

**ANALISA PENGARUH VARIASI PUTARAN *SPINDLE* DAN
LAJU PEMAKANAN DENGAN PENDINGIN CO₂ TERHADAP
KEKASARAN PERMUKAAN *FINISHING* PROSES BUBUT
BAJA AISI 1045**



SKRIPSI

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Ujian Sarjana Strata Satu pada
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas IBA**

Disusun Oleh :

RIO ABU RIZAL

21320001

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS IBA**

2025

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rio Abu Rizal

Npm : 21320001

Judul Skripsi : **ANALISA PENGARUH VARIASI PUTARAN
SPINDLE DAN LAJU PEMAKANAN DENGAN
PENDINGIN CO₂ TERHADAP KEKASARAN
PERMUKAAN *FINISHING* PROSES BUBUT BAJA
AISI 1045**

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan skripsi yang saya buat ini merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila dikemudian hari ternyata penulis Skripsi ini merupakan plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib Universitas IBA Palembang.

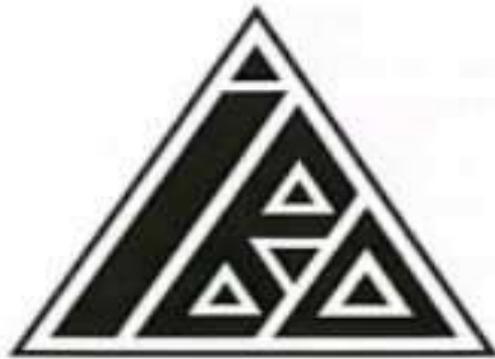
Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan dari siapapun dan oleh siapapun.

Palembang, juli 2025



Rio Abu Rizal

**ANALISA PENGARUH VARIASI PUTARAN *SPINDLE* DAN
LAJU PEMAKANAN DENGAN PENDINGIN CO₂ TERHADAP
KEKASARAN PERMUKAAN *FINISHING* PROSES BUBUT
BAJA AISI 1045**



SKRIPSI

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Ujian Sarjana Strata Satu pada
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas IBA**

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik



DR. IR. HARDJANI HARINO, M.T.
NIK. 03 24 14

**Ketua Program Studi
Teknik Mesin**

Redy Afranny, ST., M.Eng.
NIK. 02 05 171

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN AGENDA NO :

FAKULTAS TEKNIK DITERIMA TGL :

UNIVERSITAS IBA PALEMBANG PARAF :

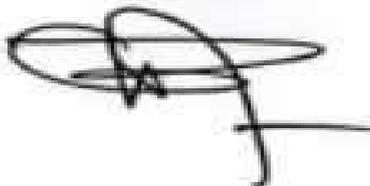
ANALISA PENGARUH VARIASI PUTARAN *SPINDLE* DAN LAJU PEMAKANAN DENGAN PENDINGIN CO₂ TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN *FINISHING* PROSES BUBUT BAJA AISI 1045

NAMA MAHASISWA : Rio Abu Rizal
NPM : 21320001
SPESIFIKASI : A. Putaran *spindle*
 B. Laju pemakanan
 C. Kekasaran Permukaan
 D. Proses Bubut
 E. Baja AISI 1045

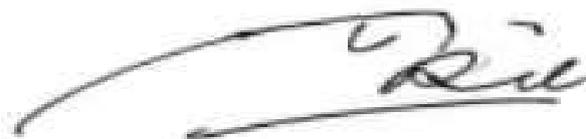
Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Ir. Asmadi, M.T.
NIK. 02 90 045



Dr. Arie Yudha Budiman, S.T., M.T.
NIK. 03 24 508

Menyetujui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Reny Afrizky, S.T., M.Eng.
NIK. 02 05 171

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Skripsi ini dengan judul : ANALISA PENGARUH VARIASI PUTARAN *SPINDLE*
DAN LAJU PEMAKANAN DENGAN PENDINGIN CO,
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN *FINISHING*
PROSES BUBUT BAJA AISI 1045

Penyusun : Rio Abu Rizal

NPM : 21320001

Program Studi : Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana (ujian komprehensif) dan diterima sebagai bagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas IBA.

TIM PENGUJI

Ketua: Reny Afriany, S.T., M.T.

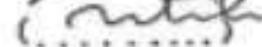
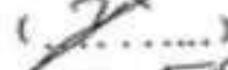
Anggota:

1. Ir. Asmadi, M.T.

2. Arie Yudha Budiman, S.T., M.T.

3. Yeny Pusvyta, S.T., M.T.

4. Ir. Ratih Diah Andayani, M.T.



Ditetapkan di: Palembang

Tanggal 12 Juli 2025

MOTO

**Kualitas adalah hasil dari proses
Yang terencana dan amdi (aman terkendali)**

PERSEMBAHAN

**Karya ini kupersembahkan untuk semua orang
yang telah membantu dan mendukung saya dalam
Menyelesaikan penelitian ini.**

ABSTRAK

Proses bubut adalah bagian dari pemesinan yaitu untuk menghasilkan bagian-bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan Mesin Bubut. Bentuk dasarnya dapat didefinisikan sebagai proses pemesinan permukaan luar benda silindris atau bubut rata maka dilakukan pengujian dengan 3 variasi putaran *spindle* dan laju pemakanan untuk melihat pengaruhnya pada permukaan kekasaran benda kerja pengujian yang menggunakan variasi N (putaran *spindle*) dengan Rpm 255, Rpm 585, dan Rpm 900, dan Variasi f (*feed*) 0.0803 mm/put, 0.1229 mm/put, 0.1700 mm/put, apakah nilai Ra yang didapat mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya putaran *spindle*, dan meningkatnya laju pemakanan akan membuat permukaan kekasaran benda kerja semakin kasar, variabel yang terkontrol dalam penelitian ini adalah material spesimen baja AISI 1045, kedalaman pemakanan, fluida pendingin CO₂. hasil data yang didapat hasil nilai Ra yang mengecil berbanding terbalik dengan putaran *spindle*, dengan kata lain bahwa semakin besar putaran *Spindle* maka nilai Ra yang dihasilkan semakin kecil atau semakin halus. Namun sebaliknya semakin cepat laju pemakanan maka berbanding lurus dengan meningkatnya nilai-nilai kekasaran Ra dengan kata lain semakin besar laju pemakanan maka nilai dan hasil dari Ra semakin besar atau semakin kasar.

Kata Kunci : Putaran *spindle*, laju pemakanan, dan Proses bubut

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik. Di mana skripsi ini penulis sajikan dalam bentuk buku yang sederhana. Adapun judul penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut: **ANALISA PENGARUH VARIASI PUTARAN *SPINDLE* DAN LAJU PEMAKANAN DENGAN PENDINGIN CO₂ TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN *FINISHING* PROSES BUBUT BAJA AISI 1045**

Tujuan penulisan skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan Program Strata Satu (S1) UNIVERSITAS IBA. Sebagai bahan penulisan diambil berdasarkan hasil penelitian (eksperimen), observasi dan beberapa sumber literature yang mendukung penulisan ini. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan dan dorongan beberapa pihak, maka penulisan skripsi ini tidak akan lancar. Oleh karena itu pada kesempatan ini, ijinilah penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Dr.Ir Hardayani Haruno, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA
2. Ibu Reny Afriany S.T., M.Eng. , selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Universitas IBA
3. Ir, Asmadi, M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 Skripsi.
4. Dr. Arie Yudha Budiman, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing 2 Skripsi.
5. Staff / karyawan / dosen di lingkungan Universitas IBA
6. Orang tua, keluarga dan teman-teman yang telah memberikan dukungan moral maupun spiritual.
7. Rekan-rekan mahasiswa yang selalu memberikan semangat dan keceriaan.

Serta semua pihak yang terlalu banyak untuk disebut satu persatu sehingga terwujudnya penulisan ini. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mohon kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan dimasa yang akan datang.

Palembang, 12-07-2025

Rio Abu Rizal

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 latar belakang	1
1.2 Rumus masalah	2
1.3 batasan masalah	2
1.4 Tinjauan penelitian	2
1.5 Manfaat penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan penelitian	4
2.2 Dasar teori	6
2.2.1 Material Removal Processes	6
2.2.2 mesin bubut	7
2.2.3 pahat	15
2.2.4 <i>Cutting Fluid</i>	18
2.3 baja	22
2.3.1 klifikasi baja	23
2.3.2 Baja AISI 1045	23
2.4 kekerasan permukaan	23
2.5 Parameter Kekasaran Permukaan	25
2.6 Diagram fase CO ₂ - Keadaan materi.....	28
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Diagram alir	31
3.2 Variabel penelitian	33
3.3 Alat dan Bahan	33
3.4 mesin bubut Konvensional	33
3.5 Urutan mm/putaran pada mesin bubut Krisbow KW15-907.....	36
3.6 matrial / specimen	37
3.8 prosedur pengujian	38

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN HASIL	39
4.1 Cara mengolah data Ra	39
BAB V PEMBAHASAN DAN ANALISA	43
5.1 Pembahasan	43
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	48
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Material removal process	6
Gambar 2.2 Proses bubut rata, bubut permukaan, dan bubut tirus	8
Gambar 2.3 Mesin bubut Krisbow KW15-907	8
Gambar 2.4 bagian-bagian mesin bubut	9
Gambar 2.5 Panjang permukaan benda kerja yang dilalui pahat setiap putaran.....	12
Gambar 2.6 Gerak makan (f) dan kedalaman potong (a)	13
Gambar 2.7 Proses Bubut	14
Gambar 2.8 Konfigurasi Kekasaran Permukaan.....	24
Gambar 2.9 Profil kekerasan permukaan (sumber : ISO 4287)	25
Gambar 2.10 <i>Roughness Tester</i>	26
Gambar 2.11 Diagram Fasa CO ₂	28
Gambar 3.1 Diagram Alir	32
Gambar 3.2 Mesin Bubut type Krisbow KW15-907.	33
Gambar 3.3 Pahat Carbide Inserts DCMT 07 02 04-PM 4335	35
Gambar 3.4 Urutan mm/putaran pada mesin bubut Krisbow KW15-907.	36
Gambar 3.5 material gambar Teknik baja AISI 1045	37
Gambar 5.1 Ra pada Variasi Rpm dan (f) mm/putaran 0,0803	44
Gambar 5.2 Ra pada Variasi Rpm dan (f) mm/putaran 0,1228	44
Gambar 5.3 Ra pada Variasi Rpm dan (f) mm/putaran 0,1700	45
Gambar 5.4 Ra pada Variasi f (feed) dan Rpm 255	45
Gambar 5.5 Ra pada Variasi f (feed) dan Rpm 585	46
Gambar 5.6 Ra pada Variasi f (feed) dan Rpm 900	46
Gambar 5.7 interaksi putaran <i>spindle</i> (Rpm) vs gerak makan (mm/putaran)	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Acuan Panjang sampel	27
Tabel 3.1 Spesifikasi dari <i>Surface Roughness Tester Type</i> SJ-310	35
Table 3.2 Komposisi Baja AISI 1045	37
Tabel 4.1 Hasil uji pada rpm 255	40
Tabel 4.2 Hasil uji pada rpm 585	41
Tabel 4.3 Hasil uji pada rpm 900	42
Tabel 5.1 Nilai Rata-rata keseluruhan Kekasaran Variasi f (feed) dan Variasi Rpm	43

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manufaktur merupakan metode pengolahan material menjadi suatu produk siap pakai. perkembangan zaman, produk yang dihasilkan terus mengalami perubahan pesat dan beraneka rupa, sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Industri manufaktur terkait erat dengan proses permesinan, yang merupakan asal dari berbagai proses yang terjadi di industri. Mesin menjadi objek yang sangat krusial untuk mendukung proses permesinan yang dipergunakan dalam industri manufaktur, termasuk pada proses pembubutan. (Harahap et al. 2023)

Mesin bubut bisa dikatakan adalah jantungnya permesinan, karena mesin ini memiliki fungsi yang sangat vital dalam pengerjaannya hampir setiap proses pada fabrikasi melalui mesin bubut. Mesin bubut juga digunakan dalam berbagai industri, termasuk manufaktur, permesinan, otomotif, dirgantara dan masih banyak lagi. Mesin bubut digunakan untuk membuat berbagai komponen, seperti poros, baut, bantalan, gigi, dan komponen presisi lainnya. Mesin bubut mempunyai kiprah yang sangat besar pada proses perkembangan teknologi sampai saat ini, pada dasarnya mesin bubut adalah jenis mesin perkakas yang mempunyai motilitas primer berputar dimana benda kerja yang dipasang pada indera cekam, berputar menggunakan kecepatan eksklusif sementara pahat bergerak dinamis secara teratur menyayat benda kerja. Proses pembubutan dilakukan untuk membubut benda kerja berpenampang silinder, misalkan untuk membentuk komponen mesin seperti poros lurus, poros berulir, poros tirus, poros beralur, serta aneka macam bentuk lainnya. kualitas pahat sangat mempengaruhi terbentuknya permukaan disamping parameter proses pemesinan dan elemen dasar. (Purwanto, Djoko Susilo, and Santoso 2012)

Proses terjadinya gesekan antara pahat dengan material benda kerja tergantung dari sudut yang dibentuk oleh pahat tersebut sehingga menghasilkan permukaan yang mempunyai kerataan yang paling kecil. Permukaan juga sangat berpengaruh kepada gesekan suatu komponen maka diperlukan suatu cara untuk memprkecil gesekan tersebut dengan cara memberikan pelumasan.(Mu'arif, Samsul, and ... 2006)

Kekasaran permukaan benda kerja dipengaruhi oleh banyak faktor. Berdasarkan hal tersebutlah penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul Analisa Pengaruh Variasi Putaran Spindel dan laju Pemakanan dengan pendingin CO₂ terhadap kekasaran permukaan *finishing* proses Bubut Baja AISI 1045

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, masalah yang akan diteliti pada skripsi ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi putaran *spindel* dengan pendingin CO₂ terhadap kekasaran permukaan *finishing* proses bubut baja AISI 1045
2. Bagaimana pengaruh laju pemakanan dengan pendingin CO₂ terhadap nilai kekasaran permukaan pada hasil *finishing* proses bubut AISI 1045

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Proses bubut yang dilakukan menggunakan mesin bubut Krisbow KW15-907.
2. Material yang digunakan adalah baja AISI 1045
3. Pahat yang digunakan adalah Carbide Inserts DCMT 07 02 04-PM 4335.
4. Fluida pendingin yang digunakan adalah CO₂
5. Kedalaman potong 0,4 mm.
6. Pemakanan 0,0803, 0,1228 dan 0,1700 mm/putaran, menggunakan pemakanan otomatis yang ada pada mesin bubut Krisbow KW15-907.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi putaran *Spindle* terhadap kekasaran permukaan *finishing* proses bubut baja AISI 1045
2. Untuk mengetahui pengaruh laju pemakanan permukaan terhadap kekasaran permukaan pada hasil *finishing* proses bubut AISI 1045

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini, yaitu :

1. Mengungkapkan hubungan interaksi faktor putaran Spindle dan laju pemakanan pahat pada proses bubut media pendingin terhadap kekasaran permukaan hasil proses bubut pada material poros baja AISI 1045
2. Memberikan rekomendasi praktis untuk optimalisasi proses pembubutan yang memiliki implikasi langsung bagi industri dalam meningkatkan kualitas produk dan efisiensi proses produksi

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah meakukan suatu eksperimen terhadap material benda kerja AISI 1045, dengan menggunakan pahat bubut sisipan (insert) dengan sudut potong utama 90^0 yang dipasang pada *Tool Holder*, dengan menentukan parameter proses pemesinan yang disesuaikan dengan kondisi dari mesin bubut yang digunakan melakukan penelitian dengan judul Analisa Kekasaran Permukaan Material Aisi 1045 Pada Proses Bubut Menggunakan Pahat Potong dengan Sudut Potong berbeda dan Pengaruhnya Terhadap Daya Pemesinan. Hasil dari penelitian ini diketahui bahwa untuk produksi dengan kualitas permukaan akhir produk yang dikerjakan melalui proses bubut. Selain itu hasil ini dapat memberikan data yang akurat untuk penentuan dan pengaturan proses pemesinan. Telah dilakukan suatu penelitian kekasaran permukaan terhadap materal AISI 1045 dengan menggunakan proses bubut,(Mu'arif, Hanifi, and Santosa 2024).

