

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Mata Bor

Mata Bor merupakan alat yang digunakan untuk membuat sebuah lubang pada benda-benda tertentu seperti Kayu, logam, kaca, dinding (tembok), plastik dan beton. Alat ini bekerja dengan gerakan putar yang dikombinasikan dengan tekanan ke arah benda kerja sehingga terjadi proses pemotongan material secara bertahap. Dalam proses tersebut, bagian ujung mata bor akan mengikis material, sementara alur *spiral*nya berfungsi untuk membuang serpihan hasil pemotongan keluar dari lubang agar tidak menghambat proses pengeboran. Mata bor menjadi komponen utama dalam proses pengeboran karena bagian inilah yang bersentuhan langsung dengan material, sehingga sangat menentukan kualitas dan efisiensi hasil pekerjaan. Ketajaman, kekuatan, serta kesesuaian geometri mata bor sangat berpengaruh terhadap kecepatan pengeboran, tingkat keausan alat, dan kualitas lubang yang dihasilkan. Jika kondisi mata bor tidak optimal, maka proses pengeboran akan menjadi lebih lambat, membutuhkan tenaga yang lebih besar, serta berpotensi menghasilkan lubang yang tidak presisi. Selain itu, pemilihan jenis dan material mata bor juga harus disesuaikan dengan karakteristik benda kerja. Misalnya, untuk material keras seperti beton diperlukan mata bor khusus yang memiliki ujung berbahan karbida agar mampu menahan tekanan dan gesekan yang tinggi. Dengan penggunaan mata bor yang tepat dan dalam kondisi yang baik, proses pengeboran

dapat berjalan lebih efisien, aman, dan menghasilkan kualitas pekerjaan yang lebih maksimal (Basuki, 2021).

2.2 Jenis- Jenis Mata Bor

Secara umum mata bor yang sering kita jumpai dalam industri konstruksi terdiri dari berbagai macam jenis dan sesuai dengan fungsi kegunaannya masing masing yaitu :

2.2.1 Mata Bor Ulir (*Twist Bits*)

Twists bits mata bor yang satu ini merupakan salah satu mata bor yang sering digunakan. Mata bor ini bisa digunakan pada mesin bor tangan maupun bor duduk, dengan secara horizontal maupun dengan cara vertikal. Mata bor *twist bits* juga dapat digunakan untuk melubangi kayu, plastik serta logam, untuk ukuran yang tersedia dipasaran saat ini adalah berkisar 4-12 mm (Nur Prasetyo, 2023).



Gambar 2.1 Mata Bor Ulir (*Twist Bits*)
(Hutomo, 2023)

2.2.2 Mata Bor *Countersink Bits*

Countersink Bits adalah mata bor yang biasanya digunakan untuk membuat lubang pada kayu untuk permukaan yang rata dan pada ujung mata bor ini memiliki sudut 90 derajat berfungsi sebagai pembuat lubang 45 derajat terhadap kayu (Nur Prasetyo, 2023).



Gambar 2.2 Mata Bor *Countersink Bits*
(Hutomo, 2023)

2.2.3 Hole Saw Bits

Hole Saw Bits dikenal dengan sebutan gergaji lubang dikarenakan bentuk mata bor ini yang menyerupai gergaji dengan diameter yang dapat diatur sesuai kebutuhan. Pada saat ini mata bor ini tersedia 25-60 mm dipasaran (Nur Prasetyo, 2023).



Gambar 2.3 *Hole Saw Bits*
(Baskoro, 2022)

2.2.4 Mata Bor Kayu (*Spur Bits*)

Spur Bits atau yang dikenal sebagai mata bor kayu, pada bagian ujung mata bor ini biasanya memiliki bor runcing serta bagian kelilingnya terdapat pisau sebagai pengiris. Ujung runcing yang terdapat pada mata bor ini berfungsi untuk menjaga mata bor agar tetap lurus dan menghasilkan presisi pada lubang, hingga saat ini ukuran yang tersedia dipasaran berkisaran 6-15 mm (Nur Prasetyo, 2023).



