BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Saat ini pembangunan infrastruktur tidak terlepas dari bahan pembuat beton, karena beton merupakan material yang dianggap penting dan sangat umum digunakan dalam berbagai proyek konstruksi, terutama pembangunan bangunan. Beton memiliki banyak kelebihan, antara lain mudah dibentuk sesuai dengan keinginan perencana dan bahan bakunya mudah didapat. Selain itu, beton juga memiliki kelebihan lainnya yaitu harganya relatif lebih murah, memiliki kuat tekan yang tinggi, tahan karat, dan relatif tahan terhadap kebakaran (Purnamasari, 2023). Beton merupakan bahan komposit yang terdiri dari beberapa material utama yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, air, serta material tambahan jika diperlukan dengan komposisi tertentu. Sebagai material komposit, kualitas beton sangat bergantung pada kualitas dari masing-masing material pembentuknya. (Kardiono Tjokrodimuljo, 2007).

Berbagai penelitian dan eksperimen di bidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan tambah. Beberapa bahan tambah yang digunakan diantaranya adalah zat *addictive*, pecahan limbah keramik, dan lain sebagainya.Bahan tambah *addictive* pada beton digunakan untuk memperbaiki beberapa sifat pada campuran beton seperti mempercepat pengerasan beton, memperbaiki kemudahan dalam pengerjaan dan meningkatkan kuat tekan. Salah

satu bahan tambah yang dapat memperbaiki sifat campuran tersebut ialah produk dari Sika dengan merek *Sikacim Concrete Additive*. *Sikacim Concrete Additive* berfungsi untuk meningkatkan kuat tekan beton dengan mereduksi penggunaan air hingga 15%, memudahkan proses pengecoran dan mempercepat pengerasan beton. (Mulyati & Putra, 2021).

Dalam setiap proses pekerjaan konstruksi, selalu ditemukan hasil produk atau sisa bahan bangunan yang tidak digunakan lagi dan di buang sebagai limbah. Jika limbah ini di buang secara sembarangan tentunya dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Salah satu contoh limbah ini adalah pecahan keramik yang dihasilkan dari potongan proses pekerjaan konstruksi atau hasil pekerjaan renovasi bangunan. