

Tugas Akhir_Nur Aini Ayu Ismawati_20110029

by Mirzaimani17@gmail.com 1

Submission date: 14-Apr-2024 09:29AM (UTC-0700)

Submission ID: 2349207271

File name: TUGAS_AKHIR_Nur_Aini_Ayu_Ismawati_removed.pdf (1.56M)

Word count: 10936

Character count: 59752

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri konstruksi di Indonesia saat ini mengalami peningkatan yang pesat, sehingga menyebabkan ketersediaan material bahan bangunan yang meningkat. Khususnya pada campuran beton, terdapat lebih dari 60% proyek pembangunan konstruksi di Indonesia menggunakan beton (PUPR, 2013).

Beton merupakan campuran dari material konstruksi seperti semen, air, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil atau batu pecah), dan dapat ditambahkan dengan bahan *additive* atau *admixture* sesuai keinginan (Sandy & Hermanto, 2019). Campuran beton ini akan mengeras menjadi material padat yang sering digunakan dalam berbagai proyek konstruksi seperti kolom, pondasi, pelat, balok, *rigidpavement*, saluran samping, bantalan kereta api dan lainnya (Junia & Body, 2023). Hampir seluruh material konstruksi pada campuran beton terbuat dari alam dan dapat habis apabila dipakai terus-menerus karena tingginya permintaan konsumen. Saat ini telah dilakukan berbagai inovasi untuk mencari material alternatif dalam pembuatan beton, seperti mengimplementasikan limbah yang dapat didaur ulang sebagai bahan campuran beton.

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat halus merupakan pasir alami atau buatan yang dihasilkan dari disintegasi batuan dan mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 4,76 mm atau lolos ayakan nomor 4. Penggunaan pasir alami secara berlebihan juga memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, permintaan tinggi konsumen untuk pasir dalam industri konstruksi akan menyebabkan kekurangan pasir alami yang berkualitas baik. Ini dapat mengarah pada pencurian pasir dari lokasi ilegal atau degradasi kualitas konstruksi karena penggunaan pasir yang kurang cocok. Hal ini yang membuat adanya inovasi yang dilakukan dalam pembuatan beton untuk menggantikan pasir alami, salah satu contohnya adalah menggunakan limbah keramik untuk agregat halus dalam campuran beton.

Limbah keramik merupakan limbah yang dihasilkan dari pabrik keramik atau hasil pekerjaan konstruksi bangunan. Keramik merupakan material yang berasal dari tanah liat yang melewati proses pembakaran dengan suhu tertentu yang berfungsi sebagai lapisan lantai atau dinding (Suria, Asmadi, dkk., 2017). Keramik memiliki kandungan senyawa kimia yaitu 47% Silika Oksida (SiO_2), 39% Alumina Oksida (Al_2O_3), 14% Hidro/Air (H_2O) (Putra, K.H. &

Jamila Wahdana, 2019). Agregat halus juga memiliki senyawa kimia yaitu Silika Oksida (SiO_2) dan Alumina Oksida (Al_2O_3) yang memberikan kontribusi dalam proses pengerasan maupun peningkatan kuat tekan dan kuat tarik belah pada beton (Nadia & Fauzi, 2011). Dengan adanya kandungan senyawa kimia Silika Oksida (SiO_2) dan Alumina Oksida (Al_2O_3) pada limbah keramik akan dimanfaatkan sebagai agregat halus.

Limbah keramik yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari PT Keramik Diamond Industries yang terletak di Desa Bambe, Kecamatan Driyorejo, Kabupaten Gresik (Gambar 1.1). Keramik yang di produksi pada pabrik ini memiliki sertifikasi mutu produk (SNI ISO 13006 : 2010 - Standard Nasional dan MS ISO 13006 : 2003 - Malaysian Standard). Limbah keramik berasal dari pabrik pembuatan keramik seperti selama proses produksi terdapat potongan-potongan yang tidak sesuai atau retak, sehingga menjadi limbah (Gambar 1.2). Biasanya potongan-potongan keramik akan dibuang begitu saja dan tidak dimanfaatkan sehingga dapat merusak lingkungan. Limbah keramik yang tersedia memiliki volume yang besar dan hasil produksi limbah keramik di Indonesia telah mencapai 78.925,11 ton pertahunnya sehingga limbah keramik dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat halus pada pembuatan beton (Ditjen PPKL, 2018).



Gambar 1.1 Lokasi Pengambilan Limbah Keramik

(Sumber: Google Earth)



Gambar 1.2 Limbah Keramik

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Penggunaan limbah keramik pada campuran beton dapat memberikan beberapa keuntungan, yaitu seperti penggunaan limbah yang ternyata dapat dikelola kembali, dapat mengurangi biaya produksi beton dan dapat mengurangi penggunaan pasir sebagai agregat halus, sehingga kelestarian dan ketersediaan sumber daya alam dapat terjaga dengan baik. Selain itu pemanfaatan limbah keramik yang tepat akan merubah limbah keramik menjadi sumber daya yang memiliki nilai dan dapat membantu mengurangi masalah lingkungan. Oleh karena itu sebaiknya dilakukan pemanfaatan limbah keramik yang dijadikan sebagai bahan tambah agregat halus dalam campuran beton, dengan memakai variasi prosentase 0%, 4%, 8%, dan 12% terhadap agregat halus.

¹ 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah:

1. Berapa nilai kuat tekan optimum pada beton yang dihasilkan dari penggunaan limbah keramik sebagai agregat halus dengan prosentase 0%, 4%, 8%, dan 12% sebagai campuran agregat halus pada usia 7, 14, dan 28 hari?
2. Berapa nilai kuat tarik belah optimum pada beton yang dihasilkan dari penggunaan limbah keramik sebagai agregat halus dengan prosentase 0%, 4%, 8%, dan 12% sebagai campuran agregat halus pada usia 28 hari?

¹⁴ 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan, tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui ¹ nilai kuat tekan optimum pada beton yang dihasilkan dari penggunaan limbah keramik sebagai agregat halus dengan prosentase 0%, 4%, 8%, dan 12% sebagai campuran agregat halus pada usia 7, 14, dan 28 hari.
2. Untuk mengetahui nilai kuat tarik belah optimum pada beton yang dihasilkan dari penggunaan limbah keramik sebagai agregat halus dengan prosentase 0%, 4%, 8%, dan 12% sebagai campuran agregat halus pada usia 28 hari.

29

1.4 Manfaat Penelitian

Ada beberapa manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini, antara lain sebagai berikut:

1. Bagi penulis

- a. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penulis mengenai pengaruh penggunaan limbah keramik terhadap agregat halus sebagai campuran beton.
- b. Mengimplementasikan teori dan ilmu yang telah di dapatkan selama perkuliahan.

105

2. Bagi institusi

Hasil penelitian ini sebagai referensi untuk menambah informasi mengenai penggunaan limbah keramik terhadap agregat halus sebagai campuran beton.

3

3. Bagi pembaca

- a. Hasil penelitian diharapkan dapat menambah pengetahuan mengenai pengaruh penggunaan limbah keramik terhadap agregat halus sebagai campuran beton.
- b. Diharapkan bermanfaat untuk mempelajari mengenai penelitian pembuatan beton.

7

1.5 Batasan Masalah

Agar memudahkan analisis dan pembahasan terhadap masalah, maka peneliti membatasi ruang lingkup permasalahan, antara lain sebagai berikut:

1. Perancangan campuran beton atau *Mix design* menggunakan metode DoE.
2. Faktor air semen (FAS) menggunakan 0,4.
3. Slump rencana menggunakan 60 – 180 mm.
4. Penelitian ini menggunakan variasi prosentase limbah keramik 0%, 4%, 8%, dan 12% sebagai agregat halus.
5. Pengujian ini hanya berdasarkan pada kuat tekan pada umur 7, 14 dan 28 hari.
6. Pengujian ini hanya berdasarkan pada kuat tarik belah pada umur 28 hari.
7. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium beton dan material di Universitas Wijaya Kusuma dan di PT Varia Usaha Beton.
8. Penelitian ini tidak menghitung analisa biaya.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan campuran dari material konstruksi seperti semen *portland* atau semen hidrolis 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 struktural 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 aspek-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 umumnya, 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

50 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. *Compability* 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 2.2.2 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 ke permukaan 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 rongga-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 *bleeding* 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.

11 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

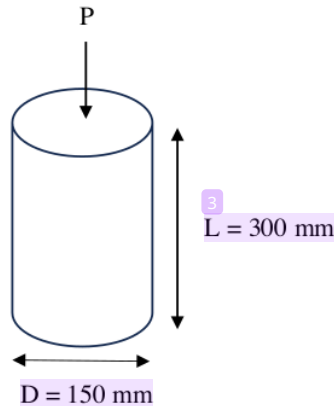
Setiap kelebihan pastinya memiliki kekurangan. Berikut merupakan kekurangan beton, antara lain:

- 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 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 mengidentifikasi 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 (f_c') 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:

$$f_c' = \frac{P}{A_o} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

- f_c' = Kuat tekan beton (MPa)
- P = Beban tekan maksimum (N)
- A_o = 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:

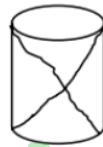
Tabel 2.1 Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya

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

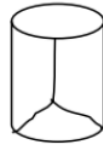
2.4.1 Tipe Retak Pengujian Kuat Tekan Beton

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

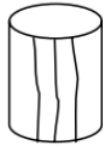
1. Pola retak kerucut (*cone*), tipe retakan ini sering terjadi karena pembebanan pada benda uji tersebar secara merata. Tipe pola retak kerucut dapat dilihat pada Gambar 2.2.

