan kekasaran pemakanan pahat bubut. Misalnya untuk benda kerja *Mild Steel* dengan pahat dari HSS, kecepatan potongnya antara 20 sampai 30 m/menit.



Gambar 2.4. Gerak makan (f) dan kedalaman pemotongan (h)

Sumber : Handout Permesinan Bubut (Nurdjito dan Arifin, 2015)

Gerak makan, f (*feed*), adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali (gambar 2.4), sehingga satuan f 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 h . Gerak makan tersebut berharga sekitar $1/3$ sampai $1/20$ h , atau sesuai dengan kehalusan permukaan yang dikehendaki.

Kedalaman potong, h (*depth of cut*), adalah tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong (gambar 2.4). Ketika pahat memotong sedalam h , maka diameter benda kerja akan berkurang $2h$, karena bagian permukaan benda kerja yang dipotong ada di dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar. (Nurdjito dan Arifin, 2015)

Kecepatan potong (V_c) adalah kemampuan alat potong menyayat bahan dengan aman menghasilkan tatal dalam satuan panjang /waktu (m/menit atau feet/menit). Pada gerak putar seperti mesin bubut, kecepatan potong (V_c) adalah keliling kali putaran atau $\pi \times d \times n$; (Sumbodo,2008)

Bagi suatu tingkat proses, ukuran produk terlebih dahulu ditentukan dan kemudian pahat harus membuang sebagian material benda kerja sampai ukuran benda kerja tercapai. Hal ini tidak terlepas dari elemen dasar proses pemesinan.

Elemen dasar dapat dihitung dengan rumus-rumus berikut ini:

Kecepatan potong

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} ; m/min \quad (2.1)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} d &= \text{diameter rata-rata} \\ &= (d_o + d_m) / 2, \text{ mm} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Kecepatan makan

$$V_f = f \cdot n, \text{ mm/min} \quad (2.3)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} f &= \text{gerak makan, mm/put} \\ n &= \text{putaran spindel, rpm} \end{aligned}$$

Tabel 2.1. Kecepatan Potong pada beberapa jenis bahan

BAHAN	PAHAT HSS		PAHAT KARBIDA	
	HALUS	KASAR	HALUS	KASAR
Baja Perkakas	75-100	25-45	185-230	110-140
Baja Karbon	70-90	25-40	170-215	90-120
Baja Menengah	60-85	20-40	140-185	75-110
Besi Cor Kelabu	40-45	25-30	110-140	60-75
Kuningan	85-110	45-70	185-215	120-150
Aluminium	70-110	30-45	140-215	60-90

Sumber: (Sumbodo, 2008)

Kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja. Selain itu, faktor bahan benda kerja dan bahan pahat sangat menentukan harga kecepatan potong.

Secara sederhana variabel pemesinan merupakan segala variabel yang mempengaruhi proses maupun hasil pemesinan. Variabel pemesinan ini terdiri atas variabel yang bergantung pada mesin dan variabel yang bergantung pada benda kerja. Adapun variabel pemesinan yang dimaksud adalah sebagai berikut.

1. Benda kerja:

d_o = diameter mula (mm)

d_f = diameter akhir (mm)

l_t = panjang pemotongan (mm)

d = kedalaman pemotongan (mm)

2. Mesin:

f = gerak makan (mm/putaran)

n = putaran poros utama (rpm)

2.5. Pahat Bubut

Kualitas benda kerja dan efisiensi kerjanya akan tergantung dari pahat yang digunakan. Pahat memiliki arti proses memotong (*cutting process*), yaitu memotong logam untuk mendapatkan bentuk dan ukuran, serta kualitas permukaan potong yang direncanakan. Setiap pekerjaan diperlukan pahat yang tepat, misalnya untuk pekerjaan kasar (*roughing*), halus (*finishing*), permukaan (*facing*), bor, ulir

dan lain-lain, diperlukan pahat yang khusus untuk tujuan masing-masing. (Upara, 2009)

Kekerasan dan tahan terhadap gesekan yang rendah tidak diinginkan pada material pahat, sebab akan menyebabkan keausan pada material pahat tersebut. Keuletan yang rendah dan ketahanan thermal yang rendah akan mengakibatkan rusaknya pahat terhadap mata potong maupun retak mikro pada pahat yang mengakibatkan kerusakan fatal pada pahat dan benda kerja. Sifat-sifat unggul diatas memang perlu dimiliki oleh material pahat. Akan tetapi tidak semua sifat tersebut dapat dipenuhi secara berimbang. Pada umumnya kekerasan, ketahanan gesek dan ketahanan thermal yang tinggi selalu diikuti oleh penurunan keuletan. Berbagai penelitian dilakukan untuk mempertinggi kekerasan dan menjaga supaya keuletan tidak terlalu rendah sehingga pahat tersebut dapat digunakan pada kecepatan potong yang tinggi.

Pada mulanya untuk memotong baja digunakan baja karbon tinggi sebagai bahan dari pahat, dimana kecepatan potongnya pada waktu itu hanya bisa mencapai sekitar 10 m/menit. Berkat kemajuan teknologi kecepatan potong ini dapat dinaikkan sehingga mencapai sekitar 700 m/menit yaitu dengan menggunakan CBN (*Cubic Baron Nitride*). Kekerasan tersebut dapat dicapai berkat kekerasan yang tetap relatif tinggi meskipun temperatur kerjanya cukup tinggi. Dari kemajuan teknologi tersebut dapat diketahui bahwa hanya material dari jenis karbida dan keramiklah yang tetap berfungsi dengan baik pada kecepatan potong atau temperatur kerja yang tinggi. Meskipun demikian, bukan berarti hanya Karbida dan Keramik saja yang saat ini di pakai sebagai pahat potong tetapi jenis lain masih tetap dipilih yaitu pada saat di perlukan sifat keuletan yang dan nilai ekonomis yang tinggi. Namun pada saat ini material pahat yang banyak digunakan adalah HSS dan Karbida. Berikut ini adalah material-material pahat secara berurutan dari yang paling lunak tetapi ulet sampai dengan yang paling keras tetapi getas, yaitu: i) Baja Karbon Tinggi, ii) HSS (*High Speed Steels*), iii) Paduan *Cor Nonferro*, iv) Karbida, v) CBN (*Cubic Baron Nitride*). (Azhar, 2014)

2.6. Pahat Karbida

Karbida memiliki kelas dari bahan keras, tahan aus, tahan api di mana karbida keras partikel diikat menjadi satu, atau disemen, oleh pengikat logam yang lunak dan ulet. Bahan-bahan ini pertama kali dikembangkan di Jerman pada awal 1920-an menanggapi permintaan untuk bahan cetakan yang memiliki ketahanan aus yang cukup untuk menggambar kabel filamen pijar tungsten untuk menggantikan berlian yang mahal kemudian digunakan. Karbida yang disemen pertama diproduksi adalah tungsten karbida (WC) dengan pengikat kobalt.

Penggunaan tungsten sebagai elemen paduan memberi baja penahan yang baik kekerasan pada suhu tinggi dari 900°C hingga 1000°C. Karbida dibuat dengan cara mencampur bubuk logam tungsten dengan karbon dan memanaskan campuran ke sekitar 1600°C di atmosfer hidrogen sampai kedua zat itu hilang zat kimianya.

Karbida semen memiliki kekerasan yang sangat tinggi (hanya setelah berlian) dan keausan tinggi resistensi terhadap abrasi. Mereka tidak kehilangan sifat pemotongannya, kekerasan melebihi suhu hingga 900°C- 1000°C. Karenanya alat berujung karbida mampu mengolah logam yang paling keras secara efisien, termasuk baja yang dikeraskan pada kecepatan potong tinggi. Alat tersebut dapat beroperasi pada kecepatan potong dari 16 hingga 25 Kali lipat yang diizinkan untuk alat yang terbuat dari baja perkakas karbon. Satu kelemahan dari semen karbida adalah kerapuhannya. Kekakuan sangat tinggi (modulus Young sekitar tiga kali dari baja) dari karbida yang disemen mensyaratkan bahwa mereka didukung dengan ketebalan yang cukup, bahkan untuk sejumlah kecil deformasi ikatan dalam pada bahan kekakuan ini dapat menyebabkan tegangan tarik yang sangat tinggi. Karbida disemen lemah pada tegangan daripada kompresi. Mereka memiliki kecenderungan kuat untuk terbentuk las tekanan pada kecepatan potong rendah. Dalam pandangan ini mereka harus dioperasikan dengan kecepatan jauh lebih banyak dari yang digunakan dengan alat baja kecepatan tinggi. Ini disebabkan untuk peralatan mesin dari peningkatan daya. Karbida yang memperoleh persentase kobalt tinggi adalah lebih keras dan lebih kuat dari yang mengandung kobalt rendah. Karenanya mereka digunakan untuk pemotongan kasar, pemotongan terputus dan untuk penggilingan. Varietas kobalt rendah digunakan untuk jadi operasi seperti berputar dengan

penampang *chip* yang halus dan pemotongan kontinu. Disarankan untuk menjaga braze metal setipis mungkin. (Singh, 2006)

2.7. Aluminium 6061

Aluminium ialah unsur kimia. Lambang aluminium ialah Al, dan nomor atomnya 13. Aluminium ialah logam paling berlimpah. Aluminium bukan merupakan jenis logam berat, tetapi merupakan elemen yang berjumlah sekitar 8% dari permukaan bumi dan paling berlimpah ketiga.

Sifat teknik bahan aluminium murni dan aluminium paduan dipengaruhi oleh konsentrasi bahan dan perlakuan yang diberikan terhadap bahan tersebut. Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida di permukaan logam aluminium segera setelah logam terpapar oleh udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun, pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah oksidasi aluminium.

Aluminium 6061 adalah paduan aluminium yang mengandung magnesium dan silikon sebagai elemen paduan utamanya. Awalnya disebut "Alloy 61S", ini dikembangkan pada tahun 1935. Ini memiliki sifat mekanik yang baik, menunjukkan kemampuan las yang baik, dan sangat umum diekstrusi (kedua dalam popularitas hanya 6063). Ini adalah salah satu paduan aluminium yang paling umum untuk keperluan umum.

Tabel 2.2. Spesifikasi Aluminium 6061

Spesifikasi Alumunium 6061	
Densitas	2,7g/cc
Modulus Elastisitas	68,9GPa
Kekuatan Tekan	310MPa
Kekuatan Geser	207MPa
Kekuatan tekan	120Kg/mm

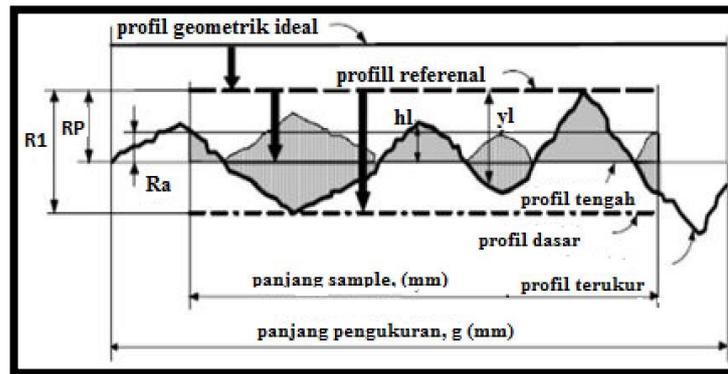
Sumber: (mafad, 2006)

Aluminium ini umumnya tersedia dalam kelas pra-tempered seperti 6061-O (anil), nilai tempered seperti 6061-T6 (usia dioptimalkan dan buatan) dan 6061-T651 (solusi, peregangan bebas stres dan usia buatan).

6061 sangat mudah disambung atau dilas, misalnya menggunakan pengelasan gas inert tungsten (TIG) atau pengelasan gas inert logam (MIG). Biasanya, setelah pengelasan, sifat-sifat di dekat las adalah dari 6061-T4, kehilangan kekuatan sekitar 40%. Bahan tersebut dapat dipanaskan ulang untuk mengembalikan suhu mendekati -T6 untuk seluruh bagian. Setelah pengelasan, material dapat menua secara alami dan mengembalikan kekuatannya juga. Sebagian besar kekuatan pulih dalam beberapa hari pertama hingga beberapa minggu. Namun demikian, Aluminium Design Manual merekomendasikan kekuatan desain material yang berdekatan dengan lasan untuk diambil sebagai 165 MPa / 24000 PSI tanpa perlakuan panas yang tepat setelah pengelasan.

2.8 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan merupakan suatu karakteristik permukaan dan ketidakrataan konfigurasi permukaan berupa guratan yang terlihat pada profil permukaan. Kekasaran permukaan dapat juga dikatakan jarak penyimpangan rata-rata dari garis rata-rata profil. Faktor yang mempengaruhi nilai kekasaran antara lain yaitu mekanisme parameter pemotongan, geometri dan dimensi pahat, cacat pada material benda kerja dan kerusakan pada aliran geram. Hasil pembubutan adalah benda kerja yang dihasilkan setelah mendapat perlakuan pada mesin bubut yang meliputi pengurangan ukuran karena pemakanan yang dilakukan oleh pahat. Hasil pembubutan dapat dikatakan baik atau buruk didasarkan dua faktor, yaitu ketepatan pada ukuran-ukurannya (kepresisian) dan tingkat kualitas permukaan yang dihasilkan. Melihat kedua faktor tersebut maka hasil bubutan dapat dikatakan baik apabila benda kerja mempunyai tingkat kekasaran yang rendah (halus), benda kerja yang dikerjakan dengan mesin dan dilakukan pemotongan pada permukaan tidak dapat rata atau halus sama sekali, tetapi akan meninggalkan berkas berupa lembah atau puncak yang disebut kekasaran permukaan. Adapun profil-profil kekasaran permukaan sebagai berikut:



Gambar 2.5 Parameter Kekasaran Permukaan
Sumber: (Rochim, 2001)

Dalam proses permesinan pada pengerjaan akhir untuk menentukan kekasaran permukaan objek yang dikerjakan pada proses permesinan bubut (*turning*), dimana kekasaran permukaan rata-rata (R_a) yang distandarkan dapat dilihat dari tabel dibawah ini:

Tabel 2.3 Proses Pengerjaan untuk Kekasaran Permukaan

Proses pengerjaan	Selang (N)	Harga R_a
Flat and cylindrical lapping,	N1-N4	0.025-0.2
Superfinishing Diamond turning	N1-N6	0.025-0.8
Flat cylindrical grinding Finising	N1-N8	0.025-3.2
	N4-N8	0.1-3.2
Face and cylindrical tuning, milling and reaming Drilling	N5-N12	0.4-50.0
	N7-N10	1.6-12.5
Shapping, planning, horizontal milling	N6-N12	0.8-50.0
Sandcasting and forging	N10-N11	12.5-25.0
Extruding, cold rolling, drawing	N6-N8	0.8-3.2
Die casting	N6-N7	0.8-1.6

Sumber: (Munandi, 1980)

2.9. Metode Taguchi

Dr. Genichi Taguchi (1940) memperkenalkan metode *Taguchi* yang merupakan metodologi baru dalam bidang teknik dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses, serta bertujuan menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Soejanto (2009) menyatakan bahwa metode *Taguchi* menjadikan produk dan proses tidak sensitif terhadap berbagai faktor gangguan (*noise*). Metode Taguchi menjadikan produk dan proses memiliki sifat *robust* terhadap faktor-faktor gangguan tersebut, sehingga disebut sebagai *robust design*.

Metode *Taguchi* memiliki beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan metode desain eksperimen lainnya. Kelebihan-kelebihan tersebut antara lain (Soejanto, 2009):

1. Lebih efisien karena dapat melaksanakan penelitian yang melibatkan banyak faktor dan level faktor.
2. Dapat memperoleh proses yang menghasilkan produk secara konsisten dan *robust* terhadap faktor yang tidak dapat dikontrol.
3. Menghasilkan kesimpulan mengenai level dari faktor kontrol yang menghasilkan respon optimum.

Oleh karena metode *Taguchi* memiliki struktur rancangan yang sangat kompleks, maka metode ini juga memiliki rancangan yang mengorbankan pengaruh interaksi yang cukup signifikan. Untuk mengatasi hal tersebut, pemilihan rancangan percobaan harus dilakukan secara hati-hati dan sesuai dengan tujuan penelitian.

Desain eksperimen dengan menggunakan metode *Taguchi* dibagi menjadi tiga tahap utama yang mencakup semua pendekatan eksperimen, yaitu sebagai berikut:

2.9.1 Tahap Perencanaan

Tahap ini terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut.

- a. Perumusan Masalah harus dirumuskan secara spesifik. Perumusan masalah harus jelas secara teknis sehingga dapat dituangkan ke dalam eksperimen yang akan dilakukan.

- b. Penentuan Tujuan Eksperimen Tujuan eksperimen yang ditentukan harus dapat menjawab masalah yang telah dirumuskan.
- c. Penentuan Respon memiliki nilai yang tergantung pada faktor-faktor lain yang disebut variabel bebas.
- d. Pengidentifikasian Faktor/Variabel Bebas Faktor adalah variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variable lain. Pada langkah ini akan dipilih faktor-faktor yang akan diselidiki pengaruhnya terhadap respon yang bersangkutan. Dalam suatu eksperimen, tidak semua faktor yang diperkirakan mempengaruhi respon harus diselidiki. Dengan demikian, eksperimen dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien.
- e. Pemisahan Faktor Kontrol dan Faktor Gangguan Faktor-faktor yang diamati dapat dibagi menjadi faktor kontrol dan faktor gangguan. Dalam desain eksperimen *Taguchi*, keduanya perlu diidentifikasi dengan jelas sebab pengaruh antar kedua faktor tersebut berbeda. Faktor kontrol adalah faktor yang nilainya dapat dikendalikan sedangkan faktor gangguan adalah faktor yang nilainya tidak dapat dikendalikan.
- f. Penentuan Jumlah dan Nilai Level Faktor Pemilihan jumlah level akan mempengaruhi ketelitian hasil dan biaya pelaksanaan eksperimen. Semakin banyak level yang diteliti maka hasil eksperimen yang diperoleh akan semakin akurat, tetapi biaya yang harus dikeluarkan akan semakin banyak.
- g. Penentuan Matriks Ortogonal Matriks ortogonal merupakan matriks eksperimen yang memuat 28 beberapa faktor-faktor dan level-level dari faktor tersebut. Matriks ini adalah matriks yang seimbang antara faktor dan level, sehingga pengaruh suatu faktor atau level tidak tercampur dengan pengaruh faktor atau level yang lain (Soejanto, 2009).

Dalam matriks ortogonal, elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom. Kolom pada matriks tersebut berisi faktor-faktor atau kondisi-kondisi yang dapat diubah dalam eksperimen. Baris berisikan keadaan (level) dari faktor yang terdapat pada kolom. Matriks disebut ortogonal karena level-level dari faktor-faktor berimbang jumlahnya.

