

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Mesin CNC

Mesin Cnc merupakan mesin perkakas yang bekerja dengan sistem kendali numerik berbasis computer untuk mengatur gerakan dan proses pemesinan secara otomatis berdasarkan program yang telah dibuat. Dalam sistem ini, setiap pergerakan alat potong, arah sumbu, serta urutan kerja mesin diatur melalui kode tertentu sehingga proses produksi dapat dilakukan dengan lebih presisi, efektif, dan konsisten. Dengan demikian, mesin CNC menjadi salah satu teknologi penting dalam bidang manufaktur karena mampu menghasilkan benda kerja dengan tingkat ketelitian yang tinggi dan meminimalkan kesalahan yang sering terjadi pada pengerjaan manual (Prianto, 2017).



Gambar 2.1 Mesin CNC
(Said, 2020)

2.2 Pengertian Mata Bor

Mata bor merupakan alat potong yang digunakan dalam proses drilling untuk membuat lubang pada benda kerja dengan bantuan gerakan rotasi. Proses drilling sendiri merupakan salah satu proses pemesinan yang paling umum digunakan dalam industri manufaktur karena berperan penting dalam menghasilkan lubang dengan tingkat presisi tertentu. Pada proses ini, mata bor bekerja dengan cara memotong material dan menghasilkan geram yang kemudian dikeluarkan melalui alur spiral flute (B. S. Kumar dkk., 2020). Selain itu kinerja mata bor sangat dipengaruhi oleh parameter pemesinan seperti kecepatan potong, feed, dan gaya tekan yang akan memengaruhi kualitas permukaan serta umur alat. Oleh karena itu, pemilihan mata bor yang tepat menjadi faktor penting dalam meningkatkan kualitas hasil pengeboran dan efisiensi proses produksi (M. S. Kumar & Deivanathan, 2021).

2.3 Jenis Jenis Mata Bor

Mata bor merupakan alat potong yang digunakan dalam proses pemesinan untuk membuat lubang pada berbagai jenis material. Dalam praktiknya penggunaan mata bor sangat dipengaruhi oleh parameter pemesinan serta karakteristik material benda kerja, sehingga pemilihan jenis mata bor menjadi faktor penting dalam menentukan kualitas hasil pengeboran. Oleh karena itu, mata bor memiliki berbagai jenis yang disesuaikan dengan fungsi dan kebutuhan penggunaannya. Berikut adalah jenis jenis mata bor yang umum digunakan dalam proses pemesinan :

2.3.1 Twist Drill (Mata Bor Spiral)

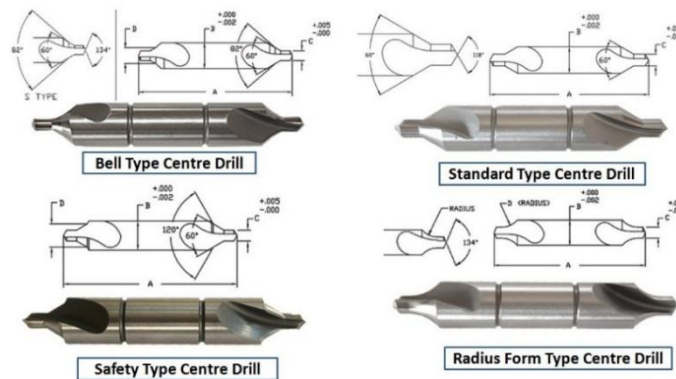
Twist drill merupakan jenis mata bor yang paling umum digunakan dalam proses pengeboran. Mata bor ini memiliki dua alur *heliks (flute)* yang berfungsi untuk membuang geram selama proses pemotongan. Selain itu, geometri *twist drill* seperti sudut ujung dan bentuk *cutting lips* sangat mempengaruhi kualitas lubang hasil pengeboran (Nasution dkk., 2023). Mata bor ini banyak digunakan karena fleksibel dan dapat diaplikasikan pada berbagai material seperti logam, kayu, dan plastik.



Gambar 2.2 Mata Bor Twist Drill
(MEGABAJA, 2023)

2.3.2 Centre Drill (Mata Bor Senter)

Centre Drill digunakan untuk membuat lubang awal atau titik pusat sebelum proses pengeboran utama dilakukan. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar mata bor tidak meleset saat mulai melakukan pengeboran. *Centre drill* umumnya digunakan pada mesin bubut dan memiliki ujung yang lebih kuat untuk menghindari patah.

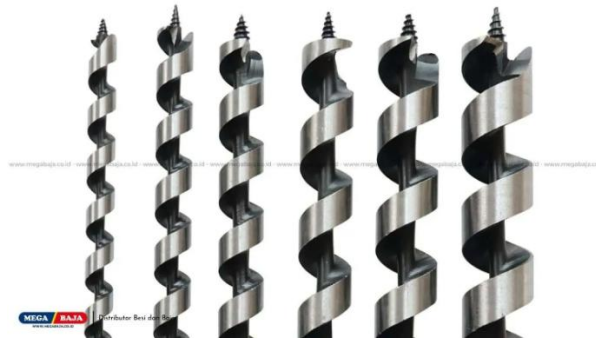


Gambar 2.3 Centre Drill
(Pengelasan.net, 2021)

2.3.3 Auger Bit (Mata Bor Bertingkat)

Mata bor *auger bit* merupakan salah satu jenis mata bor yang dirancang khusus untuk proses pengeboran pada material kayu. Ciri khas dari auger bit terletak pada bentuknya yang memanjang dengan ulir spiral yang dalam dan tajam, sehingga mampu menarik mata bor masuk ke dalam material secara otomatis tanpa membutuhkan tekanan berlebih dari operator. Pada bagian ujungnya terdapat *screw tip* yang berfungsi sebagai penuntun agar pengeboran lebih stabil dan presisi. Selain itu auger bit juga dilengkapi dengan pembuangan serpihan hasil pengeboran. Dengan desain tersebut, mata bor ini mampu menghasilkan lubang yang dalam, lurus, dan relatif bersih. Pengaruh variasi sudut pada mata bor auger bit menjadi faktor penting dalam menentukan kinerja pengeboran. Perbedaan sudut dapat mempengaruhi kemampuan pemotongan, efisiensi kerja, serta kualitas lubang yang dihasilkan. Sudut yang tepat

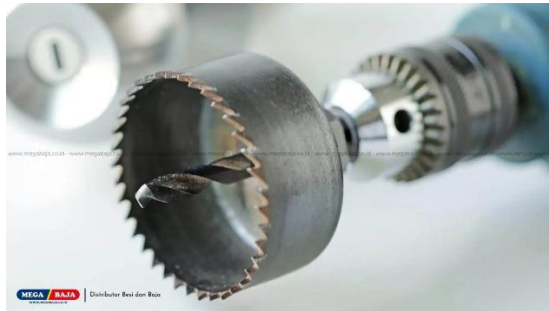
akan menghasilkan proses pengeboran yang lebih cepat, stabil, dan memiliki tingkat kehalusan permukaan yang baik (Pratama, 2025).



Gambar 2.4 Auger Bit
(MEGABAJA, 2023)

2.3.4 Hole Saw

Mata bor *hole saw* adalah jenis alat potong yang digunakan untuk menghasilkan lubang dengan diameter besar pada suatu material. Proses pemotongan dilakukan dengan cara mengikis bagian tepi atau keliling material, sehingga bagian tengah tidak terpotong sepenuhnya. Metode ini membuat proses pengeboran menjadi lebih efisien, terutama untuk material berbentuk lembaran. Selain itu, penggunaan *hole saw* mampu mengurangi jumlah material yang terbuang selama proses pemesinan. Geometri pada alat *hole saw* memiliki peran penting dalam menentukan kinerja pemotongan. Bentuk dan susunan gigi potong akan mempengaruhi besar kecilnya gaya dorong dan torsi yang terjadi saat proses berlangsung. Dengan geometri yang tepat, kualitas lubang yang dihasilkan dapat menjadi lebih presisi dan halus (Hassouna dkk., 2023).