**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.

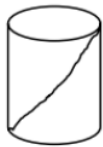
**Gambar 2.3** Pola Retak Kerucut dan Pecah

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.

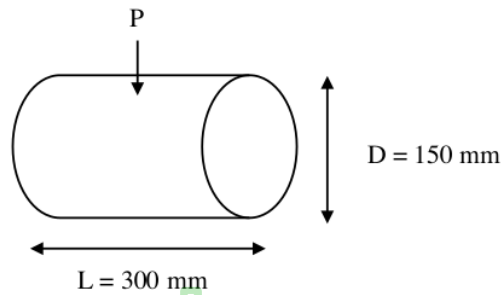


Gambar 2.6 Pola Retak di Ujung Silinder

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 sentakan 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:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

- f_{ct} = 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 portland 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 (SiO₂), oksida alumina (Al₂O₃) dan oksida besi (Fe₂O₃). Campuran semen dimasukkan ke dalam oven dengan suhu kira-kira 145 °C 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 beredar 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 mempengaruhi 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, agregat 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 disintegrasikan 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 sferikal. Kebulatan atau ketajaman sudut merupakan sifat yang dimiliki tergantung pada ketajaman relatif dari sudut dan ujung butir. Sedangkan sferikal 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 bekerja 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/m³. 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 boleh 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		



17

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 ₂ O ₃)	39%	Alumina Oksida (Al ₂ O ₃)	6,9%
Hidro (H ₂ O)	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 & Suprpto, 2013)	<p>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 =</p>	<p>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.</p>

			<p>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/cm² dan mengalami peningkatan tertinggi variasi 9% yaitu memiliki kuat tekan sebesar 287,423 kg/cm².</p>	
2.	<p>Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus Pada Beton Ramah Lingkungan</p>	<p>(Karimah & Rusdianto, 2021)</p>	<p>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 <i>pozzolan</i> berupa <i>fly ash</i> untuk memperbaiki properti beton segar dan beton keras. Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi persentase penggantian agregat halus dengan limbah keramik, nilai</p>	<p>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.</p>

			<p>absorpsi beton semakin mengalami kenaikan.</p> <p>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.</p>	
3.	<p>Durability of Concrete with Ceramic Waste as Fine Aggregate Replacement</p>	<p>(Srivastava, 2015)</p>	<p>Studi eksperimen 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</p>	<p>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.</p>

			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.

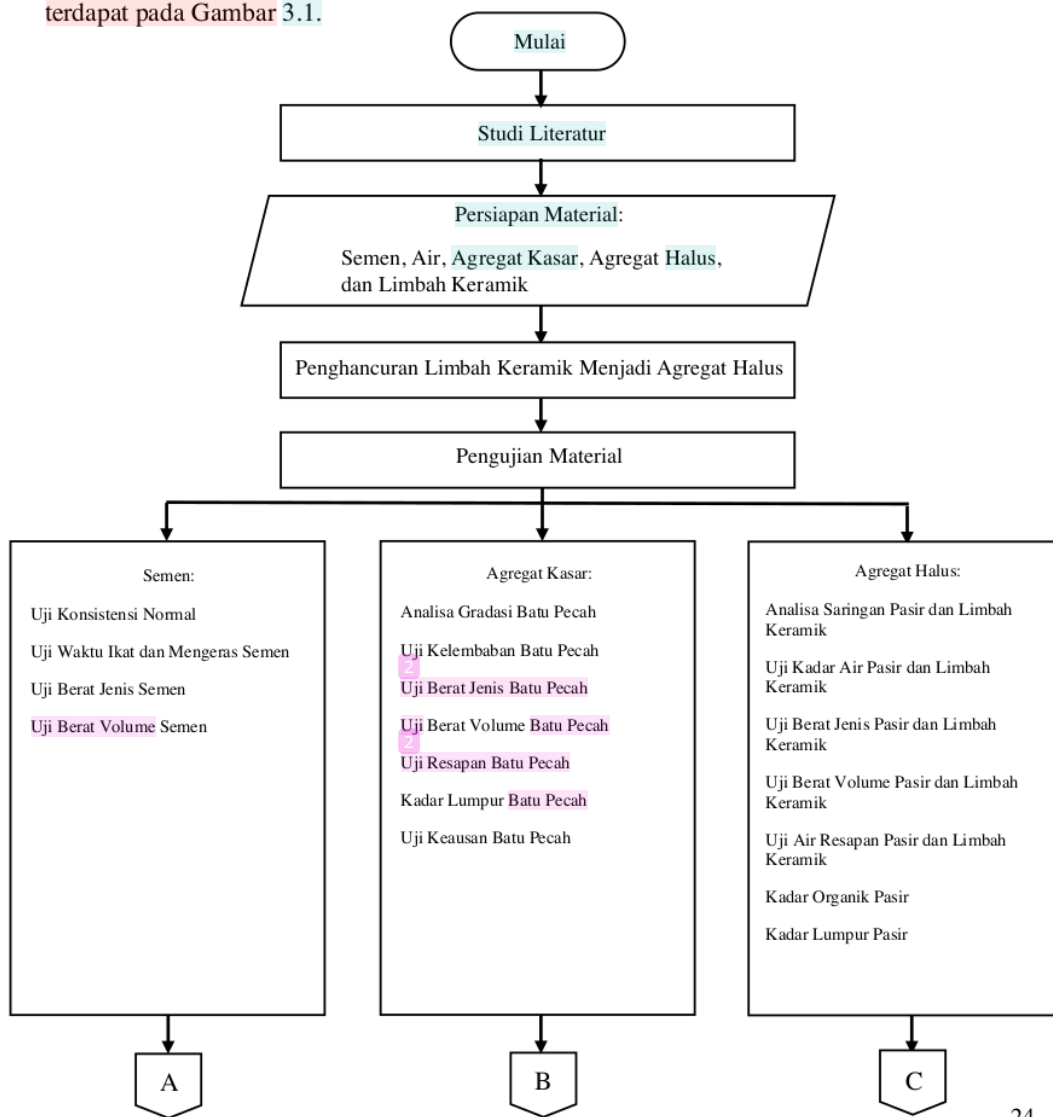
5.	<p>58 Experimental Analysis of Treated Waste Foundry and Waste Ceramics Sand by Replacement of Fine Aggregate in Concrete</p>	<p>(Boobala, Nirmalkumar, dkk., 2023)</p>	<p>Penelitian ini merupakan pemanfaatan limbah logam pengecoran dan limbah keramik sebagai pengganti sebagian beton. Limbah yang digunakan 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/mm² dan kuat tekan tertinggi dengan presentase 10% yaitu 28,63 N/mm².</p>	<p>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.</p>
----	---	---	--	--

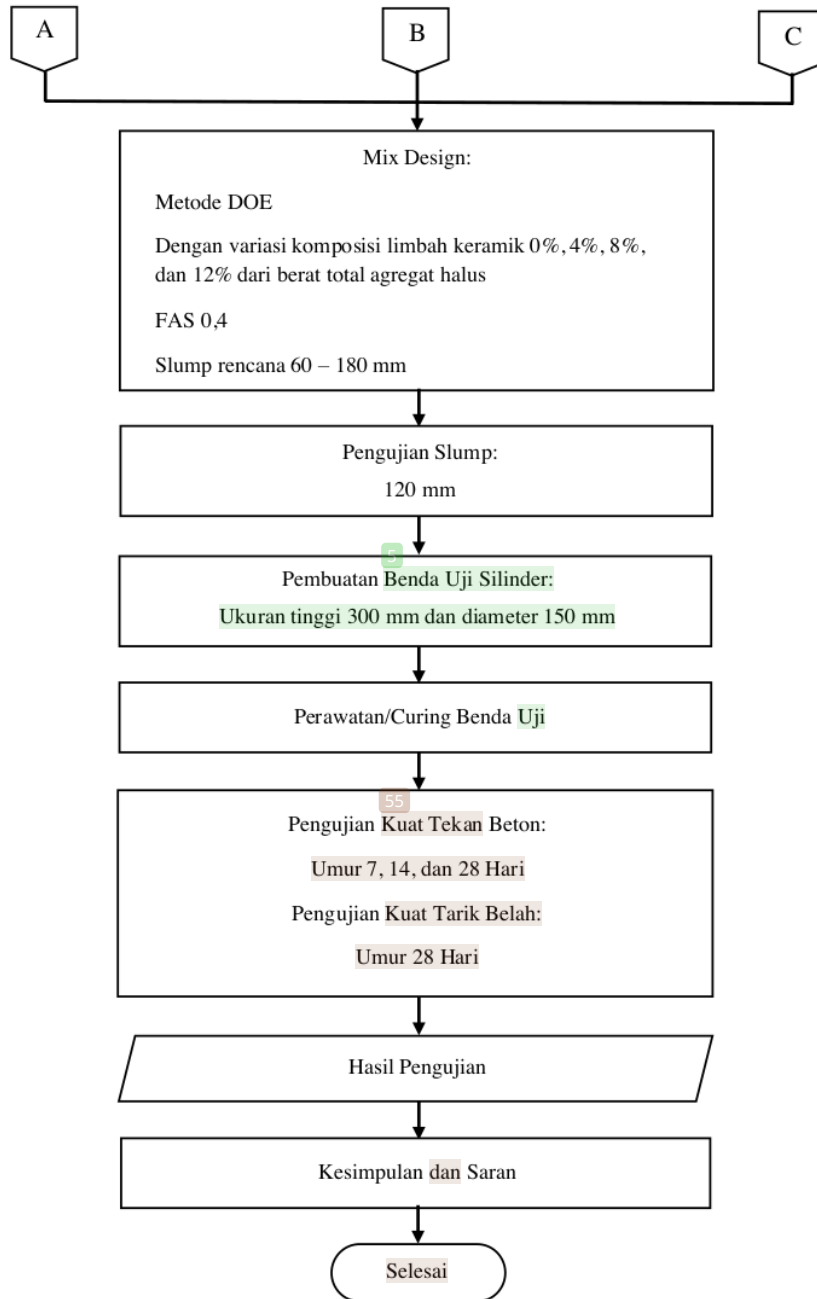
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Diagram alir atau *flowchart* merupakan sebuah jenis diagram menggantikan algoritme, berisi alir kerja yang menampilkan langkah-langkah dalam bentuk simbol-simbol grafis dan urutannya dihubungkan dengan tanda panah. Diagram alir ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan mulai dari menggambarkan berbagai proses seperti penelitian. Diagram alir dari penelitian penggunaan limbah keramik sebagai agregat halus terhadap karakteristik beton terdapat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