Penggunaan matriks ortogonal bertujuan untuk mengefisiensikan dan meminimalkan biaya eksperimen serta memperhatikan faktor gangguan (sehingga disebut *Robust Design*). Hal ini sangat bermanfaat dalam penelitian khususnya penelitian industri, karena dalam penelitian tersebut banyak faktor yang saling berpengaruh dan berinteraksi, serta adanya faktor gangguan yang sangat mahal untuk dikendalikan.

Penentuan matriks ortogonal digunakan untuk menentukan jumlah eksperimen yang akan dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati. Matriks ortogonal yang tepat dapat ditentukan apabila jumlah derajat kebebasan eksperimen telah dihitung. Derajat kebebasan dapat didefinisikan sebagai jumlah perbandingan antara faktor atau parameter yang dibuat untuk menentukan level mana yang lebih baik dan seberapa jauh parameter tersebut lebih baik (Lin, 2002).

Jadi langkah awal dalam penentuan matriks ortogonal adalah penentuan jumlah faktor dan levelnya agar jumlah derajat kebebasan dapat ditentukan. Derajat kebebasan dari matriks ortogonal (ν_{mo}) dapat ditentukan dengan menjumlahkan derajat kebebasan dari faktor dan level (ν_{fl}).

Derajat kebebasan dari faktor dan level (ν_{fl}) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\nu_{fl} = \text{Jumlah level faktor} - 1 \quad (2.4)$$

Jumlah eksperimen minimal yang digunakan untuk penentuan matriks ortogonal didapatkan dari persamaan berikut:

$$\text{Jumlah eksperimen (n)} = \nu_{mo} + 1 \quad (2.5)$$

Jenis matriks ortogonal yang tersedia secara standar dapat dilihat pada Tabel 2.5. Matriks ortogonal L4 (23) berarti jumlah eksperimen yang dilakukan adalah empat, jumlah derajat kebebasan dari matriks ortogonal (ν_{mo}) maksimal adalah tiga, serta matriks tersebut dapat digunakan untuk jumlah faktor maksimal 3 dengan masing-masing memiliki 2 level.

Tabel 2.4 Matriks Ortogonal

2 Level	3 Level	4 Level	5 Level	Level Gabungan
$L_4 (2^3)$	$L_9 (3^4)$	$L_{16} (4^3)$	$L_{25} (5^6)$	$L_{18} (2^1 \times 3^7)$
$L_8 (2^7)$	$L_{27} (3^{13})$	$L_{64} (4^{21})$		$L_{32} (2^1 \times 4^9)$
$L_{12} (2^{11})$	$L_{81} (3^{40})$			$L_{36} (2^{11} \times 3^{12})$
$L_{16} (2^{13})$				$L_{36} (2^3 \times 3^{13})$
$L_{32} (2^{31})$				$L_{54} (2^1 \times 3^{25})$
$L_{54} (2^{63})$				$L_{50} (2^1 \times 5^{11})$

Sumber: (Soejanto, 2009)

2.9.2 Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan terdiri dari 2 hal, yaitu penentuan jumlah replikasi dan randomisasi pelaksanaan eksperimen.

- a. Jumlah Replikasi Replikasi adalah pengulangan kembali perlakuan yang sama pada kondisi yang sama dalam sebuah percobaan untuk mendapatkan ketelitian yang lebih tinggi, mengurangi tingkat kesalahan serta memperoleh harga taksiran dari kesalahan.
- b. Randomisasi Pengaruh faktor-faktor lain yang tidak diinginkan atau tidak dapat dikendalikan selalu ada dalam sebuah eksperimen. Pengaruh itu dapat diperkecil dengan menyebarkan faktor-faktor tersebut melalui randomisasi (pengacakan) urutan percobaan. Randomisasi dilakukan bertujuan untuk menyebarkan pengaruh dari faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit eksperimen serta memberikan kesempatan yang sama pada semua unit eksperimen untuk menerima suatu perlakuan sehingga ada kehomogenan pengaruh dari setiap perlakuan yang sama. Selain itu, randomisasi juga bertujuan mendapatkan hasil eksperimen yang bebas satu sama lain. Jika replikasi bertujuan untuk memungkinkan dilakukannya uji signifikansi, maka randomisasi bertujuan untuk memberikan validasi terhadap uji signifikansi tersebut dengan menghilangkan sifat bias.

2.9.3 Tahap Analisis

Pada tahap ini, pengolahan data dilakukan. Selain itu, juga dilakukan perhitungan dan pengujian data statistik pada data hasil eksperimen. Analisis

Variasi (ANAVA) digunakan untuk menganalisis data yang telah disusun dalam desain secara statistik. Analisis ini dilakukan dengan menguraikan seluruh variasi atas bagian-bagian yang diteliti. ANAVA pada matriks ortogonal dilakukan berdasarkan perhitungan jumlah kuadrat untuk masing masing kolom. Analisis variansi digunakan untuk menganalisis data percobaan yang terdiri dari dua faktor atau lebih dengan dua level atau lebih. Tabel ANAVA terdiri dari perhitungan derajat kebebasan (db), jumlah kuadrat (*sum of square*, SS) dan kuadrat tengah (*mean of square*, MS) seperti ditunjukkan pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Tabel Analisis Variansi (ANAVA)

Sumber Variansi	db	SS	MS
Faktor A	ν_A	SS_A	MS_A
Faktor B	ν_B	SS_B	MS_B
Faktor C	ν_C	SS_C	MS_C
Faktor D	ν_D	SS_D	MS_D
Faktor E	ν_E	SS_E	MS_E
Faktor F	ν_F	SS_F	MS_F
Error	ν_{error}	$S_{S_{error}}$	MS_{error}
Total	ν_T	SS_T	

Sumber : (Soejanto, 2009)

Dimana:

$$\begin{aligned} \nu_T &= \text{derajat bebas total} \\ &= N - 1 \end{aligned} \quad (2.6)$$

$$\begin{aligned} \nu_A &= \text{derajat bebas faktor A} \\ &= k_A - 1 \end{aligned} \quad (2.7)$$

$$\begin{aligned} \nu_B &= \text{derajat bebas faktor B} \\ &= k_B - 1 \end{aligned} \quad (2.8)$$

$$\begin{aligned} \nu_C &= \text{derajat bebas faktor C} \\ &= k_C - 1 \end{aligned} \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned} \nu_{error} &= \text{derajat bebas error} \\ &= \nu_T - \nu_A - \nu_B - \nu_C - \nu_D - \nu_E - \nu_F \end{aligned} \quad (2.10)$$

$$\begin{aligned} T &= \text{jumlah keseluruhan} \\ &= \sum_{i=1}^n y_i \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$CF = \text{faktor koreksi} \\ = \frac{T^2}{N} \quad (2.12)$$

$$SS_T = \text{jumlah kuadrat total} \\ = \sum_{i=1}^n y_1^2 - CF \quad (2.13)$$

$$= \sum_{i=1}^n (y_1 - T)^2 \quad (2.14)$$

$$SS_A = \text{jumlah kuadrat faktor A} \\ = \left[\sum_{i=0}^{kA} \binom{A_1^2}{nA_1} \right] - CF \quad (2.15)$$

$$SS_B = \text{jumlah kuadrat faktor B} \\ = \left[\sum_{i=0}^{kB} \binom{B_1^2}{nB_1} \right] - CF \quad (2.16)$$

$$SS_C = \text{jumlah kuadrat faktor C} \\ = \left[\sum_{i=0}^{kC} \binom{C_1^2}{nC_1} \right] - CF \quad (2.17)$$

$$SS_E = \text{jumlah kuadrat error} \\ = SS_T - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D - SS_E - SS_F \quad (2.18)$$

$$MS_A = \text{kuadrat tengah faktor A} \\ = SS_A - \nu_A \quad (2.19)$$

$$MS_B = \text{kuadrat tengah faktor B} \\ = SS_B - \nu_B \quad (2.20)$$

$$MS_C = \text{kuadrat tengah faktor C} \\ = SS_C - \nu_C \quad (2.21)$$

$$MS_E = \text{kuadrat tengah faktor error} \\ = SS_E - \nu_E \quad (2.22)$$

2.9.4 Rasio S/N

Rasio S/N (*Signal to Noise Ratio*) digunakan untuk memilih nilai level faktor terbesar untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dari eksperimen. Penggunaan Rasio S/N dilakukan untuk meminimalkan karakteristik kualitas terhadap faktor gangguan. Perhitungan rasio S/N tergantung dari jenis karakteristik kualitas, yaitu: (Soejanto, 2009)

1. Semakin kecil semakin baik adalah karakteristik kualitas dengan batas nilai 0 dan non-negatif sehingga nilai yang semakin kecil atau mendekati nol adalah nilai yang diinginkan. Rasio S/N untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S/N = - 10 \log\left[\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n}\right] \quad (2.23)$$

2. Tertuju pada nilai tertentu adalah karakteristik kualitas dengan nilai target tidak nol dan terbatas sehingga nilai yang semakin mendekati target tersebut adalah nilai yang diinginkan. Rasio S/N untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S/N = - 10 \log\left[\sum_{i=1}^n \frac{(y_i - y)^2}{n}\right] \quad (2.24)$$

Semakin besar semakin baik adalah karakteristik kualitas dengan rentang nilai tak terbatas dan non-negatif sehingga nilai yang semakin besar adalah nilai yang diinginkan. Rasio S/N untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S/N = - 10 \log\left[\sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n}\right] \quad (2.25)$$

2.10. Minitab

Minitab adalah program komputer yang dirancang untuk melakukan pengolahan statistik. Minitab mengkombinasikan kemudahan penggunaan layaknya Microsoft Excel dengan kemampuannya melakukan analisis statistik yang kompleks. Minitab dikembangkan di Pennsylvania State University oleh periset Barbara F. Ryan, Thomas A. Ryan, Jr., dan Brian L. Joiner pada tahun 1972. Minitab memulai versi ringannya OMNITAB, sebuah program analisis statistik oleh NIST.

Minitab didistribusikan oleh Minitab Inc, sebuah perusahaan swasta yang bermarkas di State College, Pennsylvania, dengan kantor cabang di Coventry, Inggris (Minitab Ltd.) Paris, Prancis (Minitab SARL) dan Sydney, Australia (Minitab Pty.). Kini, Minitab sering kali digunakan dalam implementasi *Six Sigma*, CMMI serta metode perbaikan proses yang berbasis statistika lainnya.

Minitab 19, versi terbaru perangkat lunak ini, tersedia dalam tujuh bahasa: Inggris, Prancis, Jerman, Jepang, Korea, Mandarin, dan Spanyol. Minitab Inc. juga membuat perangkat lunak sebagai pelengkap Minitab 19. *Quality Trainer*; sebuah paket *e-Learning* yang mengajarkan metode statistik dan konsep dalam konteks perbaikan kualitas yang terintegrasi dengan Minitab 19 dan Quality Companion 3, sebuah perangkat lunak untuk mengelola proyek *Six Sigma* dan *Lean Manufacturing* yang memungkinkan data Minitab di kombinasikan dengan dan manajemen proyek. Penggunaan Minitab diantaranya:

1. Mengelola data dan file *spreadsheet* untuk analisis data yang lebih baik.
2. Analisis regresi dan perancangan percobaan.
3. *Power* dan ukuran sampel.
4. Tabel dan grafik dan analisis varians untuk menentukan perbedaan antar data.
5. Analisis *multivariate* termasuk analisis faktor, analisis kluster, analisis korespondensi dan lainnya
6. Test *nonparametrics* berbagai tes termasuk test signal, *run test*, *friedman test*, dan lainnya.
7. *Time Series* dan *Forecasting* membantu menunjukkan kecenderungan pada data yang dapat digunakan untuk membuat dugaan. *Time series plots*, *exponential smoothing*, *trend analysis*.
8. *Statistical Process Control* dan analisis sistem pengukuran.

2.11. Optimasi Geometri Pahat

Proses pemesinan menggunakan pahat sebagai perkakas potong dan geometri pahat tersebut merupakan salah satu faktor terpenting yang menentukan keberhasilan proses pemesinan. Geometri pahat harus dipilih dengan benar disesuaikan terhadap jenis material benda kerja, material pahat, dan kondisi pemotongan. Sehingga salah satu atau beberapa objektif seperti tingginya umur pahat, rendahnya gaya atau daya pemotongan, halusness permukaan, dan ketelitian geometri produk dapat tercapai. Untuk itu akan dibahas optimisasi geometri pahat bubut yaitu sudut-sudut pahat.

1. Sudut Bebas atau *clearance angle* (α)

Fungsinya adalah mengurangi gesekan antara bidang utama dengan bidang transien dari benda kerja, sehingga temperatur tinggi akibat gesekan dapat dihindari dan keausan tepi pahat tidak cepat terjadi.

Gerak makan akan menentukan harga sudut bebas, semakin besar gerak makan maka gaya pemotongan akan semakin besar sehingga untuk memperkuat pahat dibutuhkan sudut penampang β_0 yang besar, yaitu dengan memperkecil sudut bebas α bila sudut

geraknya tetap. Sebagai petunjuk umum dalam pemesinan baja, harga sudut bebas ditentukan sesuai dengan gerak makan, yaitu:

$f \leq 0,2 \text{ mm/Rev}$, maka $\alpha = 12^\circ$

$f > 0,2 \text{ mm/Rev}$, maka $\alpha = 8^\circ$

2. Sudut Geram atau *rake angle* (γ)

Sudut geram adalah sudut kiri bidang geram terhadap bidang normal sama seperti sudut bebas, sudut geram juga memiliki harga optimum. Untuk kecepatan potong tertentu, sudut geram yang besar akan menurunkan rasio penempatan tebal geram (γ h) yang mengakibatkan kenaikan sudut geser (ϕ) yang besar akan menurunkan penampang bidang geser (Ashi) sehingga gaya potong menurun, tapi sudut geram (γ) yang terlalu besar akan mengakibatkan proses perambatan panas sehingga temperatur naik, hal ini mengakibatkan menurunnya umur pahat.

Jenis material benda kerja juga mempengaruhi pemilihan sudut geram. Pada prinsipnya untuk material lunak dan ulet memerlukan sudut geram yang besar (untuk mempermudah proses pembentukan geram). Bagi material yang keras dan rapuh (*hard & brittle*) dibutuhkan sudut geram yang lebih kecil atau negatif (untuk memperkuat pahat). Sebagai petunjuk umum untuk menentukan sudut geram dapat digunakan dengan catatan bahwa pahat karbida selalu digunakan pada kecepatan potong yang lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan potong untuk pahat HSS.

3. Sudut Miring (λ)

Sudut miring mempunyai arah aliran geram, bila bernilai nol maka aliran geramnya tegak lurus mata potong. Dengan adanya sudut miring, maka panjang

kontak antara pahat dan benda kerja menjadi lebih diperpanjang. Temperatur bidang kontak akan mencapai harga minimum bila $\lambda = +5^\circ$ untuk proses penghalusan (*finishing*) dan -5° untuk proses pengasaran (*roughing*).

4. Sudut Potong utama (Kr)

Sudut potong utama memiliki peran antara lain, yaitu:

- Menentukan lebar dan tebal geram sebelum terpotong (b dan h).
- Menentukan panjang mata potong yang aktif atau panjang kontak antara geram dengan bidang pahat.
- Menentukan besarnya gaya radial.

Gaya radial akan membesar dengan pengecilan, hal ini akan menyebabkan lenturan yang besar ataupun getaran sehingga menurunkan ketelitian geometri dan hasil pemotongan terlalu besar. Untuk kedalaman potong dan gerak makan yang tetap, dan dengan memperkecil sudut potong utama akan menurunkan tebal geram sebelum terpotong dan menaikkan lebar geram, sebagai rumus berikut:

$$h = f \sin Kr \dots\dots\dots(2.1)$$

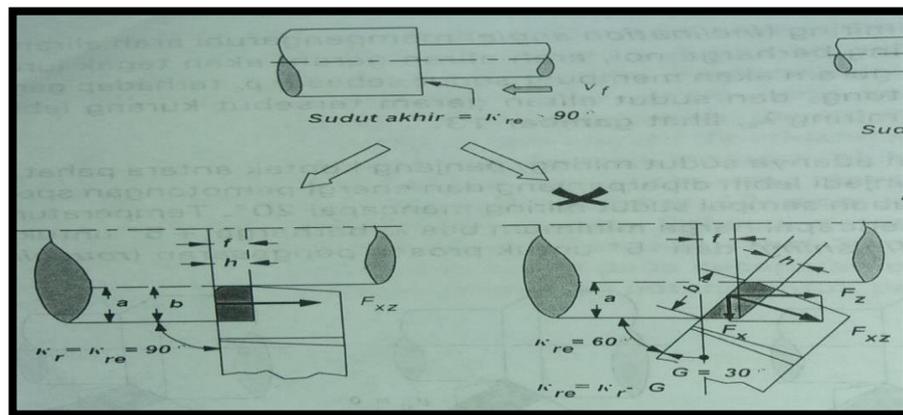
$$b = a / \sin Kr \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana:

- h = tebal geram
- f = gerak makan
- Kr = sudut potong utama
- b = harga lebar
- a = kedalaman pemakanan

Tebal geram yang kecil secara langsung akan menurunkan temperatur pemotongan. Sehingga temperatur pahat akan relatif rendah. Dengan demikian umur pahat akan lebih tinggi, dengan kata lain kecepatan potong dapat lebih dipertinggi untuk menaikkan kecepatan produksi. Akan tetapi, pemakaian sudut potong utama yang kecil tidak akan selalu menguntungkan sebab akan menaikkan gaya radial.

Gaya radial yang besar mungkin menyebabkan lenturan yang terlalu besar ataupun getaran, sehingga menurunkan ketelitian geometrik produksi dan hasil pemotongan terlalu kasar. Tergantung pada kekakuan benda kerja dan pahat serta metode pencekam benda kerja serta sudut akhir atau geometri benda kerja, maka operator mesin dapat memilih pahat dengan sudut yang cocok.



Gambar 2.6 Variasi Sudut Potong Utama Kr
Sumber: (Rochim, 2007)

5. Sudut Potong Bantu (K^1_r)

Pada prinsipnya sudut potong bantu dapat dipilih sekecil mungkin karena selain memperkuat ujung pahat, maka kehalusan produk dapat dipertinggi. Yang menjadi masalah adalah kekakuan sistem pemotongan karena sudut potong bantu yang kecil akan mempertinggi gaya radial (F_x), sebagai petunjuk:

Sistem pemotongan yang kaku, (K^1_r) = 5° s.d 10°

Sistem pemotongan yang lemah, (K^1_r) = 10° s.d 20°

6. Radius Pojok ($r\epsilon$)

Radius pojok berfungsi untuk memperkuat ujung pertemuan antara mata potong utama (S) dengan mata potong minor (S^1), selain itu menentukan kehalusan permukaan hasil pemotongan. Untuk yang relatif besar, maka bersama-sama dengan gerak makan yang dipilih sehingga mempengaruhi kehalusan permukaan produk. (Rochim, 2007)