BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan campuran dari material konstruksi seperti semen *portland* atau semen hidrolik yang lain, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil atau batu pecah), dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI 2847, 2013). Partikel-partikel dari agregat halus dan kasar yang terikat bersama oleh pasta yang terbuat dari semen *portland* dan air, pasta itu berfungsi untuk mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel agregat halus dan kasar. Setelah campuran beton dituang pada cetakan, beton akan mengeras sebagai akibat dari reaksi-reaksi kimia antara semen dan air sehingga membentuk material stuktural yang padat dan memiliki ketahanan yang baik. Beton akan semakin mengeras dan mencapai kekuatan rencana ketika mengalami penambahan umur pada usia 28 hari.

Adanya kemudahan dalam mendapatkan material penyusun campuran beton, sampai saat ini beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur, bahkan beton berperan penting pada sebuah pembangunan konstruksi. Beton memiliki karakteristik yaitu mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi dan tegangan hancur tarik yang rendah. Hal yang menjadi pertimbangan pada proses produksi melibatkan asppek-aspek seperti kekuatan tekan yang tinggi, kemudahan dalam pengerjaannya, dan kelangsungan proses pengadaan beton. Terdapat juga faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu perbandingan berat air dan semen, kualitas semen, gradasi agregat, dan perawatannya (*curing*). Pada umunya, rongga udara pada beton sekitar 1 – 2%, pasta semen dari semen dan air sekitar 25 – 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60 – 75% (Asrul, 2021).

2.2 Sifat-Sifat Beton

Dalam merancang kekuatan beton yang baik, perlu mempertimbangkan kriteria aspek ekonomi atau rendah dalam biaya dan memenuhi aspek teknik atau kekuatan struktur. Oleh karena itu, perlu mengetahui sifat-sifat beton. Berikut merupakan sifat-sifat beton antara lain:

2.2.1 *Workability* (Kemudahan Pengerjaan)

Workability merupakan tingkat kemudahan dalam pengerjaan beton melibatkan proses pencampuran, pengadukan, penuangan kedalam cetakan dan pemadatan tanpa adanya kekuatan beton berkurang dan beton tidak mengalami *bleeding* (pemisahan) yang berlebihan, hal ini diperlukan untuk mencapai kekuatan beton yang diinginkan. Kemudahan dalam pembuatan

beton dapat dilihat dari nilai *slump* yang identik dengan keplastisan, semakin plastis beton maka semakin mudah pengerjaannya. *Workability* memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

a. *Mobility* adalah kemudahan adukan beton untuk mengalir ke cetakan.
b. *Stability* adalah kemampuan suatu campuran beton untuk tetap homogen atau kuat dan selalu koheren atau mengikat.
c. *Compacbility* adalah kemudahan pemadatan campuran beton untuk mengurangi rongga antar rongga-rongga udara diantara agregat.
d. *Finishbility* adalah kemudahan suatu campuran beton mencapai tahap akhir mengeras dalam kondisi yang baik.

Adapun unsur-unsur yang dapat mempengaruhi sifat-sifat *workability*, antara lain sebagai berikut:

a. Semakin banyak jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton, semakin mudah pengerjaannya
b. Penambahan semen membuat campuran beton lebih mudah diaduk. Kandungan semen, jika FAS (Faktor air semen) tetap, semakin banyak semen maka semakin banyak air yang dibutuhkan. Sehingga akan lebih tinggi keplastisannya
c. Gradasi campuran pasir dan kerikil. Pengerjaan campuran beton akan lebih mudah jika campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan
d. Menggunakan butir-butir agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah dikerjakan.
e. Ukuran butir maksimum kerikil yang digunakan juga mempengaruhi tingkat kemudahan pengerjaan. Pemakaian butir agregat yang berukuran lebih besar membuat tampak lebih encer dan lebih mudah dikerjakan dibandingkan butir maksimum yang berukuran lebih kecil.
f. Cara pemadatan campuran beton untuk menentukan berbagai sifat pengerjaan yang berbeda. Pada saat pemadatan menggunakan alat getar maka perlu ditingkatkan kelecakan beton yang berbeda, sehingga mengurangi jumlah air yang diperlukan dibandingkan pemadatan dengan tangan.