Gambar 2.4 Mata Bor Kayu (*Spur Bits*)
 (Hutomo, 2023)

2.2.5 Mata Bor Beton (*masonry bits*)

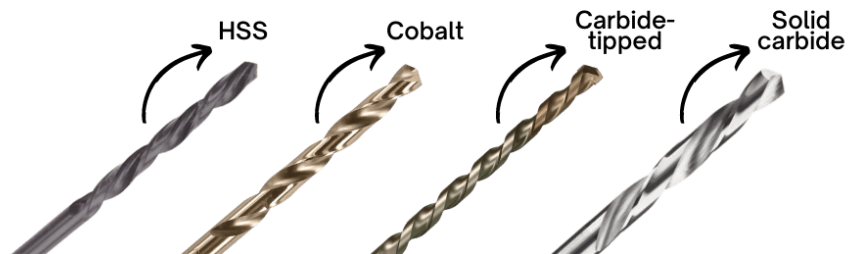
Masonry bits merupakan mata bor yang dapat digunakan untuk melubangi permukaan yang keras yang terbuat dari batu alam maupun semen biasanya sering digunakan untuk melubangi tembok, beton dan batu. Pada ujung mata bor memiliki mata pisau, serta karakteristik dari mata bor ini sangat keras dikarenakan penggunaan mata bor *Masonry bit* ini selain berputar tetapi juga memukul, hingga saat ini mata bor *Masonry* yang terdapat dipasaran memiliki ukuran 4- 15 mm (Nur Prasetyo, 2023).



Gambar 2.5 Mata Bor Beton (*masonry bits*)
(Hutomo, 2023)

2.3 Material Mata Bor

Dalam bidang industri konstruksi untuk pengeboran beton, aluminium maupun pengerjaan produk lainnya. Mata bor memiliki jenis jenis bahan dasar dan unsur paduan pembuatan yang berbeda, antara lain:



Gambar 2.6 Material Mata Bor
(Kumar, dkk., 2020)

2.3.1 Mata Bor High Speed Steel (HSS)

Mata bor *High Speed Steel (HSS)* merupakan jenis mata bor yang paling umum digunakan dalam proses pengeboran berbagai material: seperti kayu, *fiberglass*, dan baja lunak. Mata bor ini terbuat dari baja khusus yang dipadukan dengan beberapa unsur paduan, antara lain *carbon (C)*, *tungsten (W)*, *vanadium (V)*, *molybdenum (Mo)*, *kromium (Cr)*, dan *cobalt (Co)*, yang berfungsi untuk

meningkatkan kekerasan, ketahanan panas, serta daya tahan terhadap keausan. Kombinasi unsur-unsur tersebut membuat mata bor HSS mampu bekerja pada kecepatan tinggi tanpa kehilangan sifat kekerasannya. Secara teknis, mata bor HSS memiliki batas kemampuan kerja pada suhu sekitar $\pm 650^{\circ}\text{C}$. Pada kondisi suhu tinggi akibat gesekan selama pengeboran, penggunaan cairan pendingin sangat dianjurkan untuk membantu menurunkan temperatur, mengurangi gesekan, serta memperpanjang umur pakai mata bor. Dengan penggunaan yang tepat, mata bor HSS mampu memberikan kinerja yang cukup baik, stabil, dan ekonomis, sehingga banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan permesinan maupun konstruksi ringan (Parisya Austin, dkk., 2024).



Gambar 2.7 Mata Bor *High Speed Steel* (HSS)
(Baskoro, 2022)

2.3.2 Mata Bor *Cobalt*

Mata bor *Cobalt* merupakan pengembangan dari mata bor *HSS* yang memiliki kandungan unsur *cobalt* (Co) lebih tinggi, yaitu sekitar 5–8%, sehingga memberikan peningkatan signifikan terhadap kekuatan, kekerasan, dan ketahanan terhadap suhu tinggi. Kandungan *cobalt* tersebut memungkinkan mata bor tetap

mempertahankan kekerasannya meskipun digunakan pada kondisi temperatur tinggi akibat gesekan selama proses pengeboran. Selain itu, mata bor kobalt dilengkapi dengan dua alur spiral (*flute*) yang berfungsi untuk mempercepat pembuangan serpihan hasil pemotongan dari dalam lubang bor, sehingga proses pengeboran menjadi lebih lancar dan tidak terhambat. Keunggulan lain dari mata bor kobalt adalah daya tahannya yang lebih baik terhadap keausan dibandingkan mata bor HSS biasa, sehingga memiliki umur pakai yang lebih panjang. Hal ini menjadikan mata bor kobalt sangat efektif digunakan untuk pengeboran material yang keras dan sulit dikerjakan, seperti baja tahan karat (*stainless steel*) dan berbagai jenis baja paduan lainnya. Dengan karakteristik tersebut, mata bor *cobalt* banyak digunakan dalam pekerjaan industri dan permesinan yang membutuhkan ketelitian tinggi serta ketahanan alat terhadap kondisi kerja yang berat (Parisya Austin. dkk., 2024).



Gambar 2.8 Mata Bor *Cobalt*
(Baskoro, 2022)

2.3.3 Mata Bor *Carbide*

Mata bor dengan ujung karbida merupakan jenis mata bor yang dilengkapi dengan lapisan atau sisipan bahan keras pada bagian ujungnya, yang dibuat melalui proses pemanasan atau sintering serbuk karbida. Proses ini melibatkan pencampuran material seperti *nitride* dan *oksida* dengan unsur pengikat berupa *cobalt* (Co), *wolfram* (W), *titanium* (Ti), dan *tantalum* (Ta), sehingga menghasilkan struktur material yang sangat padat dan kuat. Kombinasi unsur tersebut memberikan sifat mekanik yang unggul, terutama dalam hal kekerasan, ketahanan aus, dan kemampuan bertahan pada suhu tinggi. Material karbida dikenal sebagai salah satu bahan dengan tingkat kekerasan yang sangat tinggi, bahkan lebih keras dibandingkan baja paduan biasa. Oleh karena itu, mata bor dengan ujung karbida sangat cocok digunakan untuk pengeboran material keras dan abrasif, seperti logam *non ferro*, besi cor (*cast iron*), serta beton. Selain itu, mata bor ini juga memiliki kemampuan mempertahankan ketajaman dalam waktu yang lebih lama meskipun digunakan pada kondisi kerja berat. Dengan karakteristik tersebut, penggunaan mata bor karbida sangat menguntungkan dalam industri karena mampu meningkatkan efisiensi proses pengeboran, menghasilkan kualitas lubang yang lebih baik, serta mengurangi frekuensi penggantian alat. Hal ini menjadikan mata bor karbida sebagai pilihan utama untuk pekerjaan yang membutuhkan ketahanan tinggi dan performa yang stabil dalam jangka waktu

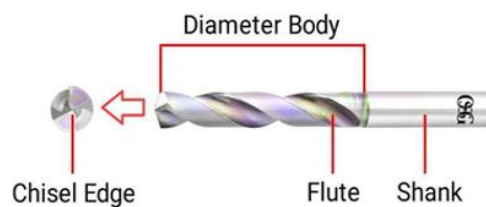
Panjang (Parisya Austin, dkk., 2024).



Gambar 2.9 Mata Bor *Carbide*
(Baskoro, 2022)

2.4 Geometri Mata Bor

Geometri mata bor adalah desain dan susunan bagian-bagian utama mata bor yang memengaruhi kinerja pengeboran, seperti kemampuan memotong, membuang serpihan, dan menghasilkan lubang yang presisi (Saputa Eko, 2023).

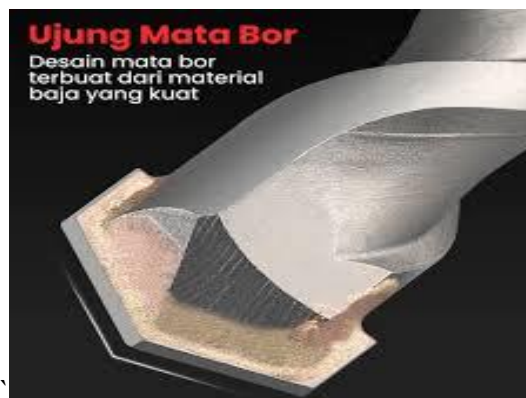


Gambar 2.10 Geometri Mata Bor
(Baskoro, 2022)

2.4.1 Ujung Mata Bor (*point*)

Ujung mata bor (*point*) merupakan bagian paling depan yang berfungsi sebagai titik awal kontak dengan benda kerja sekaligus sebagai bagian utama dalam proses pemotongan material. Pada bagian ini terdapat elemen penting seperti titik pusat dan bibir potong yang berperan dalam menentukan arah pengeboran serta membentuk lubang. Selain itu, ujung mata bor juga berfungsi dalam menentukan

sudut pemotongan yang sesuai agar menghasilkan lubang dengan tingkat kehalusan dan presisi yang baik. Geometri ujung mata bor, terutama sudut puncak dan ketajaman, sangat memengaruhi kualitas hasil pengeboran, kecepatan kerja, serta tingkat keausan alat. Oleh karena itu, sudut puncak mata bor harus dibentuk secara simetris agar menghasilkan lubang yang benar-benar bulat dan optimal, sehingga proses pengeboran dapat berlangsung secara efisien dan sesuai dengan standar yang diharapkan (Lieber, 2016).



Gambar 2.11 Ujung mata bor (*point*)
(Hidayat, 2018)

2.4.2 Alur Spiral (*flute*)

Flute merupakan alur berbentuk *heliks* yang terdapat di sepanjang badan mata bor dan berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan serpihan hasil pengeboran dari dalam lubang. Keberadaan *flute* sangat penting dalam menjaga kelancaran proses pemotongan, karena tanpa pembuangan serpihan yang baik, proses pengeboran dapat terhambat dan berpotensi merusak alat maupun benda kerja. *Flute* yang memiliki ukuran lebih lebar dan dalam mampu menampung serta mengeluarkan serpihan dalam jumlah lebih banyak, sehingga meningkatkan

efisiensi proses pengeboran. Namun demikian, dimensi *flute* yang terlalu besar juga dapat berdampak negatif, yaitu mengurangi kekuatan inti (*web*) pada mata bor. *Web* yang semakin kecil akan menurunkan kekakuan mata bor, sehingga berisiko menyebabkan getaran dan ketidakstabilan saat digunakan. Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan antara ukuran *flute* dan kekuatan struktur mata bor agar tetap optimal dalam penggunaannya. Dalam kondisi tertentu, seperti pengeboran material yang kompleks, serpihan hasil pengeboran dapat bercampur dengan zat lain yang membuat proses evakuasi menjadi lebih sulit. Hal ini menunjukkan bahwa desain *flute* harus mampu mendukung pembuangan material secara efektif. Selain itu, jumlah *flute* juga berpengaruh terhadap kinerja pengeboran, di mana variasinya dapat berkisar antara satu hingga empat alur. Jumlah dan desain *flute* yang tepat akan membantu meningkatkan stabilitas, efisiensi pemotongan, serta kualitas hasil pengeboran secara keseluruhan (Saputa Eko, 2023).



Gambar 2.12 Alur spiral (*flute*)
(Mesya, 2025)

2.4.3 *Body (shank)*

Body atau *shank* adalah bagian mata bor yang berfungsi sebagai tempat penjepitan mata bor pada *chuck* atau *spindle* mesin bor. *Shank* berperan untuk

meneruskan putaran dan tenaga dari mesin bor ke bagian pemotong mata bor sehingga proses pengeboran dapat berlangsung dengan baik (Wahidmurni, 2017).



Gambar 2.13 *Body (shank)*
(Jiangsu, 2022)

2.5 Pengasahan Mata Bor

Pengasahan merupakan suatu proses penting dalam pemeliharaan alat potong yang dilakukan dengan cara menggesekkan permukaan alat pada media abrasif, seperti batu atau pasir, guna mengembalikan ketajamannya. Namun, dalam praktik di lapangan, pengasahan mata bor masih sering dilakukan secara manual tanpa menggunakan alat bantu atau mesin khusus. Kondisi ini menyebabkan sudut potong yang terbentuk kerap tidak sesuai dengan standar yang seharusnya, karena tingkat kemiringan selama proses pengasahan sulit dijaga secara konsisten dan presisi. Ketidaktepatan sudut potong tersebut dapat berdampak langsung terhadap penurunan kualitas mata bor, di antaranya menghasilkan lubang yang kurang halus dan tidak presisi, meningkatnya gesekan selama proses pengeboran, serta mempercepat tingkat keausan alat. Selain itu, ketidaksesuaian geometri juga dapat menyebabkan beban kerja yang tidak merata pada mata bor, sehingga berpotensi menurunkan efisiensi proses secara keseluruhan. Oleh sebab itu, penggunaan alat

bantu atau mesin pengasah menjadi sangat penting untuk memastikan ketepatan sudut potong, menjaga konsistensi hasil pengasahan, serta meningkatkan kualitas pengeboran dan memperpanjang umur pakai mata bor. Tujuannya dilakukan pengasahan antara lain: Mengembalikan ketajaman mata bor, memperbaiki sudut potong, memperpanjang umur pakai alat dan meningkatkan kualitas hasil pengeboran (Putra, dkk., 2022).



Gambar 2.14 Pengasahan Mata Bor
(Piranti, 2019)

2.6 Mesin Asah Universal

Mesin asah universal merupakan salah satu jenis mesin perkakas yang digunakan untuk mengasah berbagai macam alat potong, seperti mata bor, pahat, dan *end mill*, dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Prinsip kerja mesin ini didasarkan pada gerak utama berupa putaran yang dihasilkan oleh motor listrik, kemudian diteruskan ke poros untuk memutar batu gerinda. Putaran batu gerinda inilah yang berfungsi sebagai media pemotong atau pengikis terhadap permukaan alat potong yang diasah. Mesin ini dirancang agar mampu menghasilkan ketajaman alat potong yang optimal sekaligus mempertahankan bentuk dan geometri sesuai standar yang ditentukan. Keunggulan utama dari mesin asah universal terletak pada kemampuannya dalam mengatur berbagai sudut pengasahan, seperti sudut potong,

sudut bebas, dan sudut *helix*, sehingga hasil pengasahan menjadi lebih presisi dibandingkan dengan metode manual. Selain itu, penggunaan mesin ini juga memberikan konsistensi hasil yang lebih baik, karena proses pengasahan dilakukan dengan bantuan mekanisme yang stabil dan terkontrol. Hal ini sangat penting terutama dalam kegiatan produksi atau praktikum, di mana ketepatan ukuran dan kualitas hasil pemotongan menjadi faktor utama. Dengan demikian, tetapi juga berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi kerja serta memperpanjang umur pakai alat tersebut (Putra, dkk.,2022).



Gambar 2.15 Mesin Asah Universal
(Yasindo, 2017)

2.7 Material Beton

Material beton merupakan salah satu bahan konstruksi utama yang banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur di Indonesia karena memiliki kekuatan, daya tahan, dan kemudahan dalam pembentukan sesuai kebutuhan struktur. Beton pada dasarnya tersusun dari bahan komposit yang terbuat dari beberapa material yang menggunakan bahan utama yaitu semen, agregat halus

(pasir), agregat kasar (batu pecah atau kerikil), air dan material tambahan jika dibutuhkan dengan komposisi tertentu. Semen berfungsi mengikat seluruh komponen campuran sehingga membentuk massa yang padat dan kuat setelah mengalami proses pengerasan (Hamdi, dkk.,2022). Selain komponen utama tersebut, dalam beberapa kondisi tertentu juga ditambahkan bahan tambahan (*admixture/additive*) untuk meningkatkan sifat-sifat beton, seperti mempercepat atau memperlambat waktu pengerasan, meningkatkan kekuatan, serta memperbaiki *workability*. Kombinasi bahan-bahan tersebut akan menghasilkan beton segar yang mudah dibentuk, kemudian mengeras melalui proses hidrasi menjadi beton keras dengan karakteristik mekanik yang kuat. Dengan komposisi yang tepat, beton mampu memberikan kualitas yang optimal dalam berbagai aplikasi konstruksi, seperti pembangunan gedung, jalan, jembatan, dan struktur lainnya (Pujianto, dkk., 2021). Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan untuk agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. Dengan diartikan perbandingan Rumus campuran 1:1:0.25 merupakan perbandingan yang umum digunakan dalam pembuatan beton, khususnya untuk pekerjaan konstruksi. Perbandingan ini menunjukkan bahwa dalam satu kali proses pencampuran diperlukan 1 bagian semen, 1 bagian pasir (agregat halus). Selain itu, ditambahkan sekitar 0,5 bagian air sebagai media reaksi kimia antara semen dan agregat, sehingga terjadi proses pengikatan yang disebut hidrasi. Perbandingan ini dirancang untuk menghasilkan beton dengan kekuatan yang cukup baik serta memiliki *workability* yang sesuai untuk pekerjaan konstruksi umum. Semen berperan sebagai bahan pengikat yang menyatukan seluruh agregat,