(Rusydi Furqon et al. 2016).melakukan penelitian dengan judul Analisa Uji Kekerasan pada poros baja St 60 Dengan Media Pendingin Yang Berbeda. Nilai kekerasan sebelum perlakuan panas yaitu 112,4 HB dan yang sesudah perlakuan panas yaitu air (110,2 HB), udara (94,8 HB) dan oli mesran SAE 40 (119,4 HB). Diantara ketiga media pendingin setelah perlakuan panas yang paling baik dalam meningkatkan kekerasan material adalah oli mesran SAE 40 dengan nilai rata-rata 119,4 HB. Hasil dari penelitian dapat disimpulkan Setelah melakukan penelitian dan menganalisis data dengan menggunakan metode anova nilai yang didapatkan adalah Fhitung udara (94,8 HB), dan oli mesran SAE 40 (119,4 HB). Dari ketiga media pendingin yang memberikan hasil kekerasan lebih baik pada material baja ST 60 yaitu media pendingin oli mesran SAE 40 dan didapatkan nilai kekerasan rata- ratanya 119,4 HB $6,0560294 < F_{tabel} 3,88$,

(Sabil, Yusuf, and Sumardi 2017) melakukan penelitian dengan judul Pengaruh Variasi Putaran Spindel Dan Kedalaman Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja St 60 Pada Proses Bubut Konvensional. Langkah penelitian diawali dengan menentukan variabel bebas, yaitu kecepatan putaran spindel (n) dan kedalaman potong (a). Sedangkan untuk variasi pengukuran dibedakan sebanyak tiga variasi yaitu Putaran Spindel (n) = 155, 275, 550 Rpm dan kedalaman potong (a) = 0.25, 0.5, 0.75 mm. proses pemessinan terhadap spesimen akan dilakukan sebanyak sembilan kali percobaan silang dengan menggunakan mesin bubut Pindad. Kekasaran permukaan rata-rata yang dicapai pada putaran 155 Rpm, yaitu $4.23 \mu\text{m}$ terjadi pada kedalaman potong 0.25 mm, dan kekasaran $5.4 \mu\text{m}$ terjadi pada kedalaman potong 0.5 mm, serta kekasaran $8.17 \mu\text{m}$ terjadi pada kedalaman potong 0.75 mm.

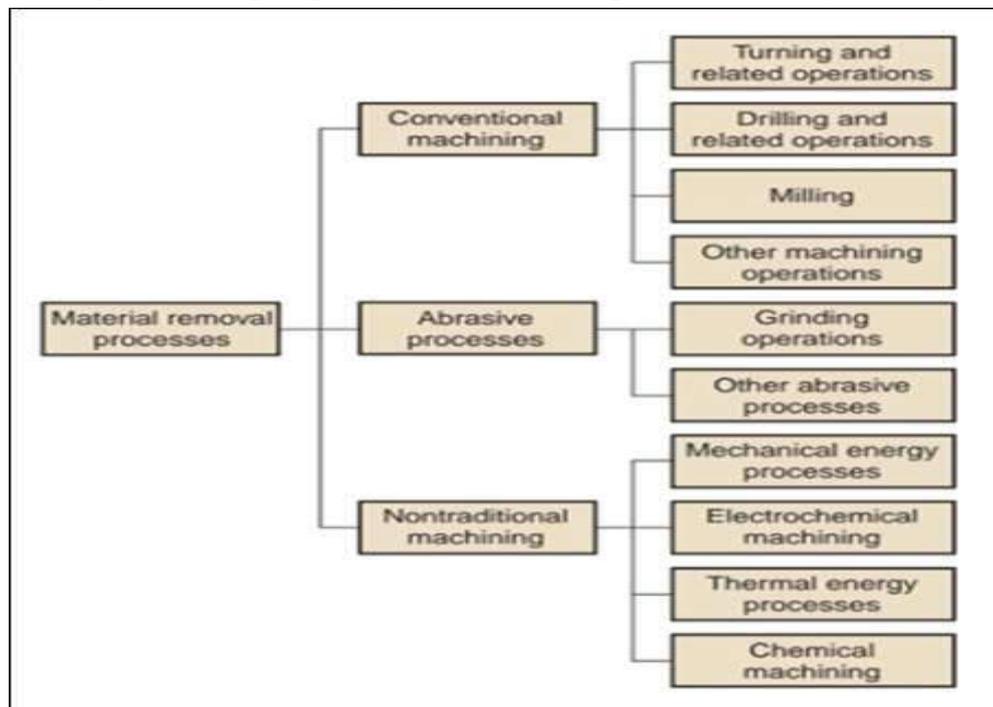
(Budiman and Mohrni 2020) melakukan penelitian dengan judul Tinjauan Pemesinan kriognik berdinding tipis pada bahan inconel atau Bahan angkasa. Cairan dan pelumas konvensional banyak digunakan dalam proses pemessinan di seluruh dunia. Namun, cairan pemotong ini merupakan sumber dari banyak masalah pencemaran lingkungan. Pada pemessinan ini variabel yang diteliti adalah kecepatan potong (V_c), kedalaman potong radial (a_r), dan kedalaman potong aksial (a_x). Sedangkan kekasaran permukaan aritmatika (R_a) merupakan variabel respon. (Budiman et al. 2021) melakukan penelitian berjudul Pengaruh parameter pemessinan menggunakan sistem pendingin kriogenik. Pada proses pemotongan logam banyak parameter pemessinan yang akan mempengaruhi hasil produksi suatu benda kerja. Penulisan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh gerak pemakanan terhadap kekasaran permukaan benda kerja hasil proses bubut. (Afriany et al. 2018) melakukan penelitian berjudul, Pengaruh gerak makan terhadap Kekasaran Permukaan baja ss 316l pada proses bubut. Gerak pemakanan, f (feed), adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali sehingga satuan f adalah mm/putaran. Gerak pemakanan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan. Gerak pemakanan biasanya ditentukan dalam hubungannya dengan kedalaman potong a . Gerak pemakanan tersebut berharga sekitar $1/3$ sampai $1/20$ a , atau sesuai dengan kehalusan permukaan yang dikehendaki.

Peranan baja dalam industri saat ini sangatlah penting terutama dalam pembuatan komponen otomotif seperti roda gigi, dan poros. Baja JIS S4C merupakan jenis baja karbon dengan standar JIS (Japan Industrial Standart) dan lazim digunakan industri Jepang. Baja JIS S45C ini mempunyai kadar karbon sekitar 0.45% (Mashudi and Susanti 2020) telah melakukan penelitian berjudul, pengaruh media pendingin dan kecepatan putar spindle terhadap hasil kekasaran permukaan benda kerja pada proses finishing menggunakan mesin bubut cnc pu, Matrial dalam baja JIS S45C banyak digunakan untuk pembuatan komponen mesin karena harganya yang rendah dibandingkan matrial lainnya. Baja JIS S45C mempunyai kesamaan dengan baja lainnya, seperti DIN C45W, AISI 1045, ASSAB760, HITACI NS1045, dan THYSEN 1730. Baja karbon mempunyai jumlah unsur karbon, mangan, dan silizium yang sama. Namun, baja ini diproduksi dengan menggunakan standard yang berbeda antara pabrik yang satu dengan lainnya

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Material Removal Processes

Material removal process, operasi pembuangan material dengan bentuk awal benda kerja adalah logam padat (baik ductile ataupun brittle metal). Termasuk



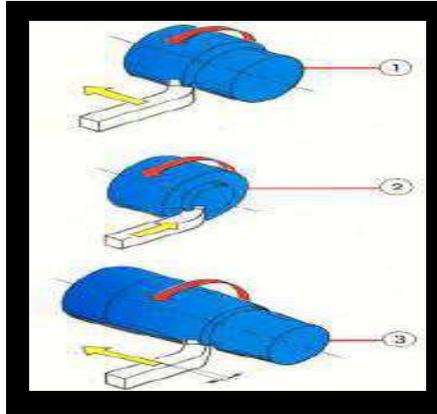
Gambar 2.1 Material *removal process*

operasi ini adalah proses pemesinan seperti turning, drilling dan milling. Bentuk lain dari proses ini adalah grinding, serta proses non tradisional dengan pemotongan menggunakan laser, electron beams, chemical erosion, electric discharge atau energi electromechanical (Davies et al. 2007)

2.2.2 Mesin Bubut

Mesin bubut merupakan satu diantara mesin perkakas yang sering digunakan. Mesin bubut ialah yang digunakan untuk mengurangi benda dengan proses penyataan benda yang sedang berputar. Mesin bubut umumnya digunakan untuk mengerjakan benda kerja yang berbentuk silindris, namun juga untuk mengerjakan benda yang berbentuk tidak silindris dengan mengganti pencekamnya (chuck). Pahat bubut digunakan sebagai alat potong pada mesin bubut untuk menyayat benda kerja menjadi bentuk yang diinginkan. Proses bubut sendiri menurut buku General Machinist Theory (2011) merupakan suatu proses pemakanan benda kerja untuk mendapatkan bentuk dan ukuran dengan menggerakkan pahat baik sejajar maupun tegak lurus sumbu putar dari benda kerja. Mesin bubut adalah mesin perkakas yang memproduksi barang dengan bentuk silindris. Mesin bubut pada umumnya suatu mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda dengan cara diputar dan dikenakan pada pahat namun ada juga mesin bubut yang pahat bubutnya berputar dan benda kerja diam. Bubut sendiri merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang pada umumnya proses sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Kecepatan pada mesin bubut dapat diatur sesuai kebutuhan dengan cara mengatur perbandingan roda gigi pada gearbox. Proses bubut adalah proses pemesinan untuk menghasilkan bagian-bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan Mesin Bubut. Bentuk dasarnya dapat didefinisikan sebagai proses pemesinan permukaan luar benda silindris atau bubut rata. Proses bubut rata yaitu benda kerja yang berputar dengan satu pahat bermata potong tunggal (with a single-point cutting tool) dengan gerakan pahat sejajar terhadap sumbu benda kerja pada jarak tertentu sehingga akan membuang permukaan luar benda kerja (Putra et al. 2022).

Tetapi tidak semua baja punya respon yang baik terhadap perlakuan panas, hanya baja yang memiliki kandungan karbon diatas 0,3% karbon punya respon yang baik terhadap perlakuan panas, sedangkan untuk bajadengan persentase karbo(Lubay 2017).



Gambar 2.2. Proses bubut rata, bubut permukaan, dan bubut tirus

Proses bubut permukaan/*surface turning* adalah proses bubut yang identik dengan proses bubut rata ,tetapi arah gerakan pemakanan tegak lurus terhadap sumbu benda kerja. (Gambar 2.2)

Proses bubut tirus/*taper turning* sebenarnya identik dengan proses bubut rata di atas, hanya jalannya pahat membentuk sudut tertentu terhadap sumbu benda kerja. (Gambar 2.2). Mesin-mesin yang dikontrol dengan komputer (*Computer Numerically Contraller*) dan mesin konvensional mutlak diperlukan keterampilan dari operatornya. Fungsi utama mesin bubut konvensional adalah untuk membuat/memproduksi benda-benda berpenampang silindris. Prinsip kerja mesin bubut didasarkan pada pemotongan material yang diputar dengan menggunakan alat potong



Gambar 2.3 Mesin bubut Krisbow KW15-907

1. Bagian - Bagian Utama Mesin Bubut

Mesin bubut terdiri dari bermacam-macam unit dan bagian-bagian komponen mesin bubut seperti terlihat pada gambar 2.4 (Gundara and Riyadi 2017)



2.4 Gambar bagian – bagian mesin bubut

1. *Headstock* / Kepala Tetap

Headstock adalah bagian yang mengatur transmisi gerakan dan mengontrol putaran yang diperlukan selama proses pembubutan. Fungsinya mencakup penempatan chuck dan spindle, pengaturan kecepatan putaran spindle, serta menyediakan tempat untuk *gearbox* dan elemen-elemen lainnya.

2. *Tailstock* / Kepala Lepas

Tailstock digunakan untuk menyangga benda kerja yang panjang, seperti saat menggunakan bor atau reamer. Ini juga digunakan dalam proses pembubutan tirus pada mesin bubut.

3. *Toolpost* / Tempat Pahat

Toolpost adalah tempat di mana pahat bubut ditempatkan dan dipasang. Ini merupakan tempat yang penting untuk menjaga pahat dengan aman dan presisi.

4. *Spindle*

Spindle adalah komponen yang digunakan untuk memasang benda kerja yang akan diolah. Terdapat dua jenis *spindle*, yakni spindle rahang tiga dan spindle rahang empat, yang digunakan sesuai kebutuhan.