2.2.2 *Segregasi* (Pemisahan Agregat/Kerikil)

Segregasi merupakan proses terjadinya penurunan butiran-butiran agregat kasar untuk lepas dari campuran beton karena cara penuangan dan pemadatan yang tidak baik sehingga dapat mengakibatkan keropos (Firdusia, 2018). Adanya *segregasi* ini disebabkan oleh beberapa hal, antara lain sebagai berikut:

a. Kurangnya semen pada campuran beton
b. Air yang terlalu banyak.
c. Ukuran maksimum agregat kasar lebih dari 40 mm.
d. Permukaan butiran agregat yang terlalu kasar.

Kecenderungan adanya *segregasi* ini juga dapat dicegah, jika mengalami:

a. Tinggi jatuh telah diperpendek.
b. Penggunaan air sesuai dengan syarat.
c. Terdapat cukup ruang antara batang tulangan dengan acuan.
d. Ukuran agregat yang sesuai dengan syarat.
e. Adanya pemadatan yang dilakukan dengan baik,

2.2.3 *Bleeding* (Pemisahan Air)

Bleeding merupakan keluarnya air pada campuran beton yang disebabkan oleh pelepasan air dari pasta semen. *Bleeding* juga merupakan salah satu bentuk dari *segregasi* dimana air yang terkandung dalam campuran beton cenderung keluar naik kepermukaan setelah beton dicetak. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, membentuk selaput (*laintance*) seiring dengan pengerasan beton, bagian lapisan atas menjadi terlalu basah sehingga mengakibatkan beton berpori dan lemah dan air berkumpul pada kerikil-kerikil dan baja tulangan horizontal sehingga menimbulkan ronga-rongga yang besar. Berikut merupakan penyebab adanya bleeding, antara lain:

a. Susunan butir agregat
b. Air yang terlalu banyak
c. Kecepatan hidrasi
d. Proses pemadatan

Saat terjadinya *bleending* juga dapat dikurangi, cara mengurangi *bleeding* antara lain sebagai berikut:

a. Jumlah air tidak melebihi kebutuhan untuk mencapai *workability.*
b. Memberi lebih banyak campuran semen.
c. Memilih jenis semen yang butir-butirannya lebih halus.
d. Memilih agregat bergradasi lebih baik.
e. Pasir yang sedikit lebih bulat dengan presentase butir halus lebih besar.
f. Zat tambah untuk perbaikan gradasi bahan batuan.

2.3 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Penggunaan beton memiliki kelebihan dan kelemahan, antara lain sebagai berikut:

2.3.1 Kelebihan Beton

Penggunaan beton pastinya memiliki banyak kelebihan hingga dipakai dalam banyak Pembangunan konstruksi. Adapun kelebihan beton adalah sebagai berikut:

a. Beton mampu menahan kuat tekan dengan baik, serta memiliki sifat tahan terhadap korosi. Jika memadukannya dengan baja tulangan yang memiliki kuat tarik tinggi, maka dapat diperoleh suatu struktur yang tahan tarik dan tahan tekan.
b. Beton dapat dikerjakan dengan mudah dan dicetak sesuai keinginan.
c. Beton dapat dipompa, sehingga beton dapat dituang bahkan di lokasi yang memiliki posisi sulit.
d. Beton termasuk bahan yang awet, tahan aus dan tahan bakar, sehingga lebih hemat biaya
e. Harga beton relatif lebih murah karena menggunakan bahan dasar yang mudah di dapat.

2.3.2 Kekurangan Beton

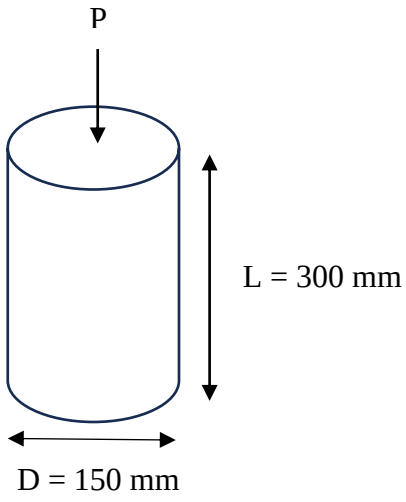
Setiap kelebihan pastinya memiliki kekurangan. Berikut merupakan kekurangan beton, antara lain:

a. Beton dianggap tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan baja tulangan yang mampu menahan gaya tarik.
b. Beton keras menyusut dan mengembang bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi (sambungan pemisah) untuk mengatasi retakan-retakan akibat terjadinya perubahan suhu.
c. Untuk beton beton yang kedap air secara sempurna, memerlukan pengerjaan teliti.
d. Beton bersifat getas (tidak daktail) sehingga harus diperhitungkan dengan teliti secara seksama agar setelah dikomposisikan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail, terutama pada struktur yang tahan gempa.
e. Bahan dasar penyusun beton seperti agregat halus dan agregat kasar berbeda sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya juga mungkin berbeda.

2.4 Kuat Tekan Beton

Menurut SNI 1974-2011, kuat tekan beton merupakan kemampuan beton dalam menerima gaya tekan dari suatu beban persatuan luas yang besar, yang dapat menyebabkan benda uji beton hancur apabila menerima gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur, semakin tinggi kekuatan struktur yang diinginkan maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Prosedur pengujian yang paling umum digunakan yaitu mengacu pada standar ASTM C39-86. Hasil kuat tekan dari setiap benda uji ditetapkan berdasarkan tegangan tekan tertinggi (fc') yang diperoleh dari benda uji setelah 28 hari akibat beban tekan selama percobaan. Kuat tekan beton diperoleh melalui pengujian standar menggunakan benda uji berupa silinder dengan dimensi yang umum digunakan, yaitu tinggi 300 mm dan diameter 150 mm seperti yang terdapat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sketsa Uji Kuat Tekan Beton

Rumus untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan pengujian di laboratorium adalah sebagai berikut:

$$fc' = \frac{P}{Ao} \quad \text{..... (2.1)}$$

Keterangan:

fc' = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban tekan maksimum (N)

Ao = Luas penampang benda uji (mm^2)

Beton yang memiliki kuat tekan tinggi termasuk dalam sifat beton yang baik. Penilaian mutu beton dapat diasumsikan hanya dari kuat tekannya saja. Beton memiliki beberapa jenis berdasarkan pada kuat tekannya antara lain yaitu:

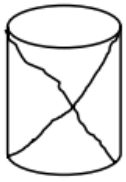
Tabel 2.1 Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton sederhana	<10
Beton normal	15 – 30
Beton prategang	30 – 40
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80
Beton kuat tekan sangat tinggi	>80

2.4.1 Tipe Retak Pengujian Kuat Tekan Beton

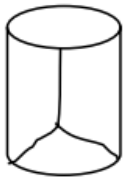
Terdapat beberapa tipe retak silinder yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan beton menurut ASTM C39M – 05, antara lain yaitu:

1. Pola retak kerucut (*cone*), tipe retakan ini sering terjadi karena pembebanan pada benda uji tersebar secara merata. Tipe pola retak kerucut dapat dilihat pada Gambar 2.2.



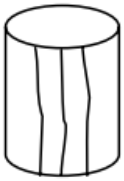
Gambar 2.2 Pola Retak Kerucut

2. Pola retak kerucut dan pecah (*cone and split*), tipe retakan ini terjadi karena tidak seragamnya saat proses pengadukan agregat kasar saat pembuatan benda uji sehingga pembebanan yang tidak tersebar secara merata. Tipe pola retak kerucut dan pecah dapat dilihat pada Gambar 2.3.



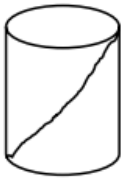
Gambar 2.3 Pola Retak Kerucut dan Pecah

3. Pola retak columnar, tipe retakan ini terjadi akibat pembebanan yang tidak tersebar secara merata, misalnya karena mesin uji kuat tekan yang kotor atau permukaan benda uji silinder yang kurang rata. Tipe pola retak columnar dapat dilihat pada Gambar 2.4.



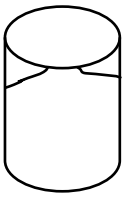
Gambar 2.4 Pola Retak Columnar

4. Pola retak geser (*shear*), tipe retakan ini terjadi akibat banyak pembebanan yang tidak tersebar secara merata pada benda uji karena ini perlu melakukan pemeriksaan pada mesin kuat tekan. Tipe pola retak geser dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pola Retak Geser

5. Tipe pola retak di ujung silinder, tipe retakan ini terjadi karena benda uji dilakukan *unbonded capping.* Tipe pola retak di ujung silinder dapat dilihat pada Gambar 2.6.

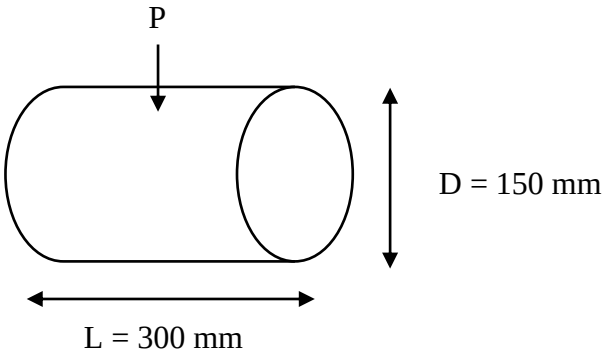


Gambar 2.6 Pola Retak di Ujung Silinder

2.5 Kuat Tarik Belah

Menurut SNI 03-2491-2002, kuat tarik belah merupakan nilai kuat tarik yang dihasilkan dari pembebanan berbentuk silinder pada benda uji beton yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekanan uji desak. Pengujian kuat tarik belah digunakan untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton yang menggunakan agregat ringan. Pengujian ini dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dan dalam kondisi kering udara setelah dilakukan curing.

Prosedur pengujian kuat tarik belah pada beton yang digunakan yaitu sesuai dengan standar ASTM C 496, yang meliputi pembebanan benda uji secara menerus tanpa sentakkan dengan kecepatan pembebanan konstan yang berkisar antara 0,7 hingga 1,4 MPa per menit sampai benda uji hancur. Kecepatan pembebanan untuk benda uji berbentuk silinder dengan ukuran panjang 300 mm dan diameter 150 mm berkisar antara 50 sampai 100 kN per menit seperti yang terdapat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Sketsa Uji Kuat Tarik Belah

Rumus untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah pada beton berdasarkan percobaan pengujian di laboratorium adalah sebagai berikut:

$$fct = \frac{2P}{\pi LD} \quad \text{..... (2.2)}$$

Keterangan:

fct = Kuat tarik belah (MPa)

P = Beban uji maksimum (N)

L = Panjang benda uji (mm)

D = Diameter benda uji (mm)

2.6 Material Penyusun Beton

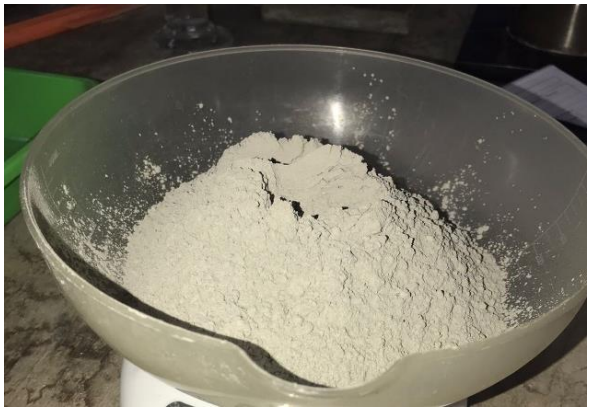
Beton dibentuk dari beberapa material, baik material kasar maupun halus yang dicampur dengan air. Campuran keseluruhan material ini menciptakan beton, komponen umumnya terdiri dari kombinasi semen, pasir, agregat kasar (kerikil atau batu pecah) dan agregat halus (pasir). Namun, juga dapat memberi bahan tambah seperti *mineral additive* dan *chemical additive* untuk mempercepat pengikatan pada campuran beton. Setiap material penyusun mempunyai pengaruh dalam menentukan mutu beton yang akan dihasilkan, antara lain sebagai berikut:

2.6.1 Semen

Semen merupakan material yang memiliki sifat-sifat adhesif dan kohesif yang berfungsi sebagai perekat pada campuran beton. Sesuai dengan Standar Industri Indonesia SII 0013-1981, semen protland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker*, terutama yang mengandung silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan *gypsum* sebagai bahan tambah.