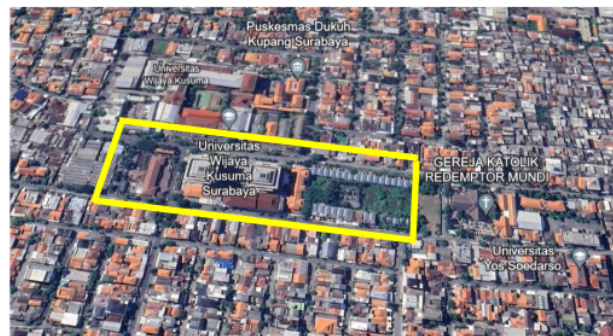
Dari diagram alir diatas secara garis besar menjelaskan mengenai proses atau langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan, antara lain yaitu:

1. Melakukan studi literatur seperti mengumpulkan data pustaka dengan membaca, mencatat dan mengelolah untuk bahan penelitian.

2. Mempersiapkan material yang sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan selama penelitian yaitu semen, air, agregat kasar, agregat halus, dan limbah keramik.
3. Menghancurkan limbah keramik menjadi butiran-butiran kecil seperti agregat halus
4. Melakukan uji material seperti semen, batu pecah, pasir dan limbah keramik. Pengujian dilakukan dengan mengikuti prosedur standar pengujian pada ASTM.
5. Merencanakan campuran beton (*mix design*).
6. Kemudian dilakukan uji *slump* pada kondisi beton segar dengan batasan beton normal sebesar 60 – 180 mm dan dari hasil pengujian *slump* diperoleh 120 mm.
7. Langkah selanjutnya yaitu campuran beton dapat dicetak atau membuat benda uji silinder dengan ukuran tinggi 300 mm dan diameter 150 mm.
8. Dilakukan perawatan (*curing*) dengan cara direndam dalam bak air yang telah disediakan.
9. Melakukan pengujian kuat tekan beton di umur 7, 14, dan 28 hari.
10. Melakukan pengujian kuat tarik belah di umur 28 hari.
11. Melakukan pembahasan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.
12. Dari penelitian yang telah dilakukan dapat membuat kesimpulan dan saran.

3.2 Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan penelitian ini melakukan pengujian material di Laboratorium Beton dan Material Universitas Wijaya Kusuma Surabaya yang berlokasi Jalan Dukuh Kupang XXV No. 54, Dukuh Kupang, Kecamatan Dukuhpakis, Kota Surabaya.



Gambar 3.2 Lokasi Pengujian Material

(Sumber: Google Earth)

Sedangkan pembuatan benda uji dilakukan di PT Varia Usaha Beton yang berlokasi di Jalan Mayjend Sungkono, Segoromadu, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik.



Gambar 3.3 Lokasi Pembuatan Benda Uji
(Sumber:Google Earth)

3.3 Persiapan Material

Persiapan material merupakan proses atau langkah-langkah yang dilakukan untuk menyiapkan bahan dan alat yang akan digunakan dalam suatu kegiatan penelitian.

2.3.1 Bahan

Bahan-bahan yang perlu disiapkan saat melakukan penelitian ini, yaitu:

1. Semen *portland*
2. Air bersih
3. Agregat kasar menggunakan kerikil
4. Agregat halus menggunakan pasir dan limbah keramik

3.3.2 Alat

Peralatan yang perlu disiapkan saat melakukan penelitian ini, yaitu:

1. Timbangan digital
2. Timbangan kapasitas 100 kg
3. Gelas ukur 250 cc
4. Gelas ukur labu takar 500 cc
5. Takaran silinder 5 liter
6. Takaran silinder 10 liter
7. Satu set ayakan pasir ASTM

8. Satu set ayakan batu pecah ASTM
9. Alat vikat
10. *Stopwatch*
11. Bak tempat adonan
12. Beton molen (*concrete mixer*)
13. Nampan
14. Pengaduk
15. Alat rojok
16. Slump test
17. Alat kuat tekan (*compression testing machine*)

3.4 Proses Limbah Keramik Menjadi Agregat Halus

Proses pembuatan limbah keramik menjadi agregat halus pastinya melewati tahap penghancuran secara manual maupun menggunakan mesin, hingga menjadi butir-butir kecil yang memenuhi persyaratan agregat halus yaitu lolos pada ayakan saringan 4,76 mm.

3.4.1 Peralatan

Peralatan yang perlu diperlukan saat melakukan penghancuran secara manual untuk pembuatan limbah keramik sebagai agregat halus yaitu:

1. Palu
2. Alas Loyang

3.4.2 Langkah-langkah

Berikut merupakan langkah-langkah penghancuran secara manual yang dilakukan untuk pembuatan limbah keramik menjadi agregat halus antara lain yaitu:

1. Pilih limbah keramik yang sesuai dan dapat dijadikan bahan baku untuk agregat halus
2. Ambil beberapa limbah keramik dan letakkan diatas loyang, lakukan penghancuran menggunakan palu untuk mengurangi ukuran limbah keramik yang kasar
3. Setelah penghancuran, pisahkan material yang telah dihancurkan menjadi bagian-bagian berdasarkan ukuran. Hal ini bisa dilakukan dengan menggunakan saringan, pastikan bahwa butiran-butiran yang dihasilkan memenuhi persyaratan agregat halus
4. Simpan agregat halus dalam kondisi yang sesuai agar dapat digunakan dalam proyek konstruksi sesuai dengan kebutuhan.

3.5 Pembuatan Benda Uji Beton

Pembuatan benda uji termasuk proses atau langkah-langkah yang dilakukan untuk pembuatan beton sebelum digunakan dalam proyek konstruksi. Cetakan benda uji beton dalam penelitian ini menggunakan cetakan berbentuk silinder yang memiliki diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

Perencanaan pembuatan benda uji telah disusun dengan menggunakan komposisi presentase yang berbeda yaitu 0%, 4%, 8% dan 12%. Setiap presentase tersebut terdiri dari 3 buah benda uji, pengujian dilakukan dengan mencari kuat tekan beton pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pembuatan benda uji dengan presentase 0% berfungsi sebagai kontrol untuk membandingkan dengan variasi presentase lainnya dalam pengujian tersebut. Berikut tahap-tahap pembuatan benda uji, antara lain:

1. Melakukan pencampuran adonan beton (*mixing*)
2. Campuran beton kemudian di cetak pada benda uji silinder
3. Penuangan campuran beton dilakukan secara bertahap yaitu tuang 1/3 silinder dan dirojok sebanyak 25 kali, kemudian tuang kembali 2/3 dari silinder dan dirojok kembali sebanyak 25 kali, tuang hingga penuh kemudian dirojok kembali sebanyak 25 kali dan diratakan permukaannya.
4. Setelah itu tunggu selama 24 jam hingga beton mengering, kemudian keluarkan beton dari benda uji dan masuk di tahapan perawatan atau *curing* beton.

Tabel 3.1 Kebutuhan Benda Uji Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton

Campuran Benda Uji Limbah Keramik	Benda Uji Kuat Tekan			Benda Uji Kuat Tarik Belah
	7 Hari	14 Hari	28 Hari	28 Hari
0%	3	3	3	3
4%	3	3	3	3
8%	3	3	3	3
12%	3	3	3	3
Total	48			

3.6 Rancangan *Mix Design*

Perancangan campuran beton atau *mix design* merupakan upaya untuk menentukan besarnya jumlah dari bahan-bahan utama beton yaitu semen, air, agregat kasar, dan agregat halus yang akan digunakan. *Mix design* berfungsi untuk memudahkan saat pelaksanaan pembuatan beton dan agar memperoleh kuat tekan rencana. Berikut merupakan pembuatan rancangan *mix design* menggunakan metode DOE (*Departement of Environment*).

Tabel 3.2 Daftar Isian Rancangan *Mix Design*

No.	Uraian	Tabel/Grafik/Perhitungan	Nilai
1.	Faktor air semen bebas	Ditetapkan	0,4
2.	Faktor air semen maksimum	Tabel 3.3	0,6
3.	Slump	Ditetapkan	60 - 180 mm
4.	Ukuran agregat maksimum	Tabel 3.4 Gambar 3.4	40 mm
5.	Kadar air bebas	Tabel 3.5	185 kg/m ³
6.	Jumlah semen	5:1	462,5 kg/m ³
7.	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	-
8.	Jumlah semen minimum	Tabel 3.3	275 kg/m ³
9.	Faktor air semen yang disesuaikan	Ditetapkan	-
10.	Susunan besar butir agregat halus	Tabel 3.6 Gambar 3.5	Daerah gradasi susunan butir zona 2
11.	Persen bahan lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.6	38%
12.	Berat jenis relatif agregat	-	2,676 kg/m ³
13.	Berat jenis beton	Gambar 3.7	2395 kg/m ³
14.	Kadar agregat gabungan	13 - 6 - 5	1747,5 kg/m ³
15.	Kadar agregat halus	11 x 14	664,05 kg/m ³
16.	Kadar agregat kasar	14 - 15	1083,45 kg/m ³

Penjelasan perhitungan pada Tabel 3.2 Daftar Isian Rancangan *Mix Design* adalah sebagai berikut:

1. Faktor air semen bebas ditetapkan sebesar 0,4 hal ini karena akan direncanakan pembuatan mix design untuk beton mutu normal. Beton mutu normal memiliki faktor air semen yaitu 0,4 sampai 0,6.
2. Faktor air semen maksimum dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Jumlah Semen Minimum dan Nilai Faktor Air Semen Maksimum

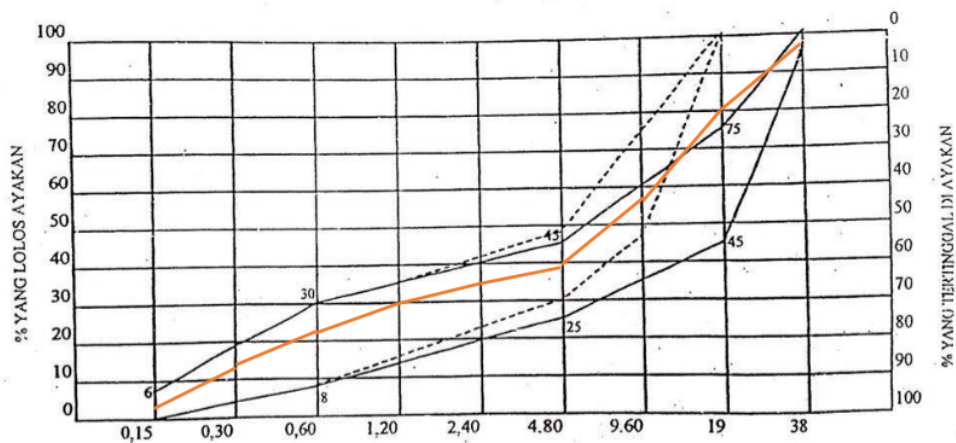
Kondisi	Jumlah semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton didalam ruang bangunan		
a. Keadaan keliling korosif	275	0,6
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kodensasi atau uap-uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruang bangunan		
a. Tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton yang masuk kedalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	375	0,52
Beton yang kontjnu berhubungan dengan air		
a. Air tawar	275	0,57
b. Air laut	375	0,52

3. Menentukan nilai *slump* yaitu 60 – 180 mm.
4. Ukuran agregat maksimum dapat dilihat pada Tabel 3.4 dan Gambar 3.4.

Tabel 3.4 Analisa Ayakan Campuran

Lubang Ayakan (mm)	Pasir	Batu Pecah	Campuran Pasir + Batu Pecah		Gradasi Gabungan
	I	I	PS I	Bp I	
	Σ %	Σ %	%	%	%
			38	62	
50,80	100	100	38	62	100
38,10	100	97,89	38	60,69	98,69
19,05	100	68,31	38	42,35	80,35
9,60	100	33,34	38	20,67	58,67
4,76	96,40	2,78	36,63	1,72	38,36
2,38	91,70	0	34,85	0	34,85
1,19	77,30	0	29,37	0	29,37
0,59	56,70	0	21,55	0	21,55
0,297	32,10	0	12,20	0	12,20
0,15	9,80	0	3,72	0	3,72
Pan	0	0	0	0	0
Jumlah					477,76

GRAFIK ANALISA AYAKAN CAMPURAN PASIR DAN BATU PECAH



Gambar 3.4 Grafik Gradasi Ayakan Campuran

Dari hasil pengujian material analisa gradasi campuran pasir dan batu pecah telah di dapat zona agregat diameter maksimum 40 mm.

5. Sebelum menentukan kadar air bebas dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Perkiraan Kadar Air Bebas

Ukuran besar butir agregat maksimum (mm)	Jenis agregat	Slump (mm)			
		0 - 10	10 30	30 - 60	60 -180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	190
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Dari slump 120 mm, maka diketahui kadar air alami yaitu 175 dan kadar air batu pecah yaitu 205. Kemudian menentukan kadar air bebas yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Kadar air bebas} &= \left(\frac{2}{3} \times W_f\right) + \left(\frac{1}{3} \times W_c\right) \\ &= \left(\frac{2}{3} \times 175\right) + \left(\frac{1}{3} \times 205\right) = 185 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

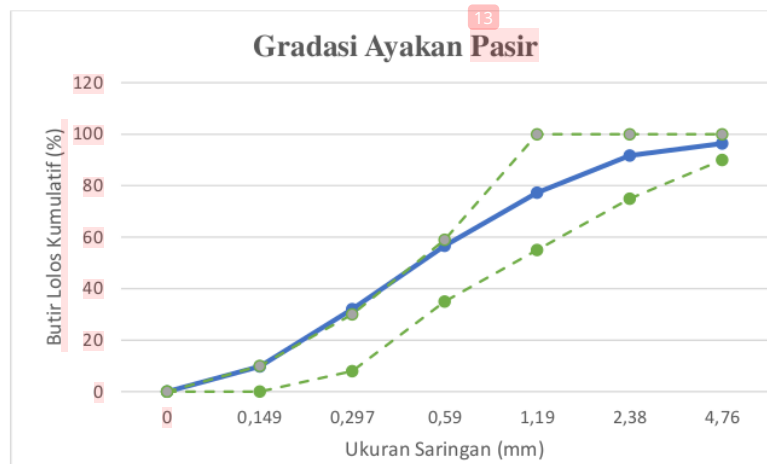
6. Menentukan jumlah semen yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah semen} &= \text{Kadar air bebas} : \text{faktor air semen bebas atau maksimum (diambil nilai yang paling kecil)} \\ &= 185 : 0,4 = 462,5 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

7. Jumlah semen maksimum dapat diabaikan karena telah ditetapkan.
8. Jumlah semen minimum dilihat pada Tabel 3.3 yaitu di dapat 275 kg/m³
9. Faktor air semen yang telah disesuaikan dapat diabaikan karena telah ditetapkan.
10. Susunan besar butir agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.6 dan Gambar 3.5.

Tabel 3.6 Analisa Gradasi Pasir

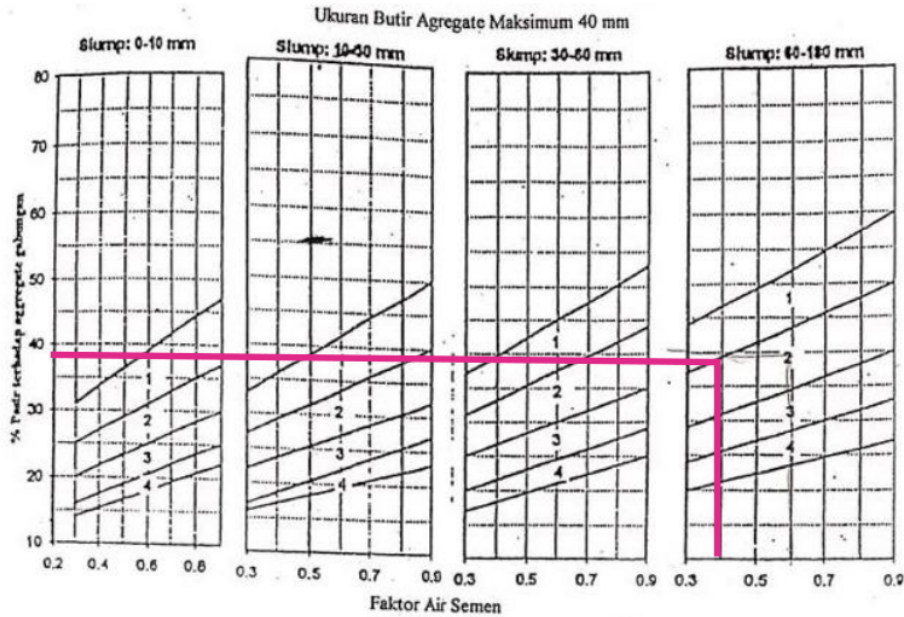
Saringan		Yang tertinggal pada saringan		% Kumulatif	
No	mm	Gram	%	Tertinggal	Lolos
4	4,76	36	3,6	3,6	96,4
8	2,38	47	4,7	8,3	91,7
16	1,19	144	14,4	22,7	77,3
30	0,59	206	20,6	43,3	56,7
50	0,297	246	24,6	67,9	32,1
100	0,149	223	22,3	90,2	9,8
Pan		98	9,8	100,0	0,0
Jumlah		1000	100	236	
		Modulus kehalusan =		2,36	



Gambar 3.5 Grafik Gradasi Ayakan Pasir

Dari hasil pengujian material analisa gradasi pasir diatas termasuk dalam zona 2.

- Menentukan persen bahan lebih halus dari 4,8 mm yaitu dapat dilihat pada Gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 3.6 Grafik Ukuran Butir Agregat Maksimum 40 mm

Dari gambar tersebut persen bahan lebih halus dari 4,8 mm di dapat 38%

12. Menentukan berat jenis relatif agregat yaitu:

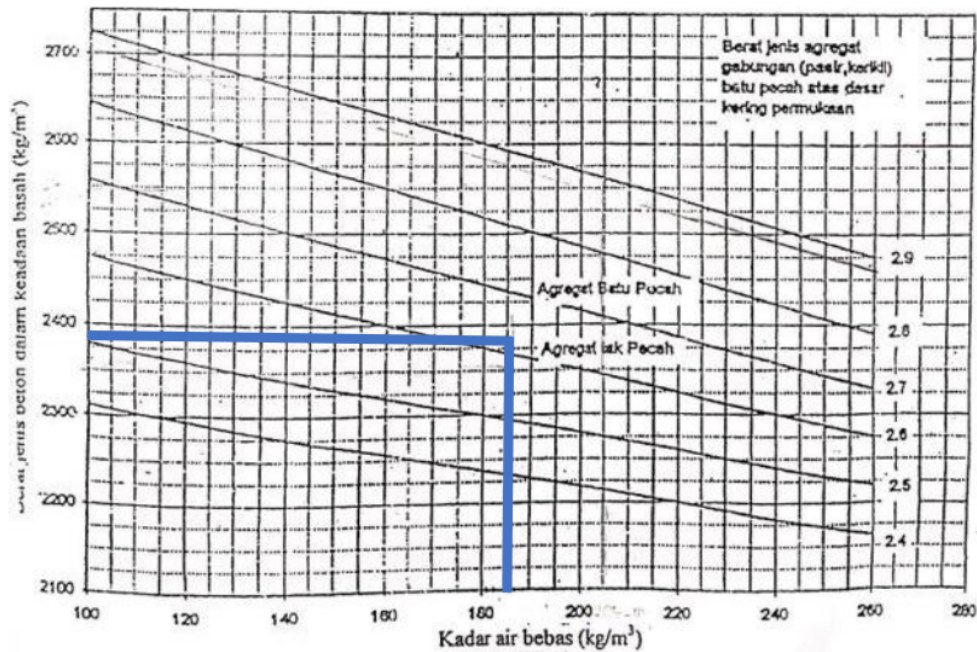
Diketahui: Berat jenis agregat halus = $2,632 \text{ kg/m}^3$

Berat jenis agregat kasar = $2,703 \text{ kg/m}^3$

Presentase agregat campuran = 38% agregat halus dan 62% agregat kasar

Berat jenis relatif = $(2,632 \times 38\%) + (2,703 \times 62\%) = 2,676 \text{ kg/m}^3$

13. Menentukan berat jenis beton yaitu dapat dilihat pada Gambar 3.7 dibawah ini



Gambar 3.7 Grafik Berat Jenis Beton

Dari gambar tersebut berat jenis beton di dapat 2395 kg/m³

14. Menentukan kadar agregat gabungan yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat gabungan} &= \text{Berat jenis beton} - \text{jumlah semen} - \text{kadar air bebas} \\ &= 2395 - 462,5 - 185 = 1747,5 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

15. Menentukan kadar agregat halus yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat halus} &= \text{Persen bahan lebih halus} \times \text{kadar agregat gabungan} \\ &= 38\% \times 1747,5 = 664,05 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

16. Kadar agregat kasar = Kadar agregat gabungan – kadar agregat halus

$$= 1747,5 - 664,05 = 1083,45 \text{ kg/m}^3$$

Dari hasil mix design diketahui kebutuhan bahan campuran untuk pembuatan benda uji beton per-m³ yaitu:

- Semen = 462,5 kg/m³
- Air = 185 kg/m³
- Agregat halus = 664,05 kg/m³
- Agregat kasar = 1083,45 kg/m³

Karena analisa *mix design* material dalam kondisi SSD, maka perlu analisa untuk kebutuhan material kondisi asli (per-m³). Diperlukan data dari uji material kadar air dan resapan dari data dibawah ini, yaitu:

- Kadar air pasir = 3,10%
- Resapan pasir = 2,04%
- Kadar air batu pecah = 1,01%
- Resapan batu pecah = 1,32%

Perhitungan campuran beton per-m³ untuk koreksi pemakaian agregat, yaitu:

- Agregat halus = (Kadar air pasir – resapan pasir) x berat pasir/100
= (3,10% - 2,04%) x 664,05/100
= 7,04 kg/m³
- Agregat kasar = (Kadar air batu pecah – resapan batu pecah) x berat batu pecah/100
= (1,01% - 1,32%) x 1083,45/100
= -3,36 kg/m³

Perhitungan campuran beton per-m³ untuk memperoleh komposisi campuran bahan dalam kondisi asli, yaitu:

- Semen = 462,5 kg/m³
- Air = Berat air + (kadar air pasir – resapan pasir) x berat pasir/100 +
(kadar air batu pecah – resapan batu pecah) x berat batu pecah/100
= 185 + (3,10% - 2,04%) x 664,05/100 + (1,01% - 1,32%) x
1083,45/100
= 188,68 kg/m³
- Agregat halus = Berat pasir + koreksi pemakaian agregat halus
= 664,05 + 7,04
= 671,09 kg/m³
- Agregat kasar = Berat batu pecah + koreksi pemakaian agregat kasar
= 1083,45 + (-3,36)
= 1080,09 kg/m³

Benda uji digunakan silinder dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm, maka kebutuhan bahan untuk 1 silinder adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 1 silinder} &= \pi \times r^2 \times t \\
 &= 3,14 \times 75^2 \times 300 \\
 &= 5298750 \text{ mm}^3 = 0,0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dibutuhkan dengan total 48 buah benda uji silinder. Untuk setiap 1 kali pengadukan berjumlah 12 buah benda uji, dibutuhkan material sebanyak:

- Kebutuhan material setiap 1 kali adukan = $0,0053 \times 12 \text{ buah} = 0,0636 \text{ m}^3$

Kebutuhan masing-masing material untuk setiap 1 kali adukan $0,0636 \text{ m}^3$, yaitu:

- Semen = 29,42 kg
- Air = 12 kg
- Agregat halus = 42,68 kg
- Agregat kasar = 68,69 kg

Untuk menghitung kebutuhan limbah keramik maka perlu koreksi terhadap berat volume sebesar:

- Koreksi berat volume = $\frac{\text{Berat volume pasir}}{\text{Berat volume keramik}} = \frac{1,5}{1,3} = 1,15$

Ditentukan kebutuhan limbah keramik sebagai campuran agregat halus dalam 1 kali pengadukan $0,0636 \text{ m}^3$, yaitu:

- Campuran agregat halus dengan 0% limbah keramik presentase

$$\text{Limbah keramik 0\%} = 0\% \times 42,68 = 0 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 42,68 - 0 = 42,68 \text{ kg}$$

- Campuran agregat halus dengan 4% limbah keramik presentase

$$\text{Limbah keramik 4\%} = 4\% \times 42,68 \times 1,15 = 1,96 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 42,68 - 1,96 = 40,72 \text{ kg}$$

- Campuran agregat halus dengan 8% limbah keramik presentase

$$\text{Limbah keramik 8\%} = 8\% \times 42,68 \times 1,15 = 3,93 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 42,68 - 3,93 = 38,75 \text{ kg}$$

- Campuran agregat halus dengan 12% limbah keramik presentase

$$\text{Limbah keramik 12\%} = 12\% \times 42,68 \times 1,15 = 5,89 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 42,68 - 5,89 = 36,79 \text{ kg}$$

Kebutuhan masing-masing material campuran beton dengan limbah keramik untuk setiap 1 kali adukan $0,0636 \text{ m}^3$ atau 12 buah benda uji, yaitu:

Tabel 3.7 Kebutuhan Material Setiap 1 Kali Adukan 12 Benda Uji

Campuran Benda Uji	Semen (kg)	Pasir (kg)	Limbah Keramik (kg)	Batu Pecah (kg)	Air (liter)
0%	29,42	42,68	0	68,69	12
4%	29,42	40,72	1,96	68,69	12
8%	29,42	38,75	3,93	68,69	12
12%	29,42	36,79	5,89	68,69	12

3.7 Slump Test

Slump test merupakan suatu pengujian yang digunakan untuk mengukur tingkat konsistensi campuran beton yang baru disiapkan sebelum penerapannya. Berikut merupakan prosedur *slump test* menurut SNI-03-1972-1990, antara lain:

3.7.1 Peralatan

Peralatan yang perlu diperlukan saat melakukan *slump test*, yaitu:

1. Cetakan logam tebal minimal 1,2 mm berupa kerucut terpancung (*abrams cone*) dengan diameter bagian atas 103 mm, bagian bawah 203 mm, dan tinggi 305 mm.
2. Tongkat pemadat yang terbuat dari baja memiliki ukuran panjang 600 mm, diameter 16 mm dan bagian ujung dibulatkan.
3. Pelat logam memiliki permukaan yang kokoh, rata dan kedap air.
4. Sendok cekung.
5. Mistar ukur.

3.7.2 Langkah-Langkah Pengujian

Terdapat beberapa langkah-langkah ketika melakukan *slump test*, antara lain yaitu:

1. Basahkan cetakan dan plat menggunakan kain basah.
2. Letakan cetakan di atas pelat dengan kokoh.
3. Isi cetakan sampai penuh dengan campuran beton sampai batas 1/3 bagian cetakan dan rojok 25 kali dengan tongkat pemadat. Kemudian tambah 1/3 bagian lagi dan rojok 25 kali, begitu seterusnya hingga terisi penuh. Pada saat lapisan pertama rojokan, tepi tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan (kerucut terpancung).
4. Setelah selesai rojokan dan cetakan telah terisi penuh, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa campuran beton yang jatuh di sekitar cetakan harus disingkirkan,

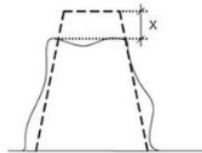
kemudian cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas. Seluruh pengujian yang dimulai dari pengisian sampai cetakan diangkat harus sudah selesai dalam jangka waktu 2,5 menit.

5. Ukur *slump* yang terjadi dengan cara mengukur tegak lurus untuk menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.

3.7.3 Tipe Pengujian Slump

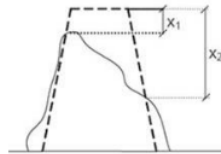
Dalam praktek saat pengujian slump terdapat beberapa tipe slump yang terjadi, yaitu antara lain:

1. *Slump* sebenarnya, terjadi apabila penurunan campuran beton seragam tanpa ada yang runtuh. Contoh *slump* sebenarnya dapat dilihat pada Gambar 3.8.



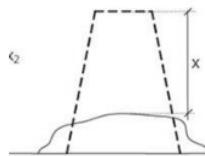
Gambar 3.8 *Slump* Sebenarnya

2. *Slump* geser, terjadi bila separuh puncaknya tergeser dan campuran beton tergelincir ke bawah pada bidang yang miring. Contoh *slump* geser dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 *Slump* Geser

3. *Slump* runtuh, terjadi bila campuran beton pada kerucut runtuh semua biasanya hal ini terjadi karena campuran beton konsistensinya terlalu cair. Contoh *slump* runtuh dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 *Slump* Runtuh

3.8 Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Perawatan atau *curing* merupakan perawatan yang dilakukan dengan menyediakan air yang memadai untuk proses hidrasi semen dan penguapan. Melalui proses ini, beton akan mengeras, karena semen mampu mengikat agregat-agregat.

Jika beton tidak dirawat maka proses hidrasi akan tergantung, hal ini dapat menyebabkan pencapaian dari kekuatan beton menjadi tidak optimal. Cara mencegahnya beton harus dirawat sehingga kekuatan beton akan sesuai dengan yang direncanakan.

Proses perawatan benda uji dilakukan dengan cara yaitu campuran beton yang telah dicetak dan didiamkan selama 24 jam, kemudian lepas dari cetakannya. Selanjutnya benda uji dimasukkan ke dalam bak perendaman yang telah diisi air dengan suhu ruangan, saat perawatan benda uji tidak boleh diletakkan pada air mengalir atau air yang menetes. Setelah itu benda uji dapat didiamkan hingga umur beton yang diinginkan (SNI 2493, 2011).

3.9 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton merupakan upaya mendapatkan nilai estimasi kuat tekan pada beton, dengan cara memberikan tekanan pada benda uji beton. Berikut merupakan prosedur pengujian kuat tekan beton menurut SNI 1974-2011, antara lain:

3.9.1 Peralatan

Peralatan yang perlu diperlukan saat melakukan uji kuat tekan, yaitu:

1. Mesin *compression testing*.

3.9.2 Langkah-Langkah Pengujian

Terdapat beberapa langkah-langkah ketika melakukan uji kuat tekan beton, antara lain yaitu:

1. Pemeriksaan kondisi fisik benda uji.
2. Timbang benda uji yang telah kering dari rendaman curing.
3. Menyalakan mesin *compression testing*.
4. Menempatkan benda uji ke mesin *compression testing*.
5. Lakukan pembebanan sampai benda uji merasakan tekanan atau sampai hancur.
6. Lakukan pencatatan hasil kuat tekan setiap benda uji.

Rumus untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

$$f_c' = \frac{P}{A_o} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

f_c' = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban tekan maksimum (N)

A_o = Luas penampang benda uji (mm^2)

3.10 Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah merupakan upaya mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton. Berikut merupakan prosedur pengujian kuat tarik belah menurut SNI 03-2491-2002, antara lain:

3.10.1 Peralatan

Peralatan yang perlu diperlukan saat melakukan uji kuat tekan, yaitu:

1. Mesin *compression testing*.
2. Bantalan bantu penekanan terbuat dari kayu lapis tanpa cacat setebal 3 mm dengan lebar 25 mm.

3.10.2 Langkah-Langkah Pengujian

Terdapat beberapa langkah-langkah ketika melakukan uji kuat tekan beton, antara lain yaitu:

1. Pemeriksaan kondisi fisik benda uji.
2. Timbang benda uji yang telah kering dari rendaman curing.
3. Menyalakan mesin *compression testing*.
4. Menempatkan benda uji ke mesin *compression testing* dengan posisi mendatar sejajar.
5. Letakkan bantalan kayu lapis lainnya memanjang di atas benda uji
6. Lakukan pembebanan sampai benda uji merasakan tekanan atau sampai hancur.
7. Lakukan pencatatan hasil kuat tarik belah pada setiap benda uji.

Rumus untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah pada beton adalah sebagai berikut:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

f_{ct} = Kuat tarik belah (MPa)

P = Beban uji maksimum (N)

L = Panjang benda uji (mm)

D = Diameter benda uji (mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Material

Pengujian material semen, agregat kasar (batu pecah), dan agregat halus (pasir dan limbah keramik) dilakukan di laboratorium Universitas Wijaya Kusuma Surabaya dan laboratorium PT Varia Usaha Beton. Material yang digunakan dalam pengujian dan pembuatan benda uji yaitu semen *portland type I* produksi PT Semen Gresik, batu pecah berasal dari Pasuruan, pasir berasal dari Lumajang, dan limbah keramik yang diambil dari PT Keramik Diamond Industries. Hasil pengujian material terdapat pada Tabel 4.1 dan data perhitungan secara lengkap terdapat pada lampiran.

Tabel 4.1 Hasil Uji Material

Uji Material	Standar Pengujian	Standar Hasil Uji	Hasil Uji	Persyaratan
1. Semen				
- Uji konsistensi normal	ASTM C 187-98	22% - 32%	29,6%	Ok
- Waktu mengikat dan mengeras semen	ASTM C 191-01			
a. Waktu mengikat (Menit)		Min. 45	77	Ok
b. Waktu Mengeras (Menit)		Maks. 480	150	Ok
- Berat jenis semen	ASTM C 188-02	3,00 – 3,20 kg/cm ³	3,12 kg/cm ³	Ok
- Berat volume semen	ASTM C 188-89	-	1,05 kg/lt	Ok
2. Batu Pecah				
- Analisa gradasi batu pecah	ASTM C 136-93			
a. Zona		Zona 1 - 3	Zona 1	Ok
b. Modulus kehalusan		6 – 8	6,98	Ok
- Kadar air batu pecah	ASTM C 556-71	<3%	1,01%	Ok
- Berat Jenis batu pecah	ASTM C 127-88	<3,5 kg/cm ³	2,70 kg/cm ³	Ok
- Berat volume batu pecah	ASTM C 29-78	1,6 – 1,9 kg/lt	1,9 kg/lt	
- Resapan batu pecah	ASTM C 128-93	<5%	1,32%	Ok
- Kadar lumpur batu pecah	ASTM C 117-76	<1%	0,2%	Ok
- Keausan batu pecah	ASTM C 131-89	<50%	18,60%	Ok
3. Pasir				
- Analisa gradasi pasir	ASTM C 136-93			
a. Zona		Zona 1 – 4	Zona 2	Ok

b. Modulus kehalusan		2,3 – 3,1	2,36	Ok
- Kadar air pasir	ASTM C 556-71	<5%	3,10%	Ok
- Berat jenis pasir	ASTM C 128-93	1,6 – 3,2 kg/cm ³	2,63 kg/cm ³	Ok
- Berat volume pasir	ASTM C 29-78	1,0 – 1,8 kg/lit	1,5 kg/lit	Ok
- Uji air resapan pasir	ASTM C 128-93	<5%	2,04%	Ok
- Kadar organik pasir	ASTM C 40-92	-	Kuning Muda	Ok
- Kebersihan pasir terhadap lumpur cara basah	ASTM C 117-76	<5%	1,67%	Ok
- Kebersihan pasir terhadap lumpur cara kering	ASTM C 117-76	<5%	1,60%	Ok
4. Limbah keramik				
- Analisa gradasi limbah keramik	ASTM C 136-93			
a. Zona		Zona 1 – 4	Zona 2	Ok
b. Modulus kehalusan		2,3 – 3,1	3,05	Ok
- Kadar air limbah keramik	ASTM C 556-71	<5%	0,5%	Ok
- Berat jenis limbah keramik	ASTM C 128-93	1,6 – 3,2 kg/cm ³	2,69 kg/cm ³	Ok
- Berat volume limbah keramik	ASTM C 29-78	1,0 – 1,8 kg/lit	1,3 kg/lit	Ok
- Uji air resapan limbah keramik	ASTM C 128-93	<5%	1,01%	Ok

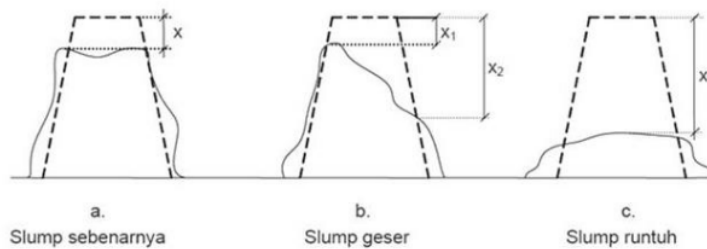
4.2 Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* digunakan untuk mengukur tingkat konsistensi (kekentalan) campuran beton. Semakin tinggi nilai *slump*, maka pengerjaannya akan semakin mudah karena kandungan air dalam campuran beton menjadi lebih besar, namun *slump* masih berada dalam batas yang telah direncanakan.

Pengujian *slump* dilakukan pada beton segar yang dituangkan ke dalam kerucut *Abrams* 1/3 bagian dan dirojok sebanyak 25 kali, kemudian tuang kembali 2/3 bagian dan dirojok kembali sebanyak 25 kali, ulangi perlakuan yang sama hingga kerucut penuh. Selanjutnya angkat kerucut secara perlahan hingga beton segar mengalami penurunan ketinggian. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur selisih ketinggian kerucut *Abrams* menggunakan meteran atau penggaris, seperti yang terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengujian *Slump*



Gambar 4.2 Tipe Pengujian *Slump*

31

Dapat dilihat pada Gambar 4.2 untuk hasil pengujian *slump* yang dilakukan dalam pembuatan beton segar masuk kedalam tipe *slump* sebenarnya yaitu seperti pengerojokan dilakukan dengan benar, campuran beton tingkat konsistensi (kekentalannya) baik dan penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Slump*

Benda Uji Limbah Keramik	Slump Rencana (mm)	Hasil Slump (mm)	Keterangan
0%	60 – 180	120	Ok
4%	60 – 180	120	Ok
8%	60 – 180	120	Ok
12%	60 – 180	120	Ok

18

Pengujian *slump* yang dilakukan dalam pembuatan beton segar, dapat dilihat pada Tabel 4.2 bahwa tingkat konsistensi (kekentalan) campuran beton telah memenuhi syarat dari *slump* rencana.

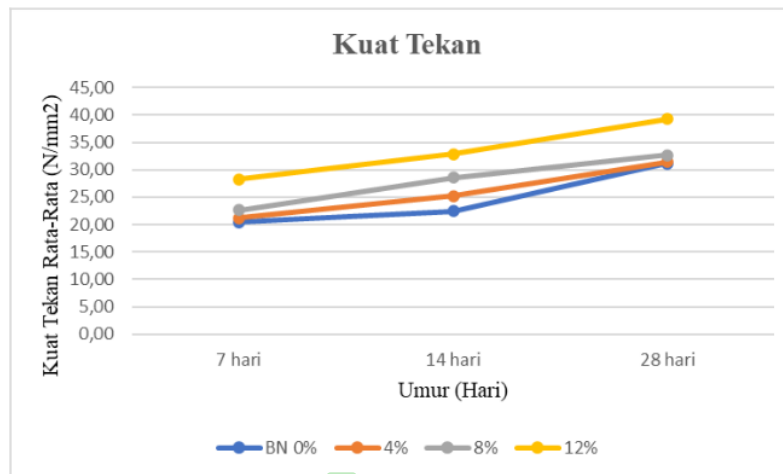
19

4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian rata-rata kuat tekan beton dengan limbah keramik sebagai agregat halus, dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.2. Untuk data pengujian secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 7.

Tabel 4.3 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Rata-Rata

Benda Uji Limbah Keramik	Kuat Tekan (MPa)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0%	20,43	22,47	31,13
4%	21,22	25,20	31,44
8%	22,64	28,60	32,67
12%	28,28	32,89	39,32



Gambar 4.3 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Diketahui pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.4 menunjukkan nilai kuat tekan beton dengan campuran limbah keramik sebagai agregat halus, bahwa pada beton berumur 28 hari mengalami peningkatan kekuatan tekan jika dibandingkan dengan beton berumur 7 hari dan 14 hari.

Dari hasil pengujian kuat tekan pada beton dapat dilihat perkembangan nilai kuat tekan dari beberapa variasi prosentase limbah keramik, pada prosentase 0% limbah keramik di umur 7 hari hingga 28 hari mengalami peningkatan yaitu sekitar 52,37%. Pada prosentase 4% limbah keramik di umur 7 hari hingga 28 hari mengalami peningkatan yaitu sekitar 48,16%. Pada prosentase 8% limbah keramik di umur 7 hari hingga 28 hari mengalami peningkatan yaitu

sekitar 44,30%. Pada prosentase 12% limbah keramik di umur 7 hari hingga 28 hari mengalami peningkatan yaitu sekitar 38,31%.

Pengujian kuat tekan pada umur 28 hari, beton normal 0% mempunyai kuat tekan yaitu sebesar 31,13 MPa. Benda uji silinder beton yang diberi tambahan campuran limbah keramik dengan prosentase 12% mempunyai nilai kuat tekan tertinggi dibandingkan prosentase lainnya yaitu sebesar 39,32 MPa dan mengalami peningkatan sekitar 26,31% dari beton normal. Beton prosentase 4% limbah keramik mempunyai nilai kuat tekan paling rendah yaitu sebesar 31,44 MPa dan lebih rendah sekitar 25,06% dari beton prosentase 12% limbah keramik.

Limbah keramik sebagai agregat halus pada campuran beton yang dapat dijadikan sebagai alternatif berdasarkan nilai kuat tekan paling optimum yaitu pada prosentase 12% limbah keramik, dibandingkan dengan variasi prosentase 0%, 4%, dan 8%. Pada beton prosentase 12% limbah keramik mengalami peningkatan kekuatan tekan dikarenakan limbah keramik sebagai agregat halus dapat mengisi lebih banyak pori yang ada pada beton, semakin kecil pori yang ada maka akan semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan. Dengan adanya kandungan silika oksida (SiO_2) dan alumina oksida (Al_2O_3) yang terdapat pada limbah keramik lebih tinggi dibandingkan dengan pasir alami, hal ini meningkatkan kekuatan dan ketahanan pada beton, serta dapat mengurangi terjadinya retakan.

4.4 Tipe Retakan Pada Pengujian Kuat Tekan Beton

Berikut merupakan retakan silinder yang terjadi pada pengujian kuat tekan beton hasil penelitian ini. Pola retakan yang terjadi sudah sesuai dengan ASTM C39 – 05 atau seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 2.4.1, antara lain yaitu:

4.4.1 Pola Retak Kerucut (*Cone*)

Mayoritas benda uji pada penelitian ini menghasilkan tipe pola retakan kerucut dimana retakan muncul dengan membentuk garis kerucut. Tipe retak ini sangat umum terjadi pada pengujian kuat tekan dan adanya retakan ini karena pembebanan pada benda uji yang tersebar secara merata. Tipe pola retak kerucut (*cone*) yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pengujian Kuat Tekan Beton Pola Retak Kerucut

4.4.2 Pola Retak Kerucut dan Pecah (*Cone and Split*)

Pada benda uji dengan tipe pola retak kerucut dan pecah ini muncul karena campuran dari agregat kasarnya tidak homogen selama pembuatan benda uji, sehingga pembebanan tidak tersebar secara merata. Tipe pola retak kerucut dan pecah yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Pengujian Kuat Tekan Beton Pola Retak Kerucut dan Pecah

4.4.3 Pola Retak *Columnar*

Sebagian benda uji pada penelitian menghasilkan tipe pola retak *columnar* dimana retakan muncul dengan membentuk garis lurus vertikal (*columnar*) disepanjang penampang benda uji. Pola retak ini juga dapat terjadi akibat pembebanan yang tidak tersebar secara merata. Tipe pola retak *columnar* yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Pengujian Kuat Tekan Beton Pola Retak *Columnar*

4.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Hasil pengujian rata-rata kuat tarik belah beton dengan limbah keramik sebagai agregat halus, dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan data pengujian secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 8.

Tabel 4.4 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Rata-Rata

Variasi % Limbah Keramik	Kuat Tarik Belah Rata- rata (MPa)
	28 Hari
0%	2,68
4%	2,49
8%	2,58
12%	2,68

Diketahui pada Tabel 4.4 menunjukkan nilai kuat tarik belah beton dengan campuran limbah keramik sebagai agregat halus yang berumur 28 hari, terdapat beton normal 0%

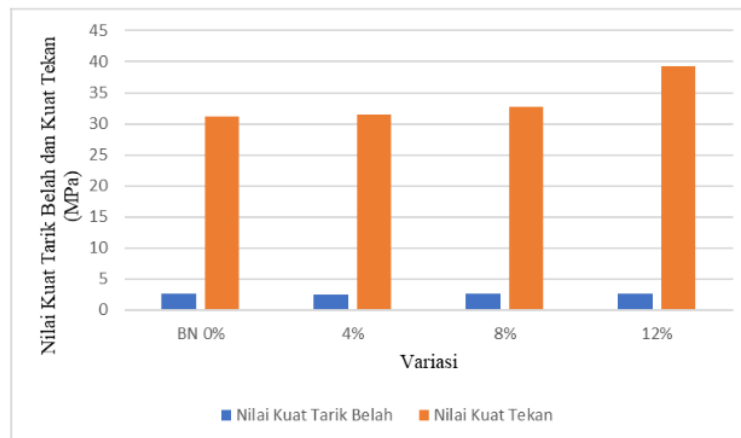
mempunyai kuat tarik belah yaitu sebesar 2,68 MPa. Beton dengan campuran limbah keramik prosentase 12% mempunyai kekuatan tarik belah yang sama dengan beton normal 0% dan mempunyai nilai yang paling optimum dibandingkan prosentase 4% dan 8%. Beton prosentase 4% limbah keramik mempunyai nilai kuat tarik belah paling rendah yaitu sebesar 2,49 MPa dan lebih rendah sekitar 7,24% dari beton normal 0%.

4.6 Perbandingan Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton

Nilai kuat tarik belah beton tidak berbanding lurus dengan nilai kuat tekannya (Giano, Steenie, dkk., 2018). Kekuatan tarik merupakan suatu sifat penting yang dapat mempengaruhi ukuran retak di dalam struktur, tetapi karena kecilnya kuat tarik yang dihasilkan pada beton, hal inilah yang menjadi kelemahan terbesar pada beton. Berbeda dengan kuat tekan yang merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton karena beton memiliki kemampuan untuk menahan beban tekan. Seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.6 mengenai perbandingan hasil perhitungan rasio nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

Tabel 4.5 Perbandingan Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton

Variasi	Nilai Kuat Tarik Belah (MPa)	Nilai Kuat Tekan (MPa)	Rasio (%)
BN 0%	2,68	31,13	8,61
4%	2,49	31,44	7,91
8%	2,58	32,67	7,90
12%	2,68	39,32	6,80



Gambar 4.7 Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Pada Umur 28 Hari

Diketahui pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.7 bahwa nilai kuat tarik belah tidak berbanding lurus dengan nilai kuat tekannya dan dapat dianalisa bahwa nilai rasio kuat tarik belah terhadap kuat tekan, yang paling tinggi terdapat pada beton normal 0% yaitu sebesar 8,61% jika dibandingkan dengan beton prosentase limbah keramik lainnya. Beton dengan campuran limbah keramik yang memperoleh nilai rasio maksimum terdapat pada prosentase 4% limbah keramik yaitu sebesar 7,91% dan nilai rasio paling rendah terdapat pada prosentase 12% limbah keramik yaitu sebesar 6,80%. Hal ini membuktikan bahwa nilai rasio yang dihasilkan pada beton campuran limbah keramik akan menurun apabila prosentase limbah keramik bertambah tinggi. Penyebab nilai rasio menurun karena nilai kuat tarik belah yang dihasilkan terlalu rendah jika dibandingkan dengan nilai kuat tekannya.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan beton dengan campuran limbah keramik sebagai agregat halus, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pengujian kuat tekan beton berumur 28 hari, beton prosentase 12% limbah keramik memperoleh nilai kuat tekan yang optimum diantara variasi prosentase lainnya yaitu sebesar 39,32 MPa dan perbandingan beton prosentase 12% limbah keramik mengalami kenaikan kuat tekan sekitar 26,31% dari beton normal 0%. Sehingga limbah keramik sebagai agregat halus telah layak untuk menjadi campuran beton dalam pengujian kuat tekan.
2. Pada pengujian kuat tarik belah beton berumur 28 hari, beton prosentase 12% limbah keramik memperoleh nilai kuat tarik belah yang optimum diantara variasi prosentase lainnya yaitu sebesar 2,68 MPa dan perbandingan beton prosentase 12% limbah keramik mempunyai nilai kuat tarik belah yang sama dengan beton normal 0%. Sehingga limbah keramik sebagai agregat halus telah layak untuk menjadi campuran beton dalam pengujian kuat tarik belah.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya lebih memperhatikan jadwal pelaksanaan dari segi pengujian material, pembuatan benda uji, dan pengujian tes kuat tekan dan kuat tarik belah beton agar sesuai jadwal dan selesai tepat waktu.
2. Untuk mendapatkan limbah keramik yang memenuhi syarat agregat halus, sebaiknya proses pemecahan dilakukan secara mekanis sehingga dapat selesai lebih cepat dan menghasilkan agregat halus dari limbah keramik lebih banyak lagi.
3. Diharapkan penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi bagi peneliti selanjutnya untuk mengetahui nilai kuat tekan dan kuat tarik belah dengan menggunakan faktor air semen, umur beton, dan variasi prosentase yang berbeda.

TUGAS AKHIR_Nur Aini Ayu Ismawati_20110029

ORIGINALITY REPORT

24%

SIMILARITY INDEX

23%

INTERNET SOURCES

10%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	journal.uwks.ac.id Internet Source	2%
2	ejournal.unesa.ac.id Internet Source	1%
3	123dok.com Internet Source	1%
4	dspace.uii.ac.id Internet Source	1%
5	www.teknika-ftiba.info Internet Source	1%
6	Sobarudin Sobarudin, Indra Gunawan. "PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH TANGKAI LADA SEBAGAI BAHAN TAMBAH TERHADAP UJI KUAT TEKAN DAN UJI KUAT TARIK BELAH BETON", FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil), 2019 Publication	1%
7	id.123dok.com Internet Source	1%

8	repository.umsu.ac.id Internet Source	1 %
9	repository.its.ac.id Internet Source	1 %
10	repository.umsu.ac.id Internet Source	1 %
11	adoc.pub Internet Source	1 %
12	jurnal.narotama.ac.id Internet Source	1 %
13	jurnal.pnj.ac.id Internet Source	1 %
14	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	1 %
15	docplayer.info Internet Source	1 %
16	id.scribd.com Internet Source	1 %
17	prezi.com Internet Source	<1 %
18	repository.ummat.ac.id Internet Source	<1 %
19	Bastian Artanto Ampangallo. "Studi Perilaku Balok Beton dengan Tulangan Bambu	<1 %

Laminasi Limbah Plastik", Journal on Education, 2022

Publication

20	Submitted to STT PLN Student Paper	<1 %
21	ejournal.unisi.ac.id Internet Source	<1 %
22	fdocuments.net Internet Source	<1 %
23	repository.upstegal.ac.id Internet Source	<1 %
24	Submitted to LL Dikti IX Turnitin Consortium Student Paper	<1 %
25	iptek.its.ac.id Internet Source	<1 %
26	jurnal.untag-sby.ac.id Internet Source	<1 %
27	ojs.uajy.ac.id Internet Source	<1 %
28	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
29	conference.binadarma.ac.id Internet Source	<1 %
30	ojs.ustj.ac.id Internet Source	<1 %

31	pindah.jatengprov.go.id Internet Source	<1 %
32	eprints.umm.ac.id Internet Source	<1 %
33	es.scribd.com Internet Source	<1 %
34	sipil.poltekba.ac.id Internet Source	<1 %
35	www.kompasiana.com Internet Source	<1 %
36	fr.scribd.com Internet Source	<1 %
37	jurnal.poliupg.ac.id Internet Source	<1 %
38	jurnal.untan.ac.id Internet Source	<1 %
39	media.neliti.com Internet Source	<1 %
40	www.dekoruma.com Internet Source	<1 %
41	ejournal.unsrat.ac.id Internet Source	<1 %
42	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %

43 repositori.usu.ac.id <1 %
Internet Source

44 sipil.studentjournal.ub.ac.id <1 %
Internet Source

45 the-managers-indonesia.blogspot.com <1 %
Internet Source

46 www.texzim.com.mx <1 %
Internet Source

47 infotekniksipilofficial.blogspot.com <1 %
Internet Source

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off