Gambar 2.5 Hole Saw
(MEGABAJA, 2023)

2.3.5 Countersink Drill (Mata Bor *Countersink*)

Mata bor *countersink* adalah alat khusus yang dirancang untuk membuat ceruk berbentuk kerucut pada benda kerja. Lekukan ini memungkinkan kepala sekrup atau baut *countersink* untuk berada rata dengan atau dibawah permukaan benda kerja. Bahan, memberikan hasil akhir yang bersih dan mencegah gangguan pada bagian yang disambung. Dalam pemesinan CNC, penggunaan mata bor *countersink* memastikan hasil yang konsisten dan berulang (Mosbah, 2021), yang sangat penting untuk produksi massal dalam perakitan kompleks. Fungsi utamanya adalah untuk menyiapkan lubang bagi pengencang *countersink* atau untuk menghaluskan lubang yang sudah ada, sehingga meningkatkan keamanan dan estetika komponen.



Gambar 2.6 Mata bor Countersink
(PT. Ashanua Global Dinamika, 2023)

2.4 Mata Bor Countersink

Mata bor *countersink* merupakan alat potong yang digunakan untuk membuat chamfer atau sudut tirus pada bagian mulut lubang sehingga kepala baut atau sekrup dapat terpasang rata dengan permukaan benda kerja. Selain itu, *countersink* juga berfungsi untuk menghilangkan tepi tajam pada lubang hasil pengeboran. Mata Bor *Countersink* adalah alat potong khusus yang dirancang untuk membuat ceruk berbentuk kerucut pada benda kerja. Lekukan ini memungkinkan kepala sekrup atau baut *countersink* untuk berada rata dengan atau dibawah permukaan benda kerja. Bahan, memberikan hasil akhir yang bersih yang mencegah gangguan pada bagian yang disambung. Dalam pemesinan CNC, penggunaan mata bor *countersink* memastikan hasil yang konsisten dan berulang (Mosbah, 2021), yang sangat penting untuk menyiapkan lubang bagi pengencang *countersink* atau untuk menghaluskan lubang yang sudah ada, sehingga meningkatkan keamanan dan estetika komponen.



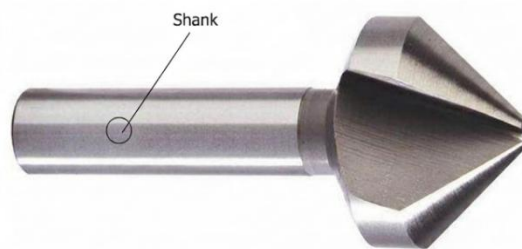
Gambar 2.7 Mata Bor *Countersink*
(PT. Ashanua Global Dinamika, 2023)

2.5 Bagian Bagian Mata Bor *Countersink*

Mata bor *countersink* terdiri dari beberapa bagian utama yang berperan dalam proses pembentukan chamfer pada lubang ;

2.5.1 Shank

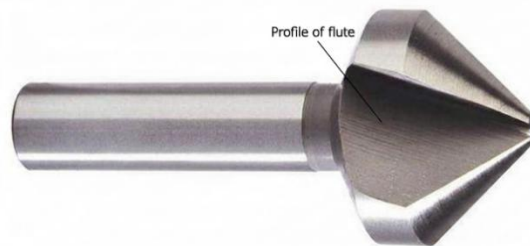
Shank merupakan bagian silinder yang berfungsi sebagai penghubung antara mata bor *countersink* dengan spindle mesin. Bagian ini berperan dalam mentransmisikan torsi dan putaran selama proses pemotongan. Kestabilan *shank* sangat penting karena akan mempengaruhi getaran dan akurasi pada hasil chamfer(Firdaus & Susanti, 2021).



Gambar 2.8 Shank
(Technology, 2023)

2.5.2 Profile Of Flute

Profile of flute yaitu alur pada badan mata bor yang berfungsi untuk membuang geram hasil pemotongan dan mengurangi gesekan antara alat dengan benda kerja. Pada proses pemesinan aluminium, pembentukan geram yang tidak terkontrol dapat menyebabkan penumpukan material dan menurunkan kualitas hasil lubang. Oleh karena itu, fungsi flute sangat penting dalam menjaga kelancaran proses pemotongan (Butar dkk., 2023).

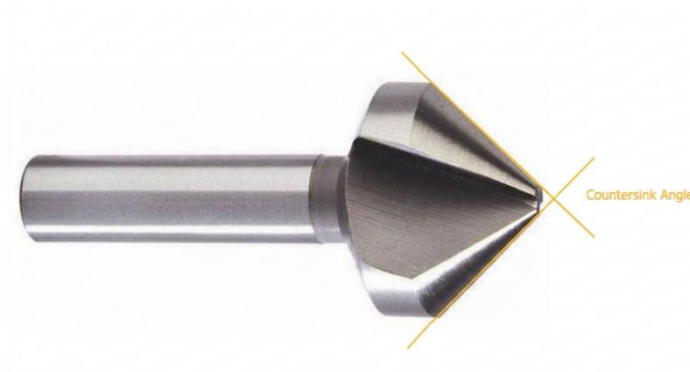


Gambar 2.9 Profile Of Flute
(Tecnology, 2023)

2.5.3 Countersink Angle

Countersink angle yaitu sudut pada ujung alat yang membentuk *chamfer* pada lubang. Sudut ini menentukan bentuk hasil pemotongan dan sangat berpengaruh terhadap kualitas perakitan. Dalam proses drilling aluminium, geometri sudut alat terbukti mempengaruhi pembentukan burr dan kualitas lubang yang dihasilkan. Secara keseluruhan, setiap bagian pada mata bor *countersink* memiliki peran penting dalam menentukan keberhasilan proses pemesinan. Interaksi antara geometri alat, kondisi pemotongan, serta karakteristik material

akan mempengaruhi kualitas *chamfer*, kekasaran permukaan, dan terbentuknya cacat seperti burr (Xiao dkk., 2022).



Gambar 2.10 *Countersink Angle*
(Tecnology, 2023)

2.5.4 Maximum Diameter

Maximum diameter yaitu diameter terbesar pada bagian kepala *countersink*. Bagian ini menentukan ukuran maksimum *chamfer* yang dapat dihasilkan pada benda kerja. Diameter alat berpengaruh terhadap kualitas lubang dan pembentukan burr, dimana parameter seperti diameter pahat dan kondisi pemotongan mempengaruhi hasil akhir proses drilling. Bagian utama dalam proses pemotongan adalah *cutting edge*, yaitu sisi tajam yang secara langsung melakukan pemotongan material. *Cutting edge* sangat berpengaruh terhadap gaya potong, pembentukan geram, serta kualitas permukaan. Keausan pada *cutting edge* dapat meningkatkan gaya pemotongan dan menyebabkan cacat seperti burr pada hasil lubang.

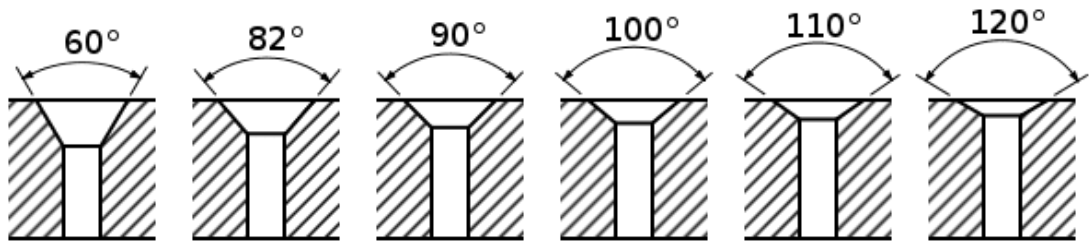


Gambar 2.11 Maximum Diameter
(Technology, 2023)

2.6 Geometri Mata Bor Countersink

Geometri pada mata bor *countersink* merupakan aspek penting yang menentukan kinerja alat potong dalam proses pemesinan. Geometri ini meliputi berbagai sudut dan bentuk pada bagian pemotong yang berpengaruh terhadap pembentukan geram, gaya potong, serta kualitas permukaan hasil *countersink* (Van Hoten dkk., 2018). Secara umum, geometri mata bor *countersink* terdiri dari beberapa parameter utama yaitu sudut *chamfer*, sudut bebas (*clearance angle*), sudut potong (*cutting edge angle*), dan jumlah sisi potong. Variasi sudut kerucut atau sudut mata sayat *countersink* umumnya meliputi 60°, 75°, 82°, 90°, dan 120°. Adapun aplikasi tiap sudutnya adalah untuk:

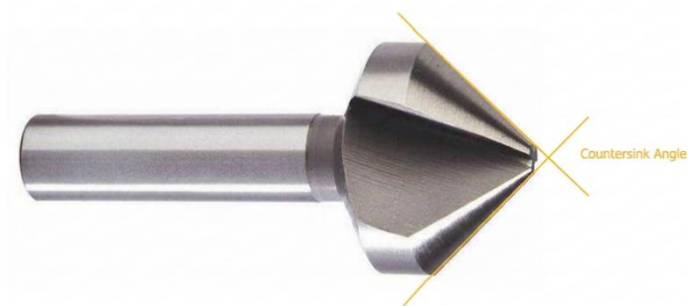
1. 60° untuk deburring.
2. 75° untuk kepala paku keling.
3. 82° untuk sekrup *countersink* standar AS.
4. 90° untuk sekrup *countersink*.
5. 120° untuk *countersink* paku keling logam lembaran.



Gambar 2.12 Geometri
(PT. LFC Teknologi, 2022)

2.6.1 Sudut Chamfer (Countersink Angle)

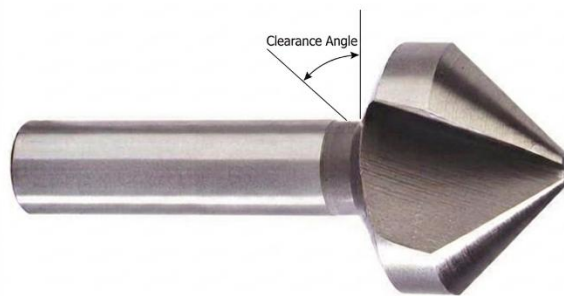
Sudut *chamfer* merupakan sudut utama pada ujung mata bor *countersink* yang digunakan untuk membentuk permukaan tirus pada lubang. Sudut ini biasanya berkisar antara 60°, 82°, hingga 90°, tergantung pada jenis baut atau sekrup yang digunakan. Pemilihan sudut *chamfer* yang tepat sangat penting untuk menghasilkan permukaan yang rata dan presisi. Sudut yang tidak sesuai dapat menyebabkan ketidaksesuaian pada proses perakitan serta menurunkan kualitas hasil pemesinan. Penelitian menunjukkan bahwa parameter pemotongan dan geometri alat potong memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas permukaan aluminium (Permana & Yayat, 2019).



Gambar 2.13 *Countersink* Angle
(Tecnology, 2023)

2.6.2 Sudut Bebas (Clearance Angle)

Sudut bebas adalah sudut antara permukaan belakang alat potong dengan benda kerja. Fungsi utama sudut ini adalah untuk mengurangi gesekan antara alat dan material pada saat proses pemotongan berlangsung. Sudut bebas yang terlalu kecil dapat menyebabkan gesekan tinggi dan meningkatkan suhu pemotongan, sedangkan sudut yang terlalu besar dapat mengurangi kekuatan alat potong. Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan dalam penentuan sudut ini agar proses pemotongan sejalan optimal (Forces dkk., 2023).



Gambar 2.14 Clearance Angle
(Tecnology, 2023)

2.6.3 Sudut Potong (Cutting Edge Angle)

Sudut potong merupakan sudut yang terbentuk pada sisi pemotong (cutting edge) yang berperan langsung dalam proses pemotongan material. Sudut ini mempengaruhi kemampuan alat dalam memotong serta membentuk geram. Sudut potong yang tepat akan menghasilkan pemotongan yang lebih ringan dan stabil. Sebaliknya, sudut yang tidak sesuai dapat meningkatkan gaya potong dan menyebabkan

getaran. Hal ini dapat berdampak pada penurunan kualitas permukaan (Van Hoten dkk., 2018).