5. *Lead crew* / Ulir Pembawa

Lead crew adalah poros berulir yang terletak di bawah tepian mesin dan sejajar dengan tepian tersebut. Ini menghubungkan kepala tetap dengan elemen-elemen lainnya dan memungkinkan pergerakan yang diatur. *Lead crew* ini dapat dibalik arah rotasinya dan digunakan sebagai panduan saat membuat benang.

6. *Feedrod* / Poros Penjalan

Feedrod berada di bawah ulir pengarah dan bertanggung jawab untuk mengirimkan daya dari *gearbox* cepat ke mekanisme geladak, memungkinkan pergerakan melintang atau membujur.

7. *Carriage* / Eretan

Carriage terdiri dari eretan, tempat pahat, dan apron. Eretan harus memiliki struktur yang kuat untuk menahan beban dan mengarahkan pahat potong. Dua cross slide di dalamnya berfungsi untuk mengarahkan pahat dalam arah yang berbeda. Spindle bagian atas mengendalikan pergerakan dudukan pahat, dan spindle atas digunakan untuk menggerakkan dudukan di sepanjang lkalianan.

8. *Bed* / Alas Mesin

Alas mesin adalah kerangka utama mesin bubut yang menopang eretan atau *carriage*. Ini adalah fondasi yang memungkinkan eretan dan headstock untuk bergerak. Alas mesin sering memiliki alur berbentuk V, rata, atau datar.

9. *Gear Box* / Lemari Roda Gigi

Gear box atau lemari roda gigi berfungsi untuk mentransmisikan daya dari spindle ke sekrup utama dengan berbagai tingkat kecepatan yang berbeda.

10. *Chuck*

Chuck digunakan untuk menjepit benda kerja, terutama yang memiliki panjang pendek, diameter besar, atau bentuk tidak beraturan yang sulit dipasang di antara pusat. *Chuck* dapat dipasang pada mesin bubut dengan mengencangkan di ujung spindle.

Dengan kerjasama semua komponen ini, mesin bubut dapat melakukan proses pembubutan dengan presisi dan akurasi yang diperlukan untuk berbagai jenis pekerjaan dan bahan.

Selain komponen utama, beberapa alat perlengkapan pada mesin bubut yaitu :

1. Pahat Bubut

Pahat bubut berfungsi sebagai alat pemotong atau penyayat benda kerja. Pahat ini dijepit dan dipasang pada *tool post*. Penting untuk memasang pahat bubut pada tinggi senter yang sesuai, dan jenis pahat yang digunakan biasanya terbuat dari logam keras atau baja yang dipasangkan pada tangkainya.

2. Alat Pencekam Benda Kerja

Alat pencekam benda kerja memiliki peran sebagai penjepit berbagai jenis benda kerja, termasuk *drive plat*, *plat* pembawa rata, pencekam tiga rahang, dan pencekam empat rahang. Ini memungkinkan benda kerja untuk dipegang dengan aman selama proses bubut.

3. Senter

Senter berfungsi untuk menjepit titik tertentu pada poros benda kerja, biasanya pada kedua ujung benda kerja. Kedua ujung benda kerja tersebut akan sedikit dibor untuk menempatkan ujung senter. Prinsip ini memungkinkan mesin bubut untuk melakukan proses pembubutan dengan bentuk yang tirus atau lurus.

4. Eretan

Eretan dipasang bersama-sama dengan plat pembawa dengan tujuan membawa benda kerja agar dapat berputar seiring dengan sumbu mesin. Ini sangat penting untuk menjaga stabilitas benda kerja selama proses pembubutan.

5. Penyangga

Penyangga memiliki peran penting dalam pembubutan batang bulat yang panjang. Fungsi utamanya adalah untuk menyangga benda kerja sehingga tidak melengkung ke bawah, sehingga tetap menjaga ke lurusan sejajar dengan sumbu mesin.

6. Kartel

Kartel adalah alat yang digunakan untuk membuat lekukan-lekukan kecil pada benda kerja. Ini membantu mencegah benda kerja agar tidak licin saat dipegang dengan tangan, sehingga memudahkan penanganan dan pengerjaan lebih lanjut.

Semua komponen ini memiliki peran yang krusial dalam mesin bubut, memastikan bahwa proses pembubutan dapat dilakukan dengan akurat dan aman.

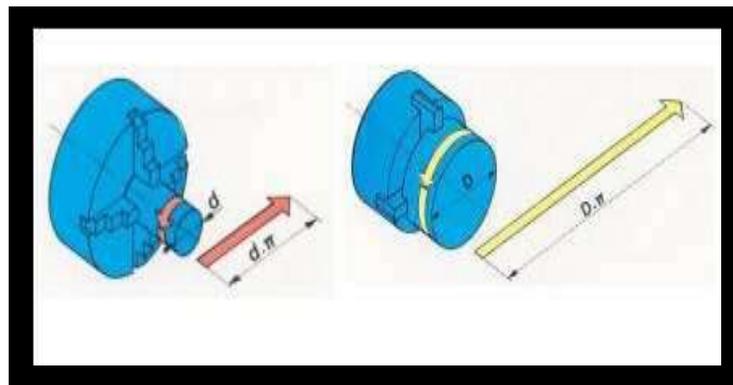
2. Parameter yang dapat di atur pada mesin bubut

Tiga parameter utama pada setiap proses bubut adalah 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.

1. Kecepatan putar n (*speed*)

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_f) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/ keliling benda kerja. Secara sederhana kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar atau.



Gambar 2.5 Panjang permukaan benda kerja yang dilalui pahat setiap putaran

$$V_c = \frac{\pi d n}{1000} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

V_c = kecepatan potong; m/menit

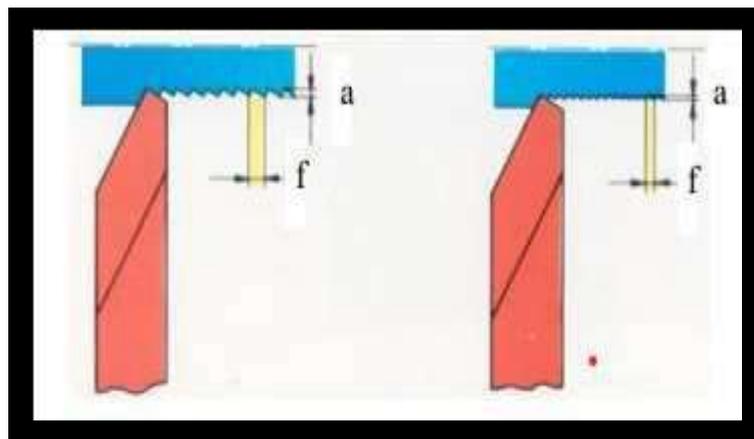
d = diameter benda kerja ;mm

n = putaran benda kerja; putaran/menit

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, misalnya untuk benda kerja *Mild Steel* dengan pahat dari HSS, kecepatan potongnya antara 20 sampai 30 m/menit.

2. Gerak makan, f (*feed*)

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



Gambar 2.6 Gerak makan (f) dan kedalaman potong (a)

3. Kedalaman potong a (*depth of cut*)

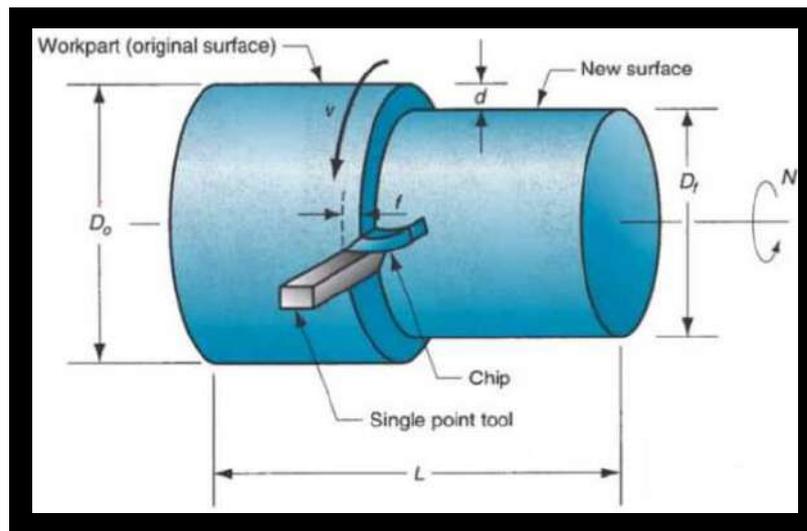
Kedalaman potong a (*depth of cut*), adalah tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap

permukaan yang belum terpotong (Dapat dilihat pada Gambar 2.5). Ketika pahat memotong sedalam a , maka diameter benda kerja akan berkurang $2a$, karena bagian permukaan benda kerja yang dipotong ada di dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar.

Beberapa proses pemesinan selain proses bubut dapat dilakukan juga di mesin bubut proses pemesinan yang lain, yaitu bubut dalam (*internal turning*), proses pembuatan lubang dengan mata bor (*drilling*), proses memperbesar lubang (*boring*), pembuatan ulir (*thread cutting*), dan pembuatan alur (*grooving/ parting-off*). Proses tersebut dilakukan di mesin bubut dengan bantuan peralatan bantu agar proses pemesinan bisa dilakuka.

3. Perencanaan dan perhitungan proses bubut

Elemen dasar proses bubut dihitung dengan menggunakan rumus Gambar 2.7



Gambar 2.7 Proses Bubut

Keterangan :

Benda kerja :

d_o = diameter mula (mm)

d_m = diameter akhir (mm)

l_t = panjang pemotongan (mm)

Pahat :

χ_r = sudut potong utama

Mesin bubut :

a = kedalam potong (mm)

f = gerak makan ; mm / putaran

n = putaran poros utama ; putaran / menit

- Kecepatan potong

$$V_c = \frac{\pi d n}{1000} ; \text{m / menit} \dots\dots\dots(2.1)$$

d = diameter rata-rata benda kerja $(d_o + d_m) / 2$; mm

n = putaran poros utama ; putaran / meneit

$\pi = 3,14$

- Kecepatan makan

$$V_f = f \cdot n ; \text{mm / menit} \dots\dots\dots(2.2)$$

- Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l t}{V_f} ; \text{menit} \dots\dots\dots(2.3)$$

- Kecepatan penghasilan bram

$$Z = A \cdot V ; \text{cm}^3 / \text{menit} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana : $A = a \cdot f ; \text{mm}^2$

Perencanaan proses bubut tidak hanya menghitung elemen dasar proses bubut, tetapi juga meliputi penentuan/pemilihan material pahat berdasarkan material benda kerja, pemilihan mesin, penentuan cara pencekaman, penentuan langkah kerja/langkah penyayatan dari awal benda kerja sampai terbentuk benda kerja jadi.

2.2.3 Pahat

Pahat ialah bagian dari mesin perkakas yang berfungsi untuk memotong, menyayat atau membentuk benda kerja sehingga benda kerja tersebut memiliki permukaan baru. Pada dasarnya material pahat termasuk juga pahat *milling*, harus meiliki keunggulan-keunggulan dalam kemampuannya untuk pemotongan atau penyayat benda kerja. Pahat dibuat dengan memperlihatkan beberapa segi yaitu:

1. Kekerasan yang tinggi melebihi kekerasan benda kerja, kekerasan harus dapat bertahan pada temperatur yang tinggi pada saat pembentukan geram berlangsung.
2. Keuletan yang cukup besar untuk menahan beban kejut yang terjadi sewaktu memotong benda kerja.
3. Sifat adhesif yang rendah untuk mengurangi laju keausan pahat.

Ada beberapa macam sifat yang harus dimiliki oleh pahat, diantaranya ialah :

- Keras
- Tahan Panas
- Tahan Gesekan
- Ulet

1. Baja Karbon

Baja karbon memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi, yaitu 0,7 % - 1,4 %. Unsur lain yang dimiliki pahat potong baja karbon adalah *mangan* (Mn) 2 %, *Wolfram* (W) 2 % dan *Khrom* (Cr) 2 %. Pahat potong baja karbon memiliki kecepatan potong sebesar 10 m/menit dan kekerasannya sebesar 500-1000 HV

2. HSS (*High Speed Steels*)

Pahat jenis HSS merupakan salah satu pahat yang mempunyai kekerasan cukup tinggi. Pahat ini merupakan pahat yang paling sering dijumpai di bengkel - bengkel bubut bahkan industri sekalipun. Pahat potong HSS memiliki kecepatan potong sebesar 20-30 m/menit. HSS ditemukan pada tahun 1898 dengan unsur paduan *Khrom* dan *tungsten*. (Nugroho and Senoaji 2010)

3. Karbida

Karbida terutama terbuat dari karbida padat sebagai dasar dan diselesaikan melalui beberapa proses produksi. Paduan keras, juga dikenal sebagai baja tungsten, terbuat dari bubuk tungsten karbida + kobalt berkualitas tinggi melalui pencampuran formula, kemudian ditekan dan disinter. Paduan keras memiliki kekerasan tinggi, kekuatan tinggi, ketahanan aus tinggi, dan modulus elastisitas tinggi. Paduan keras termasuk dalam industri metalurgi serbuk. Karbida sebagai gigi industri modern, perkakas karbida semen memainkan peran mendasar dalam pengembangan industri manufaktur.

Karbida semen diklasifikasikan menurut ukuran butiran dan dapat diklasifikasikan menjadi paduan keras biasa, paduan keras berbutir halus, dan paduan keras berbutir halus dan sangat halus. Menurut komposisi kimia utamanya, dapat dibagi menjadi paduan keras berbasis karbida tungsten dan paduan keras berbasis karbida titanium. Paduan keras berbasis karbida tungsten meliputi jenis tungsten-kobalt (YG), tungsten-kobalt-titanium (YT), dan karbonisasi langka (YW), yang masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Komponen utamanya adalah karbida tungsten (WC) dan karbida titanium (WC). Fase pengikat logam umum seperti Tic) atau niobium karbida (NbC) adalah Co. Karbida semen

berbasis karbida titanium adalah paduan keras dengan Tic sebagai komponen utamanya, dan fase pengikat logam yang umum digunakan adalah Mo dan Ni. Karbida semen mempunyai kekerasan tinggi (86 ~ 93HRA, setara dengan 69 ~ 81HRC) kedua setelah berlian, kekerasan termal yang baik (hingga 900 ~ 1000 ° C, pertahankan 60HRC); kekuatan lentur tinggi (MPa5100), ketangguhan benturan yang baik dan sifat-sifat yang tidak ditemukan pada sisipan paduan umum seperti inert secara kimia, yang sangat tahan terhadap korosi.

Pahat bubut dengan bahan karbida di pasang pada holdernya dengan cara di las dengan pengelasan brazing. Kekerasan pahat karbida ini lebih tinggi dari pada HSS, sehingga penggunaannya pun untuk membubut benda – benda yang tidak padat di bubut dengan pahat HSS. Maka dalam proses penyambungan karsida yang di pasang pada holdernya menggunakan proses brazing yang menggunakan bahan kuningan, di mana proses brazing ini sangatlah relative murah tidak memakan biaya yang tinggi dan tidak memerlukan waktu yang lama(Kosasih 2018).

Jenis-jenis utama pahat karbida sisipan yaitu :

1. Karbida *Tungsten* (WC + Co)

Karbida tungsten murni ialah jenis yang paling sederhana dimana hanya terdiri atas dua elemen yaitu karbida tungsten (WC) dan pengikat cobalt (Co). Karbida ini merupakan jenis pahat yang digunakan untuk memotong besi tuang (*cast iron cutting grade*)

2. Karbida tungsten paduan

Ada tiga jenis karbida *tungsten* paduan, yaitu :

- Karbida WC – TiC+ Co adalah penambahan unsur titanium pada paduan karbida tungsten dan pengikat *cobalt*. Tujuan penambahan titanium adalah untuk menaikkan daya tahan terhadap keausan kawah. Namun TiC membuat ketahanan terhadap deformasi plastis menurun.
- Karbida WC – TaC – TiC + Co adalah penambahan unsur tantalum untuk mengurangi efek samping TiC yang tidak tahan terhadap deformasi plastis, sehingga pahat karbida jenis ini memiliki deformasi plastis dan tahan keausan yang lebih baik.
- Karbida WC –TaC + Co adalah sama halnya seperti TiC, akan tetapi TaC lebih lunak dibandingkan TiC. Jenis ini lebih tahan terhadap *thermal shock* sehingga cocok untuk penggunaan khusus seperti pembuatan alur dalam.

3. Karbida Titanium

Pahat ini terbuat dari TiC + Ni + Mo. *Nickel* dan *Molybdenum* disini berfungsi sebagai bahan pengikat menggantikan *Cobalt*. Kekerasannya sangat tinggi (92,1- 93,5 RA), pahat ini hanya dipakai dalam operasi penghalusan.

4. Karbida Lapis

Pada umumnya material dasar dari pahat karbida lapis adalah *Tungsten* (WC) dan *Cobalt* (Co) yang dilapisi dengan bahan keramik (karbida, nitrida dan oksida). *Coated Cemented carbide* pertama kali di perkenalkan oleh Krupp Widia (1968).

4. Keramik

industri pemesinan, pahat keramik ialah jenis oksida alumunium murni atau ditambah sampai dengan 30 % karbida titanium (TiC) untuk menaikkan kekuatan sifat nonadhesif. Penambahan unsur lain tersebut dimaksudkan untuk mengurangi kegetasan dari sifat keramik, namun pahat keramik ini tetap tidak dapat menerima beban kejut yang berlebihan.

5. CBN (*Cubic Boron Nitrides*)

Pahat CBN dapat digunakan untuk memesisin berbagai jenis baja dalam kondisi yang telah dikeraskan, besi tuang, HSS maupun karbida semen. Pahat ini dapat menahan temperatur yang tinggi saat melakukan pemotongan, yaitu hingga mencapai 1300° C. Harga pahat CBN masih sangat tinggi, sehingga penggunaannya masih sangat terbatas pada pemesinan untuk mencapai ketelitian dimensi dan kehausan permukaan yang sangat tinggi.

6. Intan

Pahat intan mengandung unsur *Cobalt* sebesar 5- 10 %. Sifat tahan terhadap deformasi plastis yang dimiliki pahat intan ditentukan oleh besar butir intan serta prosentase dan komposisi dari material pengikat. Tetapi pahat intan tidak dapat digunakan untuk memotong bahan yang mengandung besi (*ferros*).

2.2.4 *Cutting Fluid*

Cutting Fluid adalah cairan yang digunakan dalam proses pemotongan logam untuk mengurangi gesekan, mengurangi panas, dan meningkatkan efisiensi pemotongan.

1. Fungsi *Cutting Fluid*:

-Pelumas

Pelumas *Cutting Fluid* adalah jenis pelumas yang dirancang khusus untuk digunakan dalam proses pemotongan logam, seperti *turning*, *milling*, *drilling*, dan lain-lain.

- Mengurangi gesekan antara alat potong dan benda kerja.
- Mengurangi panas yang dihasilkan selama pemotongan.
- Meningkatkan efisiensi pemotongan dengan mengurangi waktu pemotongan.
- Mencegah korosi pada alat potong dan benda kerja.
- Membantu menjaga kebersihan dan mengurangi debu.

-Coolant

Coolant Cutting Fluid adalah jenis cairan pendingin yang digunakan dalam proses pemotongan logam untuk mengurangi panas dan gesekan antara alat potong dan benda kerja.

- Mengurangi panas yang dihasilkan selama pemotongan.
- Mengurangi gesekan antara alat potong dan benda kerja.

2. Pengaruh pada kekasaran permukaan:

- Mengurangi keausan pahat: Cairan pendingin membantu memperpanjang umur pahat, sehingga mempertahankan geometri pemotongan yang baik dan menghasilkan permukaan yang lebih halus.
- Menurunkan suhu pemotongan: Suhu yang lebih rendah membantu mencegah deformasi termal pada benda kerja, yang dapat mempengaruhi kekasaran permukaan.
- Mengurangi *built-up edge*: Cairan pendingin membantu mencegah pembentukan *built-up edge* pada pahat, yang dapat mempengaruhi kualitas permukaan.

3. Faktor yang mempengaruhi efektivitas cairan pendingin:

- Konsentrasi: Untuk cairan pendingin yang diencerkan, konsentrasi yang tepat penting untuk kinerja optimal.
- Laju aliran: Aliran cairan pendingin yang cukup diperlukan untuk efektivitas maksimal.
- Arah semprotan: Pengarahan cairan pendingin yang tepat ke zona pemotongan penting untuk efisiensi pendinginan.
- Kualitas cairan: Cairan pendingin harus dijaga kebersihannya dan diganti

secara berkala untuk mempertahankan efektivitasnya.

4. Pertimbangan dalam pemilihan cairan pendingin untuk uji kekasaran:

- Kompatibilitas material: Cairan pendingin harus kompatibel dengan material benda kerja untuk mencegah reaksi kimia yang tidak diinginkan.
- Viskositas: Viskositas cairan pendingin dapat mempengaruhi kemampuannya untuk mencapai area pemotongan dan mengangkat geram.
- Kapasitas pendinginan: Kemampuan cairan untuk menyerap dan mentransfer panas mempengaruhi efektivitasnya dalam mengendalikan suhu pemotongan.
- Stabilitas: Cairan pendingin harus stabil selama penggunaan untuk memastikan kinerja yang konsisten

5. Pengaruh pada hasil uji kekasaran:

- Penggunaan cairan pendingin yang tepat dapat menghasilkan permukaan yang lebih halus dan konsisten.
- Cairan pendingin dapat membantu mengurangi variabilitas dalam hasil uji kekasaran dengan menstabilkan kondisi pemotongan.
- Dalam beberapa kasus, penggunaan cairan pendingin dapat memungkinkan peningkatan parameter pemotongan (seperti kecepatan atau kedalaman potong) sambil tetap mempertahankan atau bahkan meningkatkan kualitas permukaan.

6. *Green Machining*:

Green Machining adalah konsep yang menggabungkan prinsip-prinsip lingkungan dan keberlanjutan dalam proses manufaktur, terutama dalam proses pemotongan logam. Tujuan *Green Machining* adalah untuk mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan efisiensi proses manufaktur.

1. MQL (*Minimum Quantity Lubrication*) adalah teknologi pelumasan yang digunakan dalam proses manufaktur, terutama dalam proses pemotongan logam. MQL adalah salah satu contoh implementasi *Green Machining*.

Prinsip Kerja MQL *Green Machining*

- Pelumas yang digunakan dalam jumlah yang sangat kecil.
- Pelumas disemprotkan ke area pemotongan.
- Pelumas mengurangi gesekan dan panas dalam proses pemotongan.

- *Cryogenic Green Machining* adalah konsep yang menggabungkan prinsip-prinsip lingkungan dan keberlanjutan dalam proses manufaktur, terutama dalam proses pemotongan logam. *Cryogenic Green Machining* berfokus pada pengurangan dampak lingkungan dan peningkatan efisiensi proses manufaktur.

Prinsip-prinsip *Cryogenic Green Machining*

- Mengurangi konsumsi energi dan sumber daya.
- Mengurangi limbah dan polusi.
- Menggunakan bahan dan teknologi yang ramah lingkungan.
- Meningkatkan efisiensi proses manufaktur.
- Mengurangi biaya produksi.

- Cairan CO₂

Cairan CO₂ (Karbondioksida) adalah bentuk cair dari gas karbondioksida yang digunakan dalam berbagai aplikasi industri dan komersial. (Pratama 2022)

Sifat-sifat Cairan CO₂

- Titik didih: -56,6°C
- Titik beku: -78,5°C
- Berat jenis: 1,1 g/cm³
- Tekanan uap: 60 bar

Aplikasi Cairan CO₂

1. Pembersihan: Cairan CO₂ digunakan sebagai pelarut untuk membersihkan permukaan logam dan komponen elektronik.
2. Pengolahan makanan: Cairan CO₂ digunakan untuk mengawetkan makanan dan minuman dengan cara menghilangkan oksigen.
3. Pengolahan air: Cairan CO₂ digunakan untuk menghilangkan mineral dan logam berat dari air.
4. Pengolahan limbah: Cairan CO₂ digunakan untuk menghilangkan polutan dari limbah industri.
5. Penggunaan lainnya: Cairan CO₂ juga digunakan dalam aplikasi lain seperti pengolahan kertas, pengolahan tekstil, dan pengolahan kulit.

- *Dry Green Machining* (DGM) adalah konsep yang menggabungkan prinsip-prinsip lingkungan dan keberlanjutan dalam proses manufaktur, terutama dalam proses pemotongan logam, tanpa menggunakan cairan pendingin atau pelumas.

Prinsip-prinsip *Dry Green Machining*

- Mengurangi konsumsi energi dan sumber daya.
- Mengurangi limbah dan polusi.
- Menggunakan teknologi yang ramah lingkungan.
- Meningkatkan efisiensi proses manufaktur.
- Mengurangi biaya produksi

2.3 Baja

Baja adalah paduan logam yang tersusun dari besi sebagai unsur utama dan karbon sebagai unsur penguat. Kandungan baja yang utama adalah Besi (Fe) dengan kadar 97% dan Karbon (C) dengan kadar 0,2% hingga 2,1%, serta unsur paduan lain yaitu Mangan (Mn), Krom (Cr), Vanadium(V), Nikel (Ni), Silikon (Si), tembaga (Cu), sulfur (S), fosfor (P) dan lainnya dengan jumlah yang dibatasi dan berbeda-beda

Sifat sifat utama baja ialah sebagai berikut :

1. Kekuatan
Baja mempunyai gaya tarik, lengkung, dan tekan yang sangat besar.
2. Kelenturan
Menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan.
3. Kekakuan
Menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) atau defleksi. Dalam beberapa hal kekakuan ini lebih penting dari kekuatan.
4. Kekerasan
Menyatakan ukuran ketahanan suatu material terhadap deformasi plastis lokal.
5. Ketangguhan
Menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi dengan mengakibatkan terjadinya kerusakan.
6. Kelelahan
Adalah salah satu jenis kegagalan (patah) pada komponen akibat beban dinamis (pembebanan yang berulang-ulang atau berubah-ubah).
7. Plastisitas

Menyatakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastic (permanen) tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.

8. Mulur

Merupakan kecenderungan suatu logam untuk mengalami deformasi plastik bila pembebanan yang besarnya relatif tetap dilakukan dalam waktu yang lama pada suhu yang tinggi.

2.3.1 Klasifikasi Baja

Menurut kekuatannya terdapat beberapa jenis baja, AISI 1045 AISI 4340 AISI 4140 diantaranya :, dst. Standart AISI (*American Iron and Steel Institute*). Baja yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja AISI 1045

1. Baja karbon rendah (*low carbon steel*) : $C \leq 0,25 \%$
2. Baja karbon menengah (*medium carbon steel*) : $C=0,25 \%-0,55 \%$
3. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*): $C > 0,55 \%$
4. Baja paduan rendah (*low alloy steel*) : unsur paduan $< 10 \%$
5. Baja paduan tinggi (*high alloy steel*) : unsur paduan $> 10 \%$

2.3.2 Baja AISI 1045

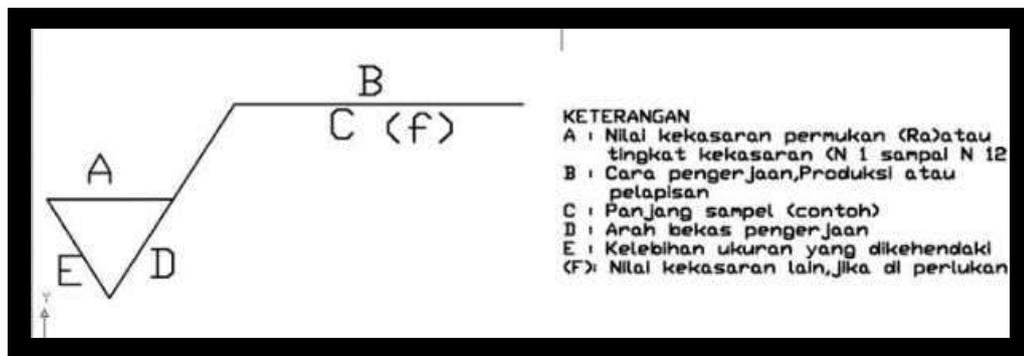
Baja AISI 1045 merupakan baja yang memiliki kadar karbon sebesar 0,45%. Baja jenis ini banyak digunakan pada komponen kendaraan sepeda motor seperti: roda gigi, poros, dan bantalan. Pada penerapannya, baja sering mengalami keausan akibat dari gesekan dan tekanan. Untuk menjaga agar umur baja lebih tahan lama terhadap gesekan maka perlu dilakukan perlakuan panas *quenching*. Perlakuan panas *quenching* ini sangat berperan penting dalam upaya meningkatkan sifat mekanik yang terdapat pada baja AISI 1045 (Haryadi, Utomo, and Ekaputra 2021).

2.4 Kekasaran Permukaan

Setiap permukaan dari benda kerja yang telah melalui proses pemesinan, baik itu proses bubut, sekrap, *milling*, akan mengalami perubahan pada bentuk dan permukaan walaupun hal tersebut terkadang tidak dapat hanya dilihat dengan kasat

mata, namun apabila diperhatikan dengan seksama menggunakan alat bantu maka akan terlihat perubahan yang terjadi pada permukaan tersebut setelah mengalami proses pemesinan. Yang dimaksud dengan kekasaran permukaan ialah penyimpangan pada rata-rata aritmatik dari garis rata-rata permukaan. Definisi ini digunakan untuk menentukan harga rata-rata dari kekasaran permukaan.

Dalam dunia industri, permukaan benda kerja memiliki nilai kekasaran permukaan yang berbeda, sesuai dengan kebutuhan dari alat tersebut. Nilai kekasaran permukaan memiliki nilai kualitas (N) yang berbeda, nilai kualitas kekasaran permukaan telah diklasifikasikan oleh ISO dimana yang paling kecil adalah N1 yang memiliki nilai kekasaran permukaan (R_a) 0,025 μm . Kekasaran permukaan mempunyai lambang konfigurasi yang universal dan memudahkan dalam pembacaannya seperti pada gambar 2.6 berikut yang menerangkan simbol



Gambar 2.8 Konfigurasi Kekasaran Permukaan

1. Permukaan

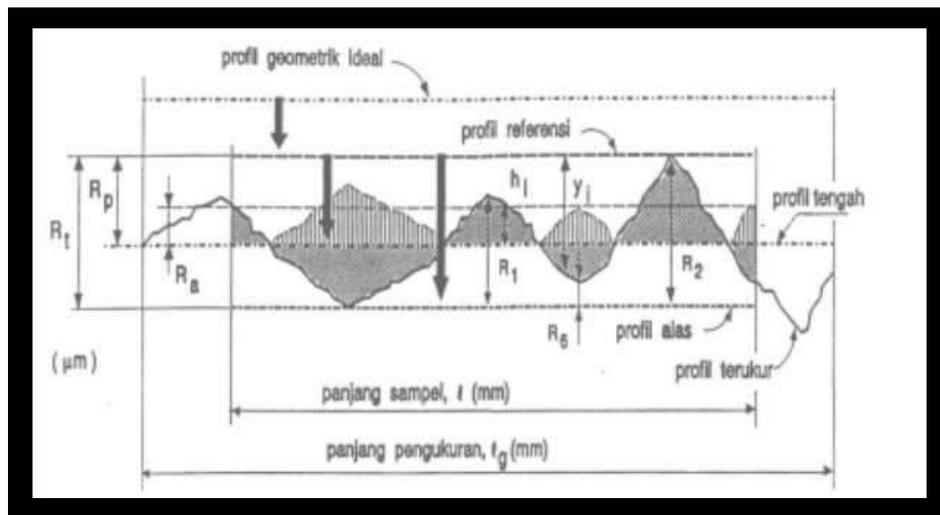
Permukaan ialah suatu batas titik yang memisahkan sebuah benda padat dengan keadaan disekitarnya. Setiap proses pengerjaan akan menghasilkan suatu ciri tertentu pada permukaan benda kerja yang dihasilkan, dengan demikian dapat diartikan bahwa dari setiap hasil pemesinan akan merubah bentuk permukaan benda kerja. Sedangkan karakteristik permukaan memegang peran penting dalam perancangan komponen mesin, hal ini tidak dapat dikesampingkan, karena bentuk permukaan tersebut akan berhubungan dengan gesekan, pelumasan, perekatan dua atau lebih komponen mesin dan lain-lain. Kekasaran permukaan sebuah produk tidak harus memiliki nilai yang kecil atau halus, tetapi sebuah produk terkadang memerlukan nilai kekasaran permukaan yang besar sesuai fungsinya.

Seperti halnya pada toleransi ukuran, bentuk, dan posisi karakteristik permukaan harus dapat diterjemahkan kedalam gambar teknik agar kemauan

perancang dapat dipenuhi. Oleh sebab itu, orang berusaha membuat berbagai definisi atau berbagai parameter guna menandai / mengidentifikasi konfigurasi suatu permukaan. Dinamakan parameter sebab definisi tersebut harus bisa diukur dengan besaran/unit tertentu yang mungkin harus dilakukan dengan memakai alat ukuran khusus yang dirancang untuk keperluan tersebut.

2.5 Parameter Kekasaran Permukaan

mendapatkan nilai kekasaran permukaan, sensor alat ukur akan bergerak mengikuti lintasannya pada permukaan profil benda kerja sepanjang lintasan yang dimiliki oleh alat ukur. Setelah pembacaan oleh sensor selesai maka nilai kekasaran permukaan akan dikalkulasi sesuai dengan tingkat kekasaran yang telah dideteksi sepanjang lintasan yang diukur. Bagian panjang permukaan yang dibaca oleh sensor alat ukur kekasaran permukaan disebut panjang sampel (Saputro 2010).



Gambar 2.9 Profil kekasaran permukaan

1. Profil geometric ideal ialah garis permukaan sempurna yang dapat berupa garis lurus, lengkung atau busur.
2. Profil referensi / puncak / acuan merupakan garis yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisa ketidakraturan bentuk permukaan.
3. Profil alas adalah garis yang berada dibawah yang menyinggung terendah.
4. Profil tengah merupakan garis yang berada ditengah-tengah antara puncak tertinggi dan lembah terdalam. Dari gambar diatas, dapat didefinisikan sebagai beberapa parameter kekasaran permukaan, yaitu:

5. Kekasaran rata-rata aritmatik (Ra) merupakan nilai rata-rata aritmatik antara garis tengah dan garis terukur.

Kelas kekasaran permukaan seperti diatas menjelaskan tentang tingkatan nilai kualitas kekasaran permukaan, dari yang paling kecil atau bagus yaitu N1 yang memiliki harga Ra 0,025 μm , hingga yang paling besar atau yang paling buruk N12 yang memiliki harga Ra 50 μm .

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |h_1| dx$$

1. Alat Ukur Kekasaran Permukaan

Roughness Tester ialah alat pengukuran kekasaran permukaan, setiap permukaan komponen dari suatu benda mempunyai beberapa bentuk yang bervariasi menurut strukturnya maupun dari hasil proses produksinya. *Roughness* atau kekasaran didefinisikan sebagai ketidakhalusan bentuk yang menyertai proses produksi yang disebabkan oleh pengerjaan mesin. Nilai kekasaran dinyatakan dalam *Roughness Average* (Ra). Ra merupakan parameter kekasaran yang paling banyak dipakai secara internasional. Ra didefinisikan sebagai rata-rata aritmatika dan penyimpangan mutlak profil kekasaran dari garis tengah dan rata-rata



Gambar 2.10 *Roughness Tester*

Pengukuran kekasaran permukaan diperoleh dari sinyal pergerakan *stylus* berbentuk diamond untuk bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan sebagai alat *indicator* pengukur kekasaran benda uji. Prinsip kerja dari alat ini adalah

dengan menggunakan *transducer* dan diolah dengan *mikroprocessor*. *Roughness tester* dapat digunakan dilantai di setiap posisi, horizontal, vertikal atau dimanapun.

Ketika mengukur kekasaran permukaan dengan *roughness tester*, sensor ditempatkan pada permukaan dan kemudian meluncur sepanjang permukaan seragam dengan mengemudi mekanisme di dalam *tester*. Sensor mendapatkan kekasaran permukaan dengan probe tajam *built-in*. Instrumen *roughness tester* ini kompatibel dengan empat standar yaitu ISO, DIN, ANSI, JIS Untuk melakukan pengujian menggunakan alat uji ini dapat dikatakan simple dan cepat sehingga efisien, cara pengujian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

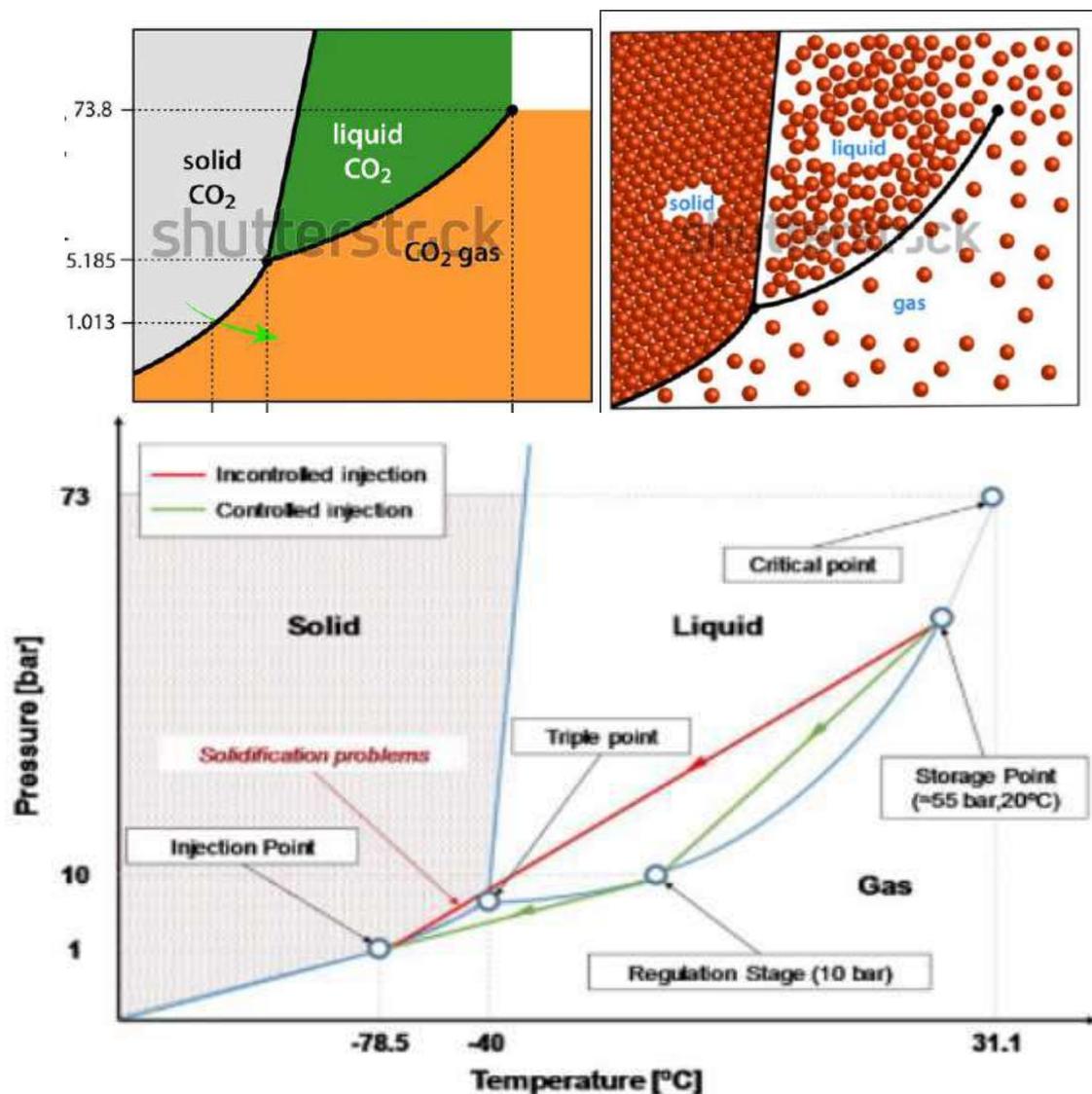
1. Tentukan dan bersihkan lokasi yang akan dilakukan pengujian, atau siapkan material yang akan diuji.
2. Siapkan alat uji *roughness tester* dan setting alat uji sesuai dengan kebutuhan pengujian, lalu tekan tombol power pada alat uji hingga angka pada alat uji muncul.
3. Lalu tempelkan sensor yang ada pada alat uji pada material atau object yang diuji, posisi dalam pengujian dapat dilakukan dari berbagai posisi horizontal, vertical ataupun data, yang nantinya alat uji tersebut akan melakukan pengukuran menggunakan sebuah sensor *transducer* yang kemudian diolah menggunakan *microprocessor*.
4. Hasil dari dari pengolahan data alat uji *roughness tester* tersebut nantinya akan muncul pada layar display yang tertera pada alat uji

Tabel 2.1 Acuan Panjang sampel

Kekerasan Ra (μm)	Kelas kekerasan	Panjang sampel
50	N12	8
25	N11	
12,5	N10	2,5
6,3	N9	
3,2	N8	0,8
1,6	N7	
0,8	N6	

0,4	N5	
0,2	N4	0,25
0,1	N3	
0,05	N2	
0,025	N1	0,8

2.6 Diagram fasa CO₂ - Keadaan materi.



Gambar 2.11 Diagram Fasa CO₂

Titik Tripel adalah satu-satunya titik plot yang di dalamnya terdapat fase padat, cair, dan gas pada material secara bersamaan. Hal ini ditandai dengan kondisi suhu dan tekanan tertentu. Titik Kritis ditandai dengan hilangnya perbedaan antara

fase gas dan fase cair. Dalam kasus CO₂, ketika diekspansi, campuran partikel padat dan gas pada suhu -78,5°C akan muncul. Hal ini menyebabkan fenomena es kering yang menyumbat saluran. Untuk menghindari pembentukan es kering, perangkat kontrol tekanan wajib digunakan. Namun, saluran pasokan yang diisolasi tidak diperlukan. Selain itu, dari sudut pandang lingkungan, CO₂ diperoleh sebagai produk limbah dari proses kimia dan industri, sehingga netralitas lingkungan yang terkait dengan pemesinan kriogenik konvensional tetap terjaga.

BAB III

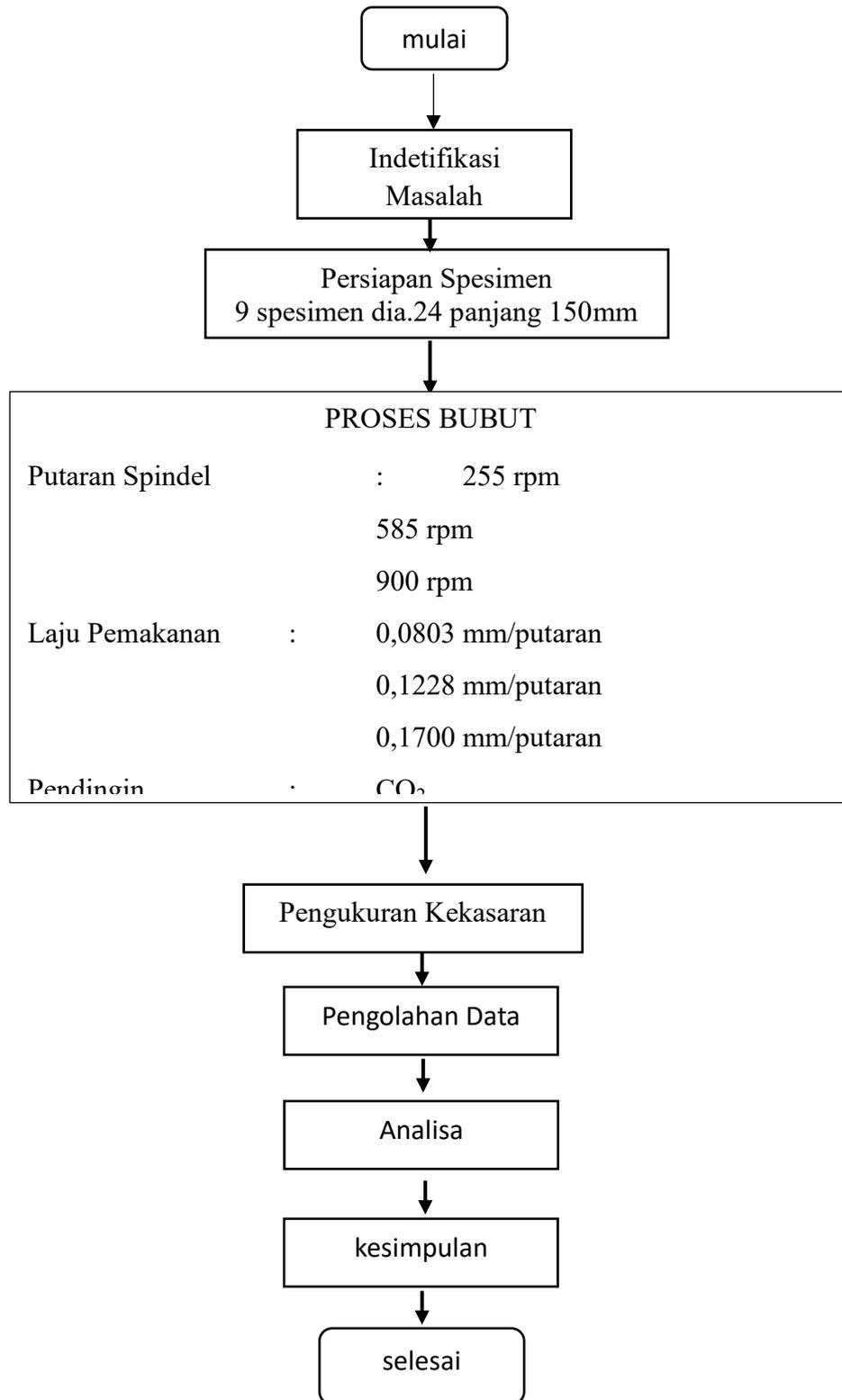
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif dimana. Kuantitatif merupakan metode penelitian yang berlandaskan positivistic (data konkrit), data penelitian berupa angka-angka yang akan diukur menggunakan statistik sebagai alat uji penghitungan, berkaitan dengan masalah yang diteliti untuk menghasilkan suatu kesimpulan.

3.1 Diagram Alir

Secara umum, diagram alir merupakan representasi visual dari suatu sistem, proses, atau algoritma komputer. Diagram ini umumnya dimanfaatkan untuk keperluan perencanaan, pendokumentasian, penyempurnaan, serta untuk menggambarkan urutan langkah-langkah dalam alur kerja.

Penyusunan diagram alir dapat membantu dalam merumuskan tujuan dan ruang lingkup suatu alur kerja. Selain itu, diagram ini juga berguna untuk mengidentifikasi tugas-tugas yang perlu diselesaikan secara berurutan. Pertama kali, konsep ini didokumentasikan oleh Frank dan Lilian Gilbreth tahun 1921 dimana mereka mempresentasikan bagan proses alur dengan basis grafis ke ASME (*Assosiate society of mechanical enginers*) proses penyelesaian tugas akhir ini ada beberapa proses yang dilakukan, dimana proses-proses penelitian dapat dilihat dari diagram alir pada gambar3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Variabel Penelitian

variabel merupakan objek atau konsep yang akan diteliti yang bentuknya bisa abstrak maupun *real*. Dalam proses penulisan penelitian, perumusan variabel harus dilakukan secara sistematis dan sesuai dengan kaidah-kaidah ilmiah. Dengan begitu, kebenaran hasil observasi dalam penelitian dapat dipertanggungjawabkan

Kekasaran permukaan logam dan pendingin CO₂ merupakan variabel terikat, variasi laju pemakanan dan putaran *spindle* merupakan variabel bebasnya.

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Mesin bubut Krisbow KW15-907.
2. Pahat Carbide Inserts DCMT 07 02 04-PM 4335
3. Alat ukur kekasaran permukaan Roughness Tester Mitutoyo *Type* SJ-310
4. Material Baja AISI 1045
5. fluida Pendingin (Pendingin CO₂)

3.4 Mesin bubut konvensional

Pada penelitian ini menggunakan mesin bubut konvensional *type* Krisbow KW15-907. yang berada di laboratorium Fakultas Teknik Universitas IBA Palembang.



Gambar 3.2 Mesin Bubut type Krisbow KW15-907.

1. Pahat potong

Pahat potong yang digunakan yaitu pahat *Carbide Inserts* dengan kode DCMT 07 02 04-PM 4335 adalah jenis alat potong yang dirancang untuk digunakan dalam mesin bubut, terutama dalam operasi pemotongan dan pembentukan material logam. (Hendri Budiman and Richard Richard 2007) Berikut adalah penjelasan tentang spesifikasi dan fitur pahat ini:

Spesifikasi Pahat *Carbide Inserts* DCMT 07 02 04-PM 4335

1) Kode Jenis (*Insert Code*):

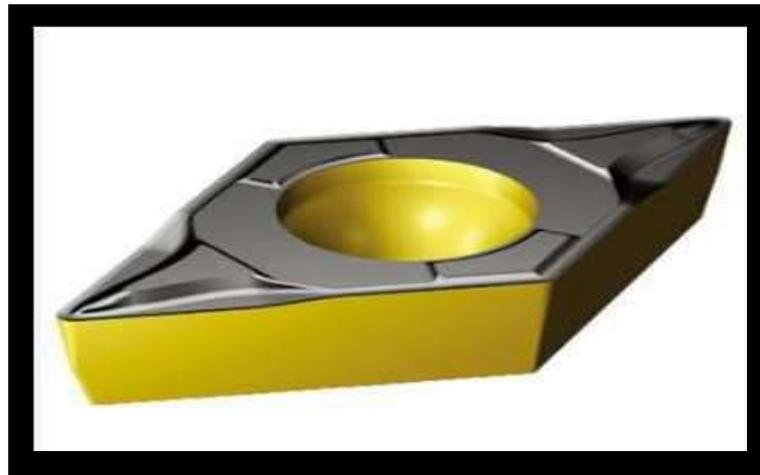
- a. DCMT: Kode ini menunjukkan bentuk dan desain insert, di mana "DCMT" adalah tipe insert dengan bentuk segi empat yang digunakan untuk pemotongan umum.
- b. 07 02 04: Kode ini mengindikasikan dimensi insert, di mana:
 - 07: Panjang sisi insert (dalam mm) – 7 mm.
 - 02: Tinggi insert (dalam mm) – 2 mm.
 - 04: Sudut tip insert (dalam derajat) – 4 derajat, biasanya menunjuk pada sudut potong yang spesifik. PM 4335: Kode ini menunjukkan grade atau bahan dan pelapisan spesifik dari insert. PM 4335 adalah jenis grade *carbide* dengan komposisi dan pelapisan yang dirancang untuk aplikasi pemotongan umum dengan ketahanan terhadap aus dan keausan yang baik.

Material:

- *Carbide* (Karbida): Insert ini terbuat dari carbide, bahan yang sangat keras dan tahan aus, cocok untuk pemotongan logam keras. *Carbide* adalah campuran dari tungsten carbide (WC) dan kobalt (Co), memberikan kekuatan tinggi dan ketahanan terhadap suhu tinggi.

Bentuk dan Ukuran:

- Bentuk: Insert ini biasanya berbentuk segi empat (*square*) dengan sudut potong tertentu, dirancang untuk aplikasi pemotongan dengan sudut yang lebih kecil.
- Ukuran: Panjang sisi 7 mm, tinggi 2 mm, memberikan keseimbangan antara ketahanan dan kemampuan pemotongan.



Gambar 3.3 Pahat Carbide Inserts DCMT 07 02 04-PM 4335

Tabel 3.1 Spesifikasi dari *Surface Roughness Tester Type SJ-310*

SPECIFICATIONS/CONFIGURATION						
Model No.	SJ-310					
Order No. (inch/mm)	178-571-01A	178-571-02A	178-573-01A	178-573-02A	178-575-01A	178-575-02A
Drive unit	Standard type (178-230-2)		Retractable type (178-235)		Transverse tracing type (178-233-2)	
Detector	0.75mN type (178-296)	4mN type (178-390)	0.75mN type (178-296)	4mN type (178-390)	0.75mN type (178-387)	4mN type (178-386)
Display unit	Standard type with printer					
Detector: Tip angle	60°	90°	60°	90°	60°	90°
Stylus tip radius	2µm	5µm	2µm	5µm	2µm	5µm
Detector measuring force	0.75mN	4mN	0.75mN	4mN	0.75mN	4mN
Standard accessories	12AAM475 Connecting cable 12AAA217 Nosepiece for plane surface 12AAA218 Nosepiece for cylinder 12AAA216 Supporting leg 12BAK700 Calibration stage 12BAG834 Stylus pen 12BAL402 Protection sheet 270732 Printer paper (5 pieces) 12BAL400 Carrying case 178-602 Roughness reference specimen (Ra 3µm), AC adapter, Philips screwdriver, Strap for stylus pen, Operation manual, Quick reference manual, Warranty				12AAM475 Connecting cable 12AAE643 Point-contact adapter 12AAE644 V-type adapter 12BAK700 Calibration stage 12BAG834 Stylus pen 12BAL402 Protection sheet 270732 Printer paper (5 pieces) 12BAL400 Carrying case 178-606 Roughness reference specimen (Ra 1µm), AC adapter, Philips screwdriver, Strap for stylus pen, Operation manual, Quick reference manual, Warranty	

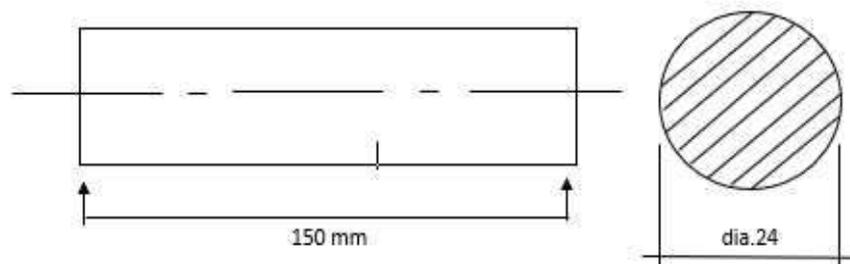
3.5 Urutan mm/putaran pada mesin bubut Krisbow KW15-907.

 mod C		dp C		 (mm) C (ins)		
.3	HCT6Z	44	HBR4V	.0472	LCT1W	.0019
.4	HCS1Z	40	HBR3V	.0520	LCT2W	.0021
.5	HCS3Z	36	HAS6V	.0614	LCT4W	.0028
.6	HCS6Z	32	HBR1V	→.0803	LCT8W	.0031
.7	HCS8Z	30	HAS3V	.0945	LCS2W	.0038
.8	HCR1Z	28	HBS8V	→.1228	LCS4W	.0047
.9	HCR2Z	26	HBS7V	→.1700	LCS8W	.0066
1.0	HCR3Z	24	HBS6V	.2079	LCR2W	.0085
1.25	HCS3Y	22	HBS4V	.2646	LCR4W	.0104
1.5	HCS6Y	20	HBS3V	.3307	LCR8W	.0132
1.75	HCS8Y	19	HCS2V	.4158	LCS8X	.0161
2.0	HCR1Y	18	HBS2V	.5220	LCR2X	.0208
2.25	HCR2Y	16	HBS1V	.6425	LCR4X	.0255
2.5	HCR3Y	15	HAT3V	.8032	LCR8X	.0312
2.75	HCR4Y	14	HBT8V	1.134	HCS2X	.0444
3.0	HCR6Y	13	HBT7V	1.323	HCS4X	.0520
3.25	HCR7Y	12	HBT6V	1.606	HCS8X	.0633
3.5	HCR8Y	11	HBT4V			
		10	HBT3V			
		9	HBT2V			
		8	HBT1V			

Gambar 3.4 Material Gambar T Urutan mm/putaran pada mesin bubut Krisbow KW15-907.

3.6 Material / Spesimen

American Iron and Steel Institute (AISI) 1045 merupakan baja karbon yang kandungan karbonnya sekitar 0,43% - 0,50% baja ini termasuk dalam golongan baja menengah (Pramono 2011). AISI 1045 menunjukkan bahwa 45 adalah kandungan atau kadar karbon pada baja tersebut yaitu 0,45 %. Baja AISI 1045 sering dikatakan sebagai baja karbon karena sesuai dengan enkripsi internasional, yang merupakan seri 10xx berdasarkan nama yang diterbitkan oleh AISI dan SAE. Baja AISI 1045 memiliki kandungan (0,43% - 0,48% C) sehingga baja ini dapat digolongkan menjadi baja karbon menengah . Carbon (C) 0,4 – 0,45 %; Sulfur (S) max 0,05 %; Fosfor (P) max 0,04 %; Silicon (Si) 0,1 – 0,3 %; Mangan (Mn) 0,60 – 0,90 %; Molibdenum (Mo) 0,25 % adalah komposisi baja AISI 1045 . Sedangkan Cu, Al, Cr dan Ni adalah jumlah kandungan komposisi lain yang dapat memperbaiki sifat mekanis baja(Journal and Science 2025).



Gambar 3.5 Material Gambar Teknik Baja AISI 1045

Tabel 3.2 Komposisi Baja AISI 1045

Jenis kadar	Persentase (%)
Karbon, C	0,45%
Mangan, Mn	0,60-0,90%
Fosfor, P	<0,040%
Silikon, Si	0,15 – 0,30
Besi, Fe	98,51-98,98%

3.8 Prosedur Pengujian

Untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan diperlukan beberapa tahap proses pengukuran yaitu :

1. Menyiapkan dudukan untuk benda kerja
2. Memberi tanda pa titik ukur benda kerja.
3. Memasang sensor alat ukur kekasaran pada *chasing*.
4. Mengukur kekasaran permukaan dengan menempelkan ujung sensor pada titik yang telah dibubut
5. Catat/Dokumentasi kekasaran permukaan seperti nilai Ra, yang tertera pada layar

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN HASIL

4.1 Cara mengolah data Ra

Setelah pengujian dilakukan selanjutnya data-data dianalisis. Data yang diperoleh berupa angka (nilai). Pengujian kekasaran permukaan menghasilkan data berupa angka kekasaran permukaan. Data tersebut diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan alat ukur kekasaran (*Roughness Tester*).

pengujian kekasaran permukaan menggunakan variasi kecepatan putaran *spindle* dan laju pemakanan dari spesimen baja AISI 1045 dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 di bawah ini.

$$Ra\ awal = \frac{Ra1+Ra2+Ra3}{3}(\mu m) \dots\dots\dots(2.1)$$

$$Ra\ tengah = \frac{Ra4+Ra5+Ra6}{3}(\mu m) \dots\dots\dots(2.2)$$

$$Ra\ ujung = \frac{Ra7+Ra8+Ra9}{3}(\mu m) \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\frac{Ra=Ra\ awal+Ra\ tengah+Ra\ ujung}{3} (\mu m) \dots\dots\dots(2.4)$$

Tabel 4.1 Hasil uji pada rpm 255

NO	f feed (mm/put)	Putaran spindle (Rpm)	Posisi Pengambi lan Data kekerasan	Nilai uji kekasaran			\bar{Ra}	μm
				1	2	3		
1	0,0803	255	Awal	1.719	2.136	2.375	2.077	2.723
			Tengah	2.548	2.975	2.638	2.720	
			Ujung	3.741	3.167	3.212	3.373	
2	0,1228	255	Awal	2.925	3.564	3.125	3.205	3.083
			Tengah	2.502	3.402	1.985	2.630	
			Ujung	2.885	3.998	3.362	3.415	
3	0,1700	255	Awal	3.527	3.559	3.434	3.507	3.469
			Tengah	2.794	3.366	3.875	3.345	
			Ujung	3.320	3.542	3.808	3.557	

Tabel 4.2 Hasil uji pada rpm 585

NO	f (feed) (mm/put)	Putaran spindle (Rpm)	Posisi Pengambilan Data kekerasan	Nilai uji kekasaran			\overline{Ra}	μm
				1	2	3		
4	0,0803	585	Awal	2.103	2.838	2.057	2.333	2.518
			Tengah	2.138	2.221	2.844	2.401	
			Ujung	2.736	3.223	2.510	2.823	
5	0,1228	585	Awal	2.713	2.801	2.326	2.613	2.644
			Tengah	2.660	3.073	2.606	2.780	
			Ujung	2.643	2.443	2.537	2.541	
6	0,1700	585	Awal	3.202	3.692	3.456	3.450	3.340
			Tengah	3.435	3.561	2.574	3.190	
			Ujung	3.114	3.720	3.307	3.380	

Tabel 4.3 Hasil uji pada rpm 900

NO	f feed (mm/put)	Putaran <i>spindle</i> (Rpm)	Posisi Pengambilan Data kekerasan	Nilai uji kekasaran			\bar{Ra}	μm
				1	2	3		
7	0,0803	900	Awal	1.515	1.817	1.799	1.710	1.750
			Tengah	1.550	1.665	1.800	1.672	
			Ujung	1.779	1.972	1.858	1.870	
8	0,1228	900	Awal	2.278	2.000	2.308	2.195	2.231
			Tengah	2.051	2.272	2.267	2.197	
			Ujung	2.244	2.291	2.369	2.301	
9	0,1700	900	Awal	3.036	3.268	2.968	3.091	3.177
			Tengah	3.412	3.111	3.174	3.232	
			Ujung	3.172	3.327	3.127	3.209	

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

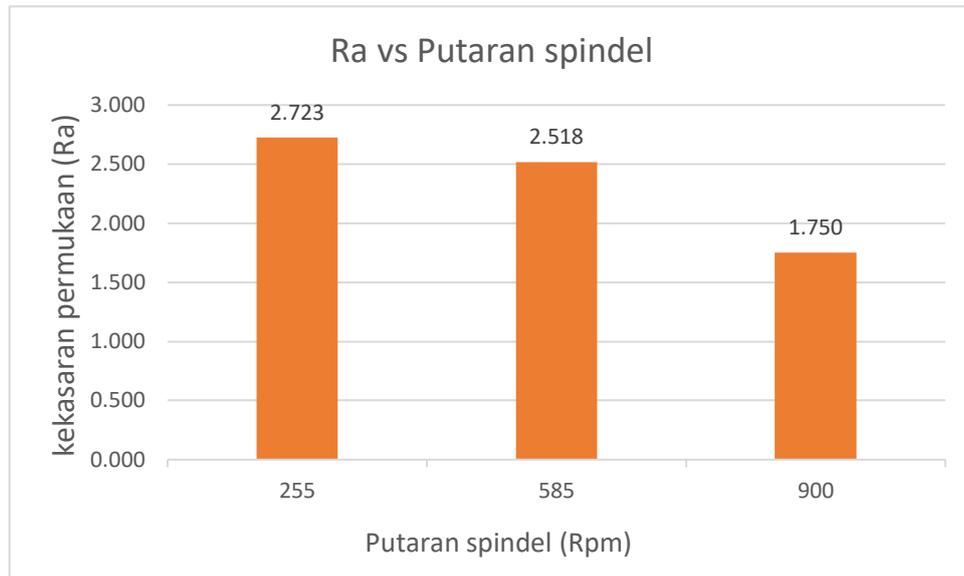
5.1 Pembahasan

Dari Tabel 5.1 terlihat bahwa nilai kekasaran yang paling kecil terjadi pada *feed* 0,0803 mm/putaran. Laju pemakanan sangat berpengaruh terhadap nilai kekasaran. Peningkatan laju pemakanan semakin meningkatkan nilai kekasaran. Hubungan linier antara gerak pemakanan dengan nilai kekasaran ditunjukkan secara grafis pada Gambar 5.1

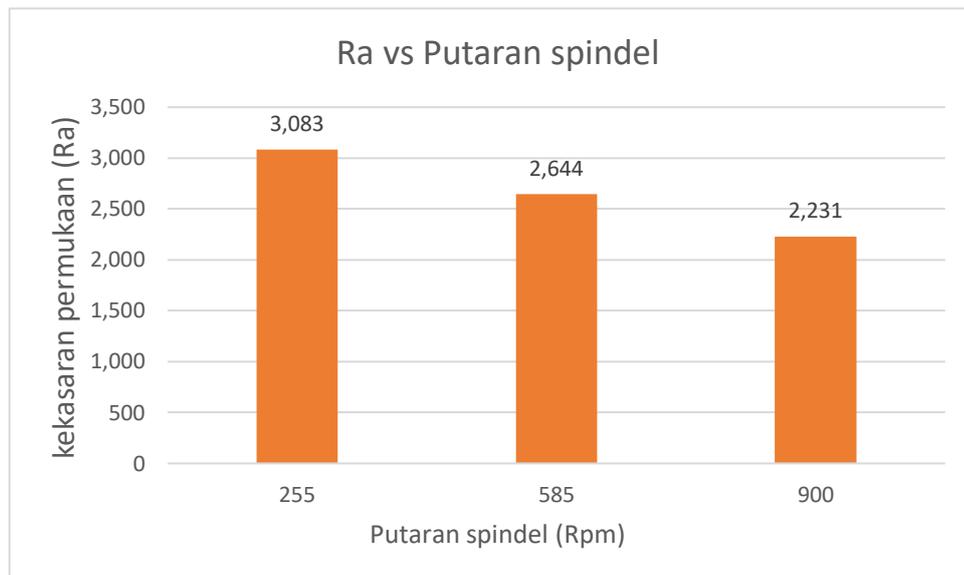
Tabel 5.1 Nilai Rata-rata keseluruhan Kekasaran Variasi f (feed) dan Variasi Rpm

NO	(N) rpm	(f) mm/putaran	Rata – rata (μm)
1	255	0,0803	2.723
2		0.1228	3.083
3		0.1700	3.469
4	585	0.0803	2.518
5		0.1228	2.644
6		0.1700	3.340
7	900	0.0803	1.750
8		0.1228	2.231
9		0.1700	3.177

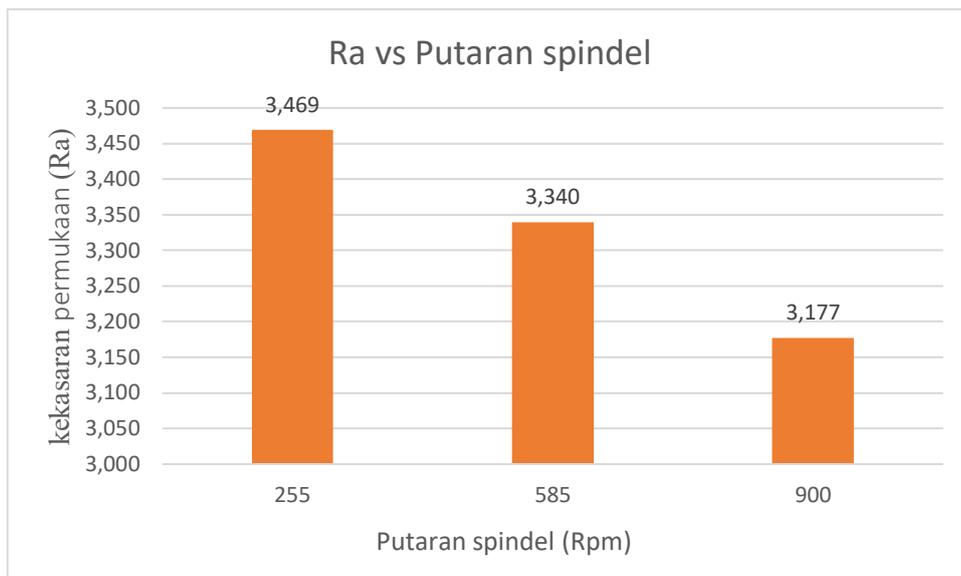
Dari tabel 5.1 hasil pengukuran didapat data hasil kekasaran permukaan yang kemudian dihitung nilai rata-ratanya yang dapat dilihat pada tabel-tabel di bawah ini :