pasir berfungsi mengisi rongga di antara agregat kasar, sedangkan kerikil memberikan kekuatan utama pada struktur beton. Air memiliki peran penting dalam proses pencampuran dan pengerasan, namun jumlahnya harus dikontrol dengan baik karena kelebihan air dapat menurunkan kekuatan beton (Pratama, 2023).



Gambar 2.16 Material Beton
(Dinasupr, 2023)

2.7.1 Unsur-Unsur Bahan Campuran Beton

1. Agregat

Kualitas agregat memiliki peranan yang sangat penting dalam menentukan mutu beton, karena lebih dari 70% volume beton terdiri dari agregat. Dalam campuran beton, agregat berfungsi sebagai bahan pengisi sekaligus penguat yang berpengaruh langsung terhadap kekuatan, daya tahan, serta kekompakan struktur. Selain itu, penggunaan agregat dalam jumlah besar juga dapat memengaruhi sifat beton terhadap perubahan suhu, seperti ekspansi panas. Oleh karena itu, penilaian agregat perlu dilakukan secara menyeluruh, meliputi ukuran butir, gradasi, tingkat kebersihan, kekerasan, kehalusan, bentuk butiran, serta tekstur permukaan. Secara fisik, agregat yang baik adalah agregat yang stabil dan tidak mengalami perubahan

volume akibat pengaruh suhu maupun kondisi lingkungan seperti pemanasan, pendinginan, atau pembasahan. Bentuk dan tekstur permukaan agregat juga sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton. Agregat dengan permukaan kasar cenderung memiliki daya lekat (*adhesi*) yang lebih baik dengan pasta semen, sehingga menghasilkan ikatan yang lebih kuat. Sebaliknya, agregat yang halus atau licin dapat mengurangi kekuatan ikatan tersebut. Kebersihan agregat juga menjadi faktor penting, karena keberadaan kotoran seperti lempung, lanau, arang, plastik, bahan organik, maupun garam dapat mengganggu proses pengikatan dan menurunkan kualitas beton. Semakin luas dan beragam permukaan agregat, maka ikatan antara agregat dan semen akan semakin kuat. Berdasarkan ukuran butirnya, agregat dalam beton dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat kasar dan agregat halus, yang masing-masing memiliki fungsi tersendiri dalam membentuk struktur beton yang kuat dan padat. (Junianto, dkk., 2018).

a. Agregat Halus



Gambar 2.17 Agregat Halus
(wildan jualarista, 2023)

Agregat halus merupakan bahan pengisi dalam campuran beton yang umumnya berupa pasir. Peran agregat halus sangat penting karena berfungsi untuk mengisi rongga di antara agregat kasar sehingga menghasilkan struktur

beton yang lebih padat dan kuat. Agregat halus yang baik harus memiliki kualitas yang bersih, yaitu bebas dari kandungan bahan organik, lumpur, maupun lempung, karena zat-zat tersebut dapat mengganggu proses pengikatan semen dan menurunkan kekuatan beton. Berdasarkan sumbernya, pasir yang digunakan dalam campuran beton dapat berasal dari beberapa jenis, seperti pasir sungai yang terbentuk secara alami akibat proses aliran air, serta pasir hasil galian tambang (*quarry*) yang diperoleh melalui proses pemecahan batu. Masing-masing jenis pasir memiliki karakteristik tersendiri, baik dari segi ukuran butiran, kebersihan, maupun tingkat kekasaran permukaan. Oleh karena itu, pemilihan agregat halus yang tepat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton yang dihasilkan, terutama dalam hal kekuatan, daya tahan, dan kemudahan pengerjaan (*workability*). (Bumulo, dkk., 2018).