Gambar 2.15 Cutting Edge
(Tecnology, 2023)

2.7 HSS (High Speed Steel)

HSS (*High Speed Steel*) adalah salah satu jenis baja perkakas yang paling sering dipilih sebagai bahan pembuatan mata bor. Mata bor sendiri berfungsi sebagai alat pelubang yang dapat diaplikasikan pada berbagai jenis benda kerja, mulai dari kayu, logam, kaca, tembok, hingga plastik, dengan bentuk dan ukuran yang bervariasi tergantung kebutuhan dan jenis mesin bor yang digunakan. Pemilihan HSS sebagai bahan dasar mata bor didasari oleh kemampuannya yang unggul dalam memotong hampir seluruh jenis material, baik logam, kayu, maupun fiberglass, sehingga menjadikannya material yang serbaguna untuk kebutuhan pemotongan. HSS memiliki kandungan terbentuk dari kombinasi besi (Fe), karbon (C), dan satu unsur tambahan yang diberi simbol X, yang dapat berupa kromium, tungsten, molibdenum, vanadium, ataupun kobalt. Umumnya, proporsi unsur X ini melebihi 7%, dengan kandungan karbon di atas 0,60%. Sebagai contoh, material HSS yang dijadikan objek analisis

memiliki susunan kimia berupa karbon (C) sekitar 2%, mangan (Mn) sekitar 2,5%, dan tungsten (W) sekitar 7%. Hasil pengujian komposisi kimia lebih lanjut memperlihatkan bahwa mata bor berbahan HSS juga mengandung unsur-unsur lain seperti silikon (Si), mangan (Mn), fosfor (P), sulfur (S), krom (Cr), molibdenum (Mo), nikel (Ni), aluminium (Al), cuprum (Cu), arsenik (As), dan nitrogen (N), dengan besi (Fe) sebagai unsur dominan yang persentasenya berkisar antara 81,0% sampai 85,7%. Masing-masing unsur tersebut memberikan kontribusi berbeda terhadap sifat mekanik material, di mana kandungan silikon memengaruhi tingkat kekerasan baja, kandungan mangan berkontribusi terhadap ketahanan ausnya, sedangkan kandungan krom berperan dalam ketahanan terhadap keausan, korosi, sekaligus kekerasan material secara keseluruhan (Bayu & Prasetyo, 2023).

2.8 Keausan Alat Potong (Tools Wear)

Keausan pada mata bor *countersink* terjadi akibat gesekan antara alat potong dengan benda kerja yang sering digunakan selama proses pemesinan berlangsung tanpa adanya pengasahan ulang. Keausan ini menyebabkan penurunan ketajaman alat sehingga kemampuan pemotongan menurun. Dampak dari keausan antara lain meningkatnya gaya potong, suhu pemesinan, serta menurunnya kualitas permukaan. Pada material aluminium, kondisi ini dapat memperburuk hasil pemesinan karena sifat material yang lunak dan mudah membentuk geram (SITOHANG, 2023).

2.9 Pengasahan Alat potong

Pengasahan merupakan proses untuk mengembalikan ketajaman alat potong yang mengalami keausan. Proses ini harus dilakukan sesuai agar tidak menurunkan performa alat. Pada mata bor *countersink*, proses pengasahan harus dilakukan dengan memperhatikan geometri sudut agar tetap sesuai standar. Pengasahan yang tepat mampu meningkatkan kembali kemampuan pemotongan serta memperpanjang umur pakai alat. Sebaliknya, pengasahan yang tidak sesuai dapat menyebabkan penurunan kualitas pemesinan(Yudiyanto, n.d.).