Gambar 5.1 Ra pada Variasi Rpm dan (f) mm/putaran 0,0803

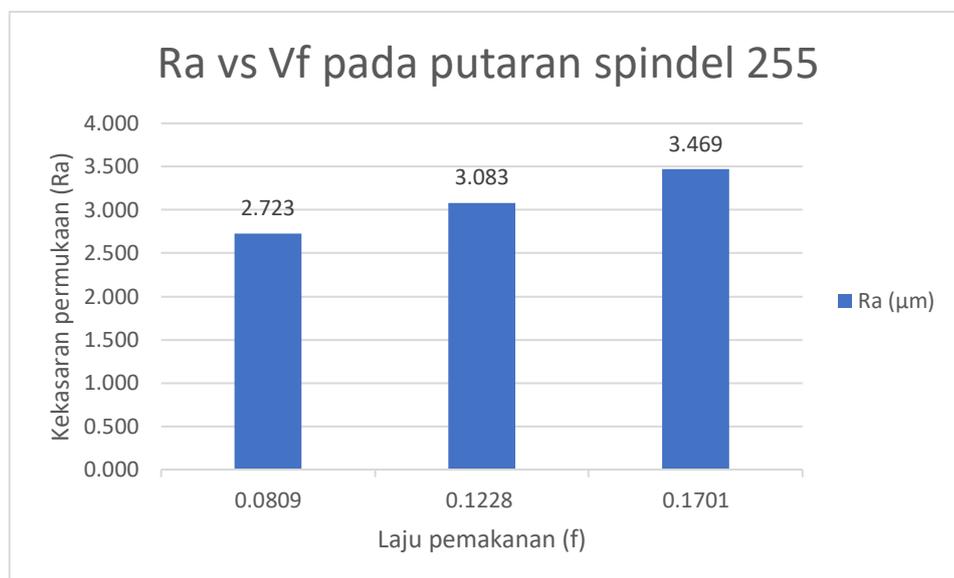


Gambar 5.2 Ra pada Variasi Rpm dan (f) mm/putaran 0,1228

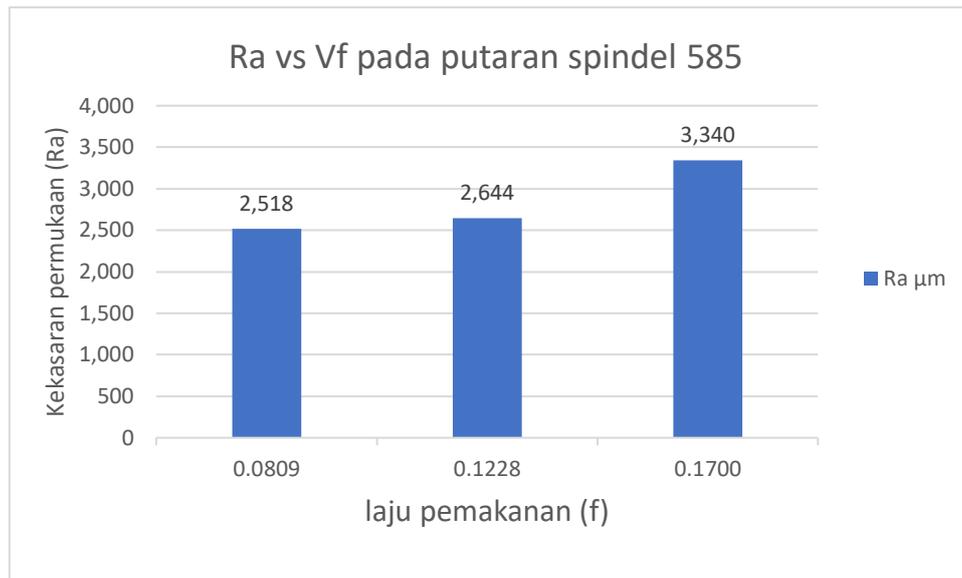


Gambar 5.3 Ra pada Variasi Rpm dan (f) mm/putaran 0,1700

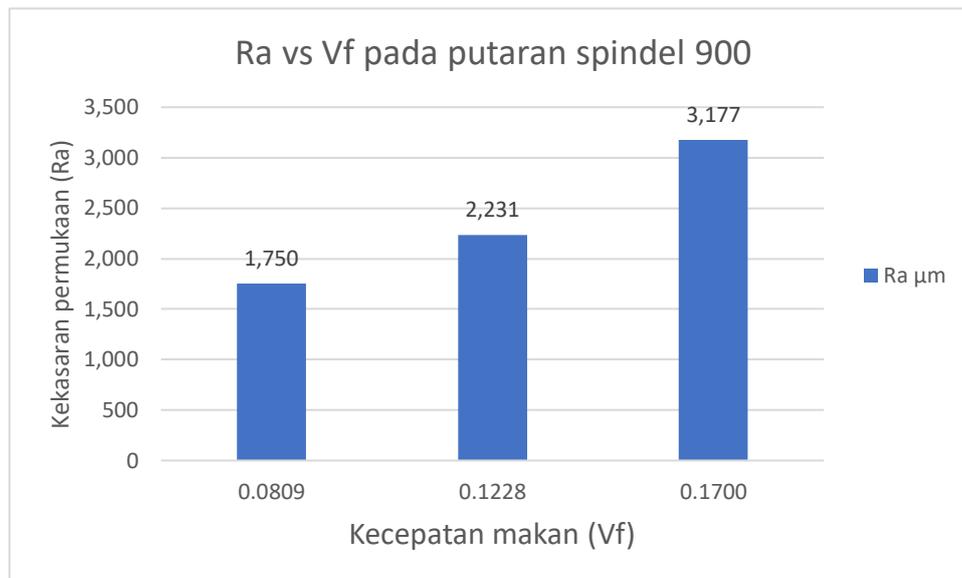
Berdasarkan gambar pada gambar 5.1, gambar 5.2, dan gambar 5.3, variasi N (putaran *spindle*) dengan Rpm 255, Rpm 585, dan Rpm 900, nilai Ra yang didapat mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya putaran *spindle*, dengan kata lain bahwa semakin Besar putaran *Spindle* maka nilai Ra yang dihasilkan semakin kecil atau semakin halus.



Gambar 5.4 Ra pada Variasi f (feed) dan Rpm 255

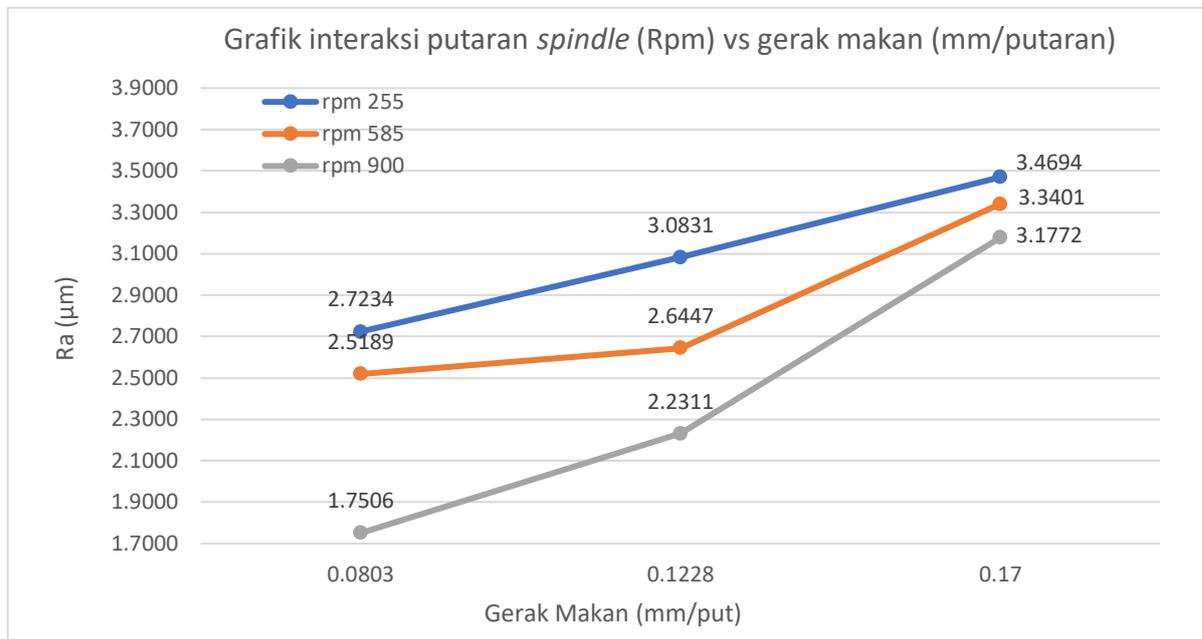


Gambar 5.5 Ra pada Variasi f (feed) dan Rpm 585



Gambar 5.6 Ra pada Variasi f (feed) dan Rpm 900

Berdasarkan pada gambar 5.4, gambar 5.5, dan gambar 5.6, Variasi f (laju pemakanan) dengan f (feed) 0.0803, 0.1228, 0.1700, didapat nilai Ra naik, dengan kata lain semakin besar gerak makan maka nilai dan hasil dari Ra semakin besar atau semakin kasar.



Gambar 5.7 interaksi putaran *spindle* (Rpm) vs gerak makan (mm/putaran)

Kecepatan potong memberikan pengaruh yang kecil terhadap kekasaran permukaan sehingga kecepatan potong yang diambil tetap. peningkatan gerak makan juga akan mempengaruhi bentuk geram. Pada *feeding* yang lebih rendah. Baja AISI 1045 merupakan baja karbon yang kandungan karbonnya sekitar 0,43% - 0,50% baja ini termasuk dalam golongan baja menengah, penggunaan pendingin CO₂ berpengaruh terhadap kenaikan nilai kekasaran, Penggunaan media pendingin jenis lain kemungkinan juga akan memberikan nilai kekasaran yang berbeda untuk setiap kenaikan *feeding*.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa pada bab-bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kekasaran permukaan yang terendah dipengujian ini terdapat pada matrial nomor 7 dengan kedalaman pemotongan 0,4 mm, kecepatan putaran *spindle* (n) 900 rpm, *feeding* (f) 0,0803 mm/putaran, dengan jarak pipa pendingin CO₂ 5cm, dengan nilai kekasaran permukaan sebesar 1.750 μ m, putaran *spindle* berpengaruh terhadap kekasaran permukaan semakin tinggi putaran *spindle* akan menghasilkan nilai kekasaran yang lebih rendah. Hal ini terjadi Pahat potong memotong material dengan lebih efektif. Semakin besar rpm, pahat potong dapat memotong material dengan lebih efektif karena kecepatan potong yang lebih tinggi dan sayatan pahat lebih sedikit.
2. Nilai kekasaran permukaan yang tertinggi pada pengujian ini terdapat pada matrial nomor 3 dengan kedalaman pemotongan 0,4 mm, kecepatan putaran *spindle* (n) 255 rpm, *feeding* (f) 0.1700 mm/putaran, dengan jarak pipa pendingin CO₂ 5cm, dengan nilai kekasaran permukaan sebesar 3.469 μ m, laju pemakanan berbanding lurus dengan kekasaran permukaan logam, semakin tinggi gerak makan akan menghasilkan nilai kekasaran yang lebih kasar. pahat potong memotong material dengan kurang efektif. Semakin besar laju pemakanan, pahat potong dapat memotong material dengan kurang efektif karena sayatan yang lebih besar dan ketebalan chip yang lebih besar

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian pada skripsi ini maka disarankan:

1. Pada peneliti selanjutnya disarankan untuk memperhatikan keausan suatu pahat dengan menggunakan *coolant* secara terus menerus disetiap sisi mata pisau, salah satunya ditandai dengan penurunan kehalusan permukaan hasil proses pemesinan yang semakin kasar.
2. Gunakan penambahan pengikatan pada selang pendingin CO₂ untuk mengurangi keborosan yang tidak perlu pada saat proses bubut, sehingga dapat menurunkan hasil kekasaran permukaan Ra.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriany, Reny, Bahrul Ilmi, Asmadi Asmadi, and Imam Effendi. 2018. "Pengaruh Gerak Makan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Ss 316L Pada Proses Bubut." *TEKNIKA: Jurnal Teknik* 4(2): 185. doi:10.35449/teknika.v4i2.73.
- Budiman, Arie Yudha, and Amrifan Saladin Mohruni. 2020. "A Review on Thin Walled Cryogenic Machining on Inconel or Aerospace Materials." *Journal of Mechanical Science and Engineering* 7(1): 001–005. doi:10.36706/jmse.v7i1.34.
- Budiman, Arie Yudha, Amrifan Saladin Mohruni, Safian Sharif, Aneka Firdaus, and Bima Satria Nugraha. 2021. "The Influence of Machining Parameters Using Cryogenic Cooling System." *AIP Conference Proceedings* 2338(November). doi:10.1063/5.0070884.
- Davies, M. A., T. Ueda, R. M'Saoubi, B. Mullany, and A. L. Cooke. 2007. "On The Measurement of Temperature in Material Removal Processes." *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 56(2): 581–604. doi:10.1016/j.cirp.2007.10.009.
- Gundara, Gugun, and Slamet Riyadi. 2017. "Pengukuran Ketelitian Komponen Mesin Bubut Dengan Standar ISO 1708." *Al Jazari Journal of Mechanical Engineering* 2(2): 8–15.
- Harahap, Nabila Ananda Putri, Ferry Al Qadri, Desi Indah Yani Harahap, Marisah Situmorang, and Sari Wulandari. 2023. "Analisis Perkembangan Industri Manufaktur Indonesia." *El-Mal: Jurnal Kajian Ekonomi & Bisnis Islam* 4(5): 1444–50. doi:10.47467/elmal.v4i5.2918.
- Haryadi, Gunawan Dwi, Angelius Fredy Utomo, and I Made Wicaksana Ekaputra. 2021. "Pengaruh Variasi Temperatur Quenching Dan Media Pendingin Terhadap Tingkat Kekerasan Baja AISI 1045." *Jurnal Rekayasa Mesin* 16(2): 255. doi:10.32497/jrm.v16i2.2633.
- Hendri Budiman, and Richard Richard. 2007. "Analisis Umur Dan Keausan Pahat Karbida Untuk Membubut Baja Paduan (ASSAB 760) Dengan Metoda Variable Speed Machining Test." *Jurnal Teknik Mesin* 9(1): 31–39.
- Journal, Perwira, and O F Science. 2025. "Pendingin Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro." 5(1): 140–44.
- Kosasih, Deny Poniman. 2018. "Pengaruh Proses Brazing Terhadap Struktur Mikrodan Nilai Kekerasan Pahat Bubut Karbida." *MESA (Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Sipil, Arsitektur)* 3(1): 1–6.
- Lubay, Asmadi. 2017. "Variasi Waktu Tahan Pada Proses Austempering Berpengaruh Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Tinggi." *TEKNIKA: Jurnal Teknik* 1(1): 112. doi:10.35449/teknika.v1i1.8.
- Mashudi, Amir, and Nur Aini Susanti. 2020. "Pengaruh Media Pendingin Dan Kecepatan Putar Spindle Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Finishing Menggunakan Mesin Bubut CNC PU." *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin* 9(3): 57–66.

- Mu'arif, Samsul, Rizal Hanifi, and Aa Santosa. 2024. "Analisa Kekasaran Permukaan Material AISI 1045 Pada Proses Bubut Menggunakan Pahat Potong Dengan Sudut Potong Utama Kr 90o Dan Pengaruhnya Terhadap Daya Pemesinan." *Infomatek* 26(2): 297–304. doi:10.23969/infomatek.v26i2.19462.
- Nugroho, Sri, and Kedo Senoaji. 2010. "Pahat Bubut High Speed Steel (Hss) Boehler Tipe Molibdenum (M2) Dan Tipe Cold Work Tool Steel (A8)." *Rotasi* 12(3): 19-26–26.
- Pramono, Agus. 2011. "Karakteristik Struktur Mikro Hasil Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprochet Rantai." *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi* 7(2): 115. doi:10.36055/tjst.v8i2.6710.
- Pratama, Aldodi. 2022. "Pengaruh Industrialisasi Terhadap Emisi CO2 Di Indonesia." *Jurnal Ecodemica Jurnal Ekonomi Manajemen dan Bisnis* 6(1): 98–110. doi:10.31294/eeco.v6i1.11726.
- Purwanto, Guruh, Didik Djoko Susilo, and Budi Santoso. 2012. "Pengaruh Proses Burnishing Terhadap Kekasaran Dan Kekerasan Mild Steel Menggunakan Mesin Bubut Konvensional." *Mekanika* 10: 111–16.
- Putra, Ilham Rinaldo, Eko Indrawan, Hendri Nurdin, and Budi Syahri. 2022. "OPTIMASI PARAMETER PEMESINAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA EMS 45 PADA PROSES FINISHING MESIN BUBUT KONVENSIONAL." *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)* 4(2): 11–17. doi:10.24036/vomek.v4i1.338.
- Rusydi Furqon, Gusti S, Muhammad Firman, Moch P Andi Sugeng Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik, and Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari Jln Adhyaksa No. 2016. 01 Jurnal Teknik Mesin UNISKA *ANALISA UJI KEKERASAN PADA POROS BAJA ST 60 DENGAN MEDIA PENDINGIN YANG BERBEDA*.
- Sabil, Muhammad, Ilyas Yusuf, and Sumardi. 2017. "Pengaruh Variasi Putaran Spindel Dan Kedalaman Pemoangan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja ST 60 Pada Proses Bubut Konvensional." *Jurnal Mesin Sains Terapan Vol.1 No. 1* 1(1): 1–6.
- Saputro, Herman. 2010. "Model Matematik Untuk Memprediksi Kekasaran Permukaan Hasil Proses Cnc Bubut Tanpa Pendinginan." *Traksi* 10(1): 18–31.

LAMPIRAN