Tabel 2.1 Analisis Saringan Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
	5 – 20	8 – 30	12 – 40	
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

(Pradipa, dkk., 2023)

b. Agregat Kasar



Gambar 2.18 Agregat Kasar
(Perkasa, 2019)

Agregat kasar dalam campuran beton merupakan komponen utama yang berperan besar dalam menahan dan memikul beban yang bekerja pada beton. Oleh karena itu, agregat kasar harus memiliki gradasi yang baik agar seluruh campuran beton dapat membentuk massa yang padat, kuat, dan homogen. Susunan butiran yang tepat akan membantu meningkatkan kekompakan serta kekuatan struktur beton secara keseluruhan. Berdasarkan jenisnya, agregat kasar yang umum digunakan dalam campuran beton terdiri dari beberapa macam, di antaranya:

- 1) Batu pecah alami, yaitu agregat yang diperoleh dari batuan keras yang digali kemudian dihancurkan menjadi ukuran tertentu. Batuan ini dapat berasal dari batuan gunung berapi, batuan sedimen, maupun batuan metamorfa, yang umumnya memiliki kekuatan tinggi sehingga sangat baik digunakan untuk beton struktural.
- 2) Kerikil alami, yaitu agregat yang terbentuk secara alami melalui proses pengikisan oleh aliran air di sungai, baik pada bagian tepi maupun dasar sungai. Kerikil memiliki bentuk yang lebih bulat dan permukaan lebih

halus dibandingkan batu pecah, namun kekuatannya cenderung lebih rendah sehingga kurang optimal untuk menahan beban berat.

Dengan demikian, pemilihan jenis agregat kasar harus disesuaikan dengan kebutuhan kekuatan beton yang diinginkan agar menghasilkan struktur yang kuat, tahan lama, dan berkualitas baik (Bumulo, dkk., 2018).

Tabel 2.2 Analisa Saringan Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Persentase agregat yang lolos saringan (%)		
	Gradasi Agregat		
	40 mm	20 mm	10 mm
76	100	-	-
38	95–100	100	-
19	35 – 70	95 – 100	100
9,6	10 – 40	30 – 60	50 – 85
4,8	0 – 5	0 – 10	0 – 10

(Bumulo, dkk., 2018)

2. Semen

Semen merupakan bahan yang mempunyai sifat *adhesive* dan *chohesive* yang digunakan sebagai bahan pengikat, yang dipakai bersama-sama dengan agregat dan atau bahan tambah lainnya yang mampu menyatukan butiran agregat menjadi satu kesatuan yang kuat. Bahan baku utama dalam pembuatan semen meliputi batu kapur, tanah liat, pasir silika, pasir besi, dan gipsum yang diproses melalui tahapan tertentu hingga menghasilkan semen siap pakai. Dalam prosesnya, semen mengalami reaksi hidrasi, yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang bersifat eksotermik atau menghasilkan panas. Besarnya panas yang dihasilkan selama proses hidrasi sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia semen serta proporsi bahan penyusunnya. Proses perubahan semen dari kondisi *plastis* (cair) menjadi keras disebut sebagai waktu pengikatan, yang merupakan salah satu parameter penting

dalam pekerjaan beton. Beberapa faktor yang memengaruhi waktu pengikatan semen antara lain tingkat kehalusan semen, di mana semakin halus ukuran partikel semen maka waktu pengikatan akan semakin cepat. Selain itu, jumlah air yang digunakan juga berpengaruh, di mana semakin sedikit air maka proses pengikatan cenderung berlangsung lebih cepat. Faktor suhu juga memiliki peranan penting, karena semakin tinggi suhu lingkungan, maka waktu pengikatan akan semakin singkat. Selain itu, penambahan bahan kimia tertentu (*admixture*) juga dapat memodifikasi waktu pengikatan sesuai kebutuhan pekerjaan konstruksi (Mahendra, dkk., 2019)