Gambar 2.16 Pengasahan Mata Bor
(ARSIPTEKNIK, 2018)

2.10 Mesin Asah Universal

Mesin asah universal merupakan mesin yang digunakan untuk mengasah berbagai jenis alat potong dengan Tingkat presisi yang tinggi. Mesin ini memungkinkan pengaturan sudut pengasahan sesuai dengan geometri alat potong sehingga dapat menghasilkan ketajaman yang optimal. Penggunaan mesin asah

universal memberikan kestabilan selama proses pengasahan, sehingga sudut potong yang dihasilkan lebih seragam dibandingkan dengan pengasahan manual (Putra dkk., 2022). Mesin ini dilengkapi dengan beberapa komponen yang saling mendukung agar proses pengasahan dapat berjalan stabil, presisi, dan menghasilkan sudut pengasahan sesuai standar.



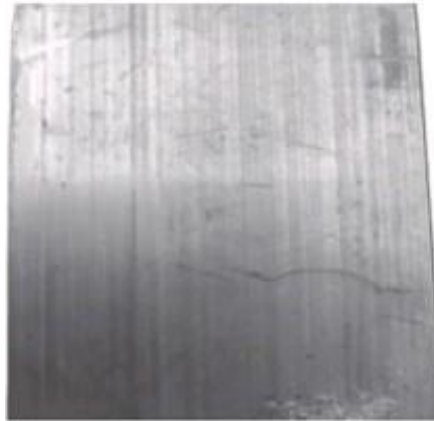
Gambar 2.17 Mesin Asah Universal

(Alibaba.com, 2026)

2.11 Material Alumunium

Alumunium merupakan jenis alumunium yang memiliki sifat mekanik baik seperti ketahanan lelah, keuletan, ringan, mampu mesin, dan kemampuan bentuk yang tinggi. Alumunium banyak digunakan sebagai bahan pembuat komponen mesin seperti *piston*, *engine block*, *gear* dan komponen lainnya karna sifat kekerasan dan keuletannya (Pradani dkk., 2020). Dengan sifat alumunium yang lunak dapat

menyebabkan alumunium mudah menempel pada alat potong dan membentuk geram yang dapat mengganggu proses pemotongan. Oleh karena itu diperlukan alat potong yang tajam dan memiliki geometri sudut yang tepat agar menghasilkan permukaan yang halus.



Gambar 2.18 Alumunium
(Sifa dkk., 2023)

2.11.1 Aluminium 6061

Aluminium 6061 salah satu paduan aluminium yang paling banyak digunakan untuk keperluan umum (*general purposes*) dibandingkan jenis paduan aluminium lainnya. Paduan ini termasuk dalam seri 6000 dengan silikon dan magnesium sebagai unsur paduan utamanya, sehingga bersifat dapat diperkeras melalui proses pengerasan endap (*precipitation hardening*). Aluminium 6061 memiliki karakteristik mekanik yang baik, kemampuan las (*weldability*) yang baik, dan umumnya diproses melalui metode ekstrusi. Material ini memiliki densitas sebesar $2,7 \text{ g/cm}^3$ dengan resistivitas volume berkisar antara 32,5 hingga 39,2 nOhm.m. Oleh karena kandungan silikonnya yang relatif rendah sehingga memengaruhi fluiditas lelehannya, aluminium 6061 tidak

lazim dicor menggunakan metode pengecoran konvensional, namun tetap dapat dicor dengan menerapkan teknik pengecoran sentrifugal khusus. Dalam hal kemampuan pemesinan, aluminium 6061 pada kondisi perlakuan panas T6/T6511 memiliki sifat mampu mesin yang baik, meskipun geram (*chip*) yang dihasilkan cenderung sulit dipatahkan pada proses pengeboran dan pembubutan dalam kondisi temper tersebut. Untuk mengatasi hal ini, digunakan metode pemesinan khusus seperti *peck drilling* guna meningkatkan proses pemutusan geram. Tantangan lain yang sering dijumpai dalam pemesinan aluminium 6061 adalah terbentuknya lapisan tumpukan pada mata pahat (*built-up edge*) akibat adhesi material, terutama pada proses pemesinan kering (*dry machining*), yang dapat memengaruhi kualitas permukaan hasil pemesinan serta memperpendek umur pakai alat potong (Samuel dkk., 2021).