Semen *portland* juga dikenal sebagai semen hidrolis karena kemampuannya untuk bereaksi dengan air dan dapat mengeras di dalam air. Fungsi semen melibatkan pengikatan dari butiran-butiran agregat dan pengisian rongga-rongga antara agregat sehingga membentuk massa padat, meskipun jumlahnya hanya berkisar 10% dari volume beton. Bahan utama dalam pembuatan semen *portland* adalah batu kapur (*limestone*) yang mengandung kapur (Cao) dan lempung yang mengandung silika (SiO_2), oksida alumina (Al_2O_3) dan oksida besi (Fe_2O_3). Campuran semen dimasukkan ke dalam oven dengan suhu kira-kira 145 ºC sampai menjadi *klinker*. Setelah itu *klinker* dipindahkan kemudian digiling halus disertai penambahan 3-5% *gypsum* untuk mengendalikan waktu pengikat semen agar tidak berlangsung terlalu cepat.

Semen memiliki berbagai jenis dan setiap jenisnya digunakan untuk kondisi tertentu sesuai dengan sifat-sifat khususnya. Kualitas semen sangat mempengaruhi mutu beton, meskipun kelebihan pemakaian tidak selalu menjamin kekuatan yang optimal. Jenis semen yang sering beredaran dipasaran adalah semen *portland* putih, semen *portland*, semen *portland* komposit, *dan semen portland pozzolan*.



Gambar 2.8 Semen

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2.6.2 Air

Air memiliki peran penting dalam pembuatan beton karena dapat mempengaruhi kualitas campuran beton. Air dalam campuran beton berfungsi untuk membantu reaksi kimia yang memicu proses pengikatan dan berfungsi sebagai pengangkut campuran agregat dan semen untuk memudahkan proses pengolahan.

Air berperan dalam pembentukan semen yang berpengaruh terhadap sifat *workability* (kemudahan pengerjaan), kekuatan susut dan keawetan beton. Jumlah air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 50% dari berat semen, namun kenyataan nilai FAS (Faktor

Air Semen) yang digunakan sebagai pelumas harus diatur dengan hati-hati karena penambahan air yang berlebihan dapat mengakibatkan penurunan kekuatan beton dan resiko keropos.

Menurut SNI 2847-2013, air yang digunakan dalam pembuatan beton harus memenuhi spesifikasi air pencampur dalam produksi beton semen hidrolis. Penggunaan air untuk campuran beton sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut:

a. Kandungan lumpur maksimum 2 gram/liter.
b. Kandungan garam-garam yang dapat merusak beton seperti asam, zat organik, dan lain lain maksimum 15 gram/liter.
c. Kandungan klorida (Cl) maksimum 0,5 gram/liter.
d. Kandungan senyawa sulfat maksimum 1 gram/liter.

Gambar 2.9 Air

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2.6.3 Agregat

Agregat merupakan butiran-butiran seperti batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain yang berasal dari sumber alami atau diproduksi secara buatan. Agregat berbentuk mineral padat, berbentuk fragmen-fragmen dengan ukuran yang berbeda-beda. Dalam campuran beton, agregat berperan sebagai pengisi dalam campuran beton dan terdapat sekitar 70% sampai 75% dari volume agregat dalam beton.

Agregat menjadi peranan penting dalam pembuatan beton, karena agregat dapat mempengaruh sifat-sifat beton. Sifat yang paling penting dari suatu agregat adalah kekuatan tekan dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi ketahanan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia serta ketahanan terhadap penyusutan, aregat yang digunakan dalam campuran beton harus bersih, keras, tidak mempunyai sifat

penyerapan kimia, tidak tercampur dengan tanah liat atau lumpur dan gradasi atau distribusi ukuran agregat sesuai dengan syarat dan ketentuan yang berlaku.