Gambar 2.19 Semen
(Jualarista, 2023)

3. Air

Air merupakan salah satu komponen penting dalam campuran beton yang berfungsi sebagai media pencampur serta memicu reaksi kimia (*hidrasi*) pada semen. Oleh karena itu, kualitas dan jumlah air sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton serta kemudahan dalam proses pencampuran dan pengerjaannya. Pada umumnya, air yang layak untuk diminum juga dapat digunakan sebagai air campuran beton karena bebas dari zat berbahaya. Namun, tidak semua air yang digunakan untuk beton aman untuk dikonsumsi, karena air tersebut masih

diperbolehkan mengandung zat tertentu selama tidak mengganggu proses hidrasi dan kualitas beton yang dihasilkan (Bumulo, dkk., 2018).

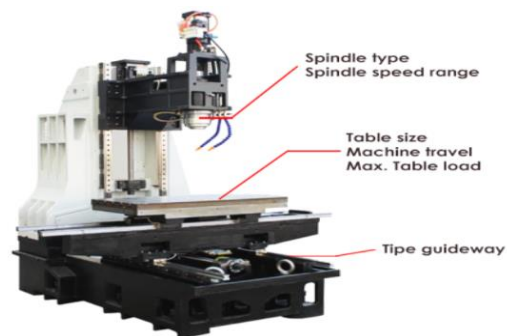


Gambar 2.20 Air
(Jualarista, 2023)

2.8 CNC (*Computer Numerical Control*)

Mesin CNC adalah mesin perkakas otomatis yang bekerja berdasarkan pola benda kerja yang terlebih dahulu didesain melalui suatu perangkat lunak seperti *autocad*. Sistem pada CNC pada dasarnya terdiri atas dua komponen dasar, yaitu program yang berisi perintah pengerjaan, unit pengendali mesin (Yusril, dkk., 2020). Biasanya operator membuat desain dengan bahasa numerik (perintah gerakan yang menggunakan angka dan huruf) biasanya dalam bentuk *G-code*, untuk dengan tepat mengarahkan kedalaman, kecepatan (*Rpm*), laju pemakanan (*feed Rate*) jalur alat. Prinsip kerja dari mesin ini adalah gerak utama berputar dilakukan oleh alat potong atau *cutter*, sedangkan gerak makannya dilakukan oleh benda kerja yang terpasang pada meja kerja. Arah gerakan persumbuan mesin CNC yaitu sumbu X untuk arah memanjang meja, sumbu Y untuk arah melintang meja dan sumbu Z untuk *vertical spindle*. Pada dasarnya CNC mesin perkakas yang bekerja secara otomatis

berdasarkan pola benda kerja yang terlebih dahulu didesain melalui suatu aplikasi seperti *mastercam* atau *fusion* sehingga teknologi ini menjamin presisi tinggi dan yang sangat penting untuk menciptakan bagian yang kompleks dan dapat diandalkan. (Kurniawan, dkk., 2020).



Gambar 2.21 CNC
(Lama, 2023)

2.9 Foto Makro

Perkembangan teknologi telah mendorong *smartphone* menjadi perangkat yang mudah dijangkau oleh masyarakat, sekaligus menghadirkan fitur kamera dengan kemampuan menghasilkan gambar yang memiliki kualitas tinggi (Viona, 2025). Foto makro merupakan alat bantu yang digunakan untuk melakukan pengamatan dan penelitian, karena dapat digunakan untuk melihat objek pengamatan yang kecil terlihat besar (Syaiful, dkk., 2025). Pada proses pengeboran yang menggunakan mata sayat juga sering ditemui retakan pada hasil pengeboran, lubang hasil pengeboran yang tidak sesuai akan mengurangi kekuatan konstruksi itu sendiri, Teknik ini membandingkan hasil sebelum-sesudah pengasahan mata bor beton untuk mengukur perbaikan kualitas lubang serta untuk mengetahui pengaruhi

kualitas pengasahan mata bor menggunakan mesin asah universal (Henry Widya Prasetya, dkk .,2024).



Gambar 2.22 Foto Makro
(Kompas, 2022)