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah gradasi atau distribusi butiran agregat. Apabila ukuran butiran agregat seragam maka volume pori akan bertambah, dan apabila ukuran butiran agregat bervariasi maka volume pori akan mengecil. Hal ini disebabkan butiran agregat yang lebih kecil akan mengisi pori-pori di antara butiran yang lebih besar.

2.6.3.1 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan kerikil atau batu pecah yang muncul dari proses disintregasi batu-batuan hasil pemecahan, baik secara manual maupun dengan menggunakan mesin. Agregat kasar ini terdiri dari butiran yang keras dengan permukaan yang kasar. Agregat kasar merujuk pada kerikil atau batu pecah yang mempunyai ukuran lebih dari 4,76 mm.

Sifat yang paling penting dari suatu agregat kasar melibatkan kekuatan tekan dan kemampuannya untuk menahan benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, serta sifat porositas, dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi ketahanannya terhadap proses pembekuan dan agresi kimia.

Terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan agregat kasar untuk campuran beton, antara lain sebagai berikut:

a. Bentuk agregat, bentuk agregat kasar dipengaruhi dari dua sifat, yaitu kebulatan dan sperikal. Kebulatan atau ketajaman sudut merupakan sifat yang dimiliki tergantung pada ketajaman relatif dari sudut dan ujung butir. Sedangkan sperikal merupakan sifat yang tergantung pada rasio antara luas bidang permukaan butir dan volume butir.
b. Tekstur permukaan butir, tekstur permukaan merupakan suatu sifat permukaan yang tergantung pada ukuran, halus atau kasar, mengkilap atau kusam. Tekstur permukaan butir dapat tergantung pada kekerasan, ukuran molekul, tekstur batuan, dan besar gaya yang pekerja pada permukaan butiran yang menyebabkan kehalusan permukaan agregat.
c. Berat jenis agregat, berat jenis agregat merupakan perbandingan antara massa padat agregat dan massa air dengan volume yang sama pada suhu yang sama. Karena butiran agregat biasanya mengandung pori-pori yang terdapat dalam butiran yang tertutup atau tidak berhubungan. Maka berat jenis agregat dibagi menjadi dua istilah yaitu berat jenis mutlak yang menggambarkan volume benda padat tanpa pori dan berat jenis semu yang mencakup volume benda padat yang termasuk pori-pori tertutup.

d. Berat satuan dan kepadatan, berat satuan agregat merupakan berat dari suatu volume tertentu dari agregat diukur dalam kg/liter atau ton/m^3. Oleh karena itu, perhitungan berat satuan berdasarkan pada berat agregat dalam suatu tempat tertentu, sehingga yang dihitung adalah volume padat (pori tertutup) dan volume pori terbuka.
e. Ukuran dari agregat kasar yang umum digunakan adalah 10 mm, 20 mm, dan 40 mm.
f. Gradasi agregat, gradasi agregat merupakan distribusi butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang seragam, maka volume pori akan bertambah dan sebaliknya bila butir-butiran agregat bervariasi akan terjadi volume pori akan mengecil.

Tabel 2.2 Batasan Gradasi Agregat Kasar

Nomor Ayakan	**Ukuran diameter lubang (mm)**
3”	76,2
1 ½”	38,1
¾”	19,1
3/8”	9,5
4	4,76

Gambar 2.10 Agregat Kasar

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Penggunaan kerikil atau batu pecah untuk bahan-bahan bangunan yang dipilih harus memenuhi syarat. Terdapat syarat mutu dari agregat kasar, antara lain yaitu:

a. Butiran batunya tajam, kuat dan keras.
b. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh dari cuaca.
c. Apabila di uji dengan larutan jenuh garam sulfat adalah sebagai berikut,
    - Jika memakai natrium sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%

- Jika memakai magnesium sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%

d. Agregat kasar tidak holeh mengandung lumpur lebih dari 1%, apabila lebih dari 1% maka kerikil harus dicuci.
e. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit.
f. Tidak boleh mengandung garam.

2.6.3.2 Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri penghancuran batu. Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Agregat halus mempunyai ukuran butir lolos saringan nomor 4 dengan ukuran diameter lubang 4,76 mm.

Agregat halus atau pasir umumnya terdapat di sungai-sungai besar. Penggunaan pasir untuk bahan-bahan bangunan yang dipilih harus memenuhi syarat. Terdapat syarat mutu dari agregat halus, antara lain yaitu:

a. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, apabila lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
b. Bila agregat halus direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
c. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik sehingga rongganya sedikit.
d. Tidak boleh mengandung garam.

Tabel 2.3 Batasan Gradasi Agregat Halus

Nomor Ayakan	**Ukuran diameter lubang (mm)**	**Presentase lolos kumulatif**
4	4,76	95 – 100
8	2,38	80 – 100
16	1,19	50 – 85
30	0,59	25 – 60
50	0,29	10 – 30
100	0,15	2 – 10
Pan		

Gambar 2.11 Agregat Halus
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2.6.4 Limbah Keramik

Limbah keramik merupakan bahan buangan tidak terpakai yang dihasilkan dari pabrik keramik. Keramik merupakan material padat yang terbuat dari tanah liat yang dibentuk dan melewati proses pembakaran dengan suhu tertentu untuk menghasilkan benda keras dan tahan lama, keramik berfungsi sebagai lapisan lantai atau dinding (Suria, Asmadi, dkk., 2017).

Gambar 2.12 Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Biasanya selama proses produksi keramik pada pabrik terdapat potongan-potongan yang tidak sesuai atau retak, kemudian potongan-potongan keramik yang tidak sesuai akan dibuang begitu saja dan tidak dimanfaatkan sehingga dapat merusak lingkungan dan menjadi limbah. Hal ini membuat adanya inovasi untuk pembuatan campuran beton dari limbah keramik sebagai agregat halus. Berikut merupakan perbandingan kandungan senyawa kimia dari keramik dan pasir, antara lain yaitu:

Tabel 2.4 Kandungan Senyawa Kimia Keramik dan Pasir

Senyawa Kimia Keramik	Prosentase (%)	Senyawa Kimia Pasir	Prosentase (%)
Silika Oksida (SiO_2)	47%	Silika Oksida (SiO_2)	19,4%
Alumina Oksida (Al_2O_3)	39%	Alumina Oksida (Al_2O_3)	6,9%
Hidro (H_2O)	14%	Kalsium Oksida (CaO)	19,7%
		Besi Oksida (FeO)	44,1%

2.6 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

No.	Penelitian	Penulis	Perbedaan Penelitian	
			Terdahulu	Sekarang
1.	Pengaruh Limbah Keramik Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Mutu Beton	(Huda & Suprapto, 2013)	Penelitian limbah keramik sebagai pengganti agregat halus pada mutu beton bertujuan untuk mencari kuat tekan beton normal dan mengetahui mutu beton dengan campuran limbah keramik. Limbah keramik yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil sisa potongan keramik yang diambil dari pembangunan proyek apartement Via & Vue Ciputra World Surabaya. Dalam penelitian ini pembuatan campuran beton normal dilakukan dengan memakai perbandingan 1 semen : 1.83 pasir : 2.75 kerikil sebagai kontrol dan =	Penambahan limbah keramik sebagai bahan tambah agregat halus pada campuran beton dengan memakai variasi presentase 0%, 4%, 8% dan 12% serta uji kuat tekan terhadap beton dengan umur 7, 14, dan 28 hari.

			penambahan limbah keramik sebagai agregat halus sebesar 6%, 9%, dan 12% sebagai pengganti pasir. Tes kekuatan benda uji dilakukan pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari. Dari hasil pengujian kuat tekan campuran limbah keramik sebagai pengganti agregat halus pada umur 28 hari, beton normal memiliki kuat tekan 247,392 kg/cm^2 dan mengalami peningkatan tertinggi variasi 9% yaitu memiliki kuat tekan sebesar 287,423 kg/cm^2.	
2.	Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus Pada Beton Ramah Lingkungan	(Karimah & Rusdianto, 2021)	Penggunaan agregat halus berupa limbah keramik yang menjadi pengganti pasir pada beton ramah lingkungan. Limbah keramik sebagai agregat halus divariasikan dengan persentase 0%, 3%, 6%, 9%, 12% dan 15% dari total kebutuhan agregat halus. Adanya penambahan material *pozzolan* berupa *fly ash* untuk memperbaiki properti beton segar dan beton keras. Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi persentase penggantian agregat halus dengan limbah keramik, nilai	Penambahan limbah keramik sebagai bahan tambah agregat halus pada campuran beton dengan memakai variasi presentase 0%, 4%, 8% dan 12% serta uji kuat tekan terhadap beton dengan umur 7, 14, dan 28 hari.

			absorpsi beton semakin mengalami kenaikan. Spesimen dengan presentase 0% tanpa campuran limbah keramik sebagai agregat halus memiliki kuat tekan yaitu 31 MPa dan presentase 9% campuran limbah keramik dari total agregat halus memiliki kuat tekan tertinggi yaitu 37 MPa.	
3.	Durability of Concrete with Ceramic Waste as Fine Aggregate Replacement	(Srivastava, 2015)	Studi ekperimen pemanfaatan limbah keramik sebagai pengganti agregat halus campuran beton, dengan kisaran tingkat persentase 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Limbah keramik yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari lokasi konstruksi bangunan yang menggunakan keramik dari Varmora Granito Pvt Ltd karena telah terverifikasi untuk daya resap airnya yaitu 0,08%. Tingkat pergantian yang optimum ditentukan berdasarkan hasil uji kuat tekan. Hasil penelitian menunjukkan spesimen dengan presentase 0% pada umur 28 hari memiliki nilai kuat tekan sebesar 32,44 MPa	Penambahan limbah keramik sebagai bahan tambah agregat halus pada campuran beton dengan memakai variasi presentase 0%, 4%, 8% dan 12% serta uji kuat tekan terhadap beton dengan umur 7, 14, dan 28 hari.

			dan perbandingan spesimen yang mengalami peningkatan tertinggi yaitu pada presentase 40% memiliki nilai kuat tekan sebesar 45,20 MPa.	
4.	Experimental Study on Concrete Using Waste Ceramic as Partial Replacement of Aggregate	(Daniel, 2021)	Pemanfaatan bahan limbah dari pabrik pembuatan keramik dan digunakan kembali dalam beton dengan menggantikan agregat halus alami. Limbah keramik yang dipakai berupa bubuk dan butiran dengan variasi presentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% bahan pengganti untuk agregat halus. Pada beton yang sudah mengeras dengan berbagai pengujian yang dilakukan seperti uji tekan, *modulus young*, dan kuat lentur pada balok beton dengan umur 7 dan 28 hari. Berdasarkan hasil penelitian kuat tekan dengan presentase 0% yang dihasilkan di umur 7 hari adalah 20,40 N/mm^2. kuat tekan tertinggi dengan presentase 10% yang dihasilkan di umur 7 hari adalah 17,50 N/mm^2.	Penambahan limbah keramik sebagai bahan tambah agregat halus pada campuran beton dengan memakai variasi presentase 0%, 4%, 8% dan 12% serta uji kuat tekan terhadap beton dengan umur 7, 14, dan 28 hari.

5.	Experimental Analysis of Treated Waste Foundry and Waste Ceramics Sand by Replacement of Fine Aggregate in Concrete	(Boobala, Nirmalkumar, dkk., 2023)	Penelitian ini merupakan pemanfaatan limbah logam pengecoran dan limbah keramik sebagai pengganti sebagian beton. Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir hasil buangan produksi pembuatan cetakan pengecoran logam padat dan menggunakan limbah keramik yang telah menjadi bubuk. Campuran beton dengan mutu M25 ini memakai variasi limbah logam pengecoran dan limbah keramik untuk menggantikan pasir alami dengan presentase 0%, 10%, 15% dan 20%. Uji mekanis, termasuk penilaian kuat tekan, tarik, dan lentur, dilakukan setelah perawatan selama 7, 14, dan 28 hari. Berdasarkan hasil penelitian, telah didapat kuat tekan beton normal yaitu 31,67 N/mm^2 dan kuat tekan tertinggi dengan presentase 10% yaitu 28,63 N/mm^2.	Penambahan limbah keramik sebagai bahan tambah agregat halus pada campuran beton dengan memakai variasi presentase 0%, 4%, 8% dan 12% serta uji kuat tekan terhadap beton dengan umur 7, 14, dan 28 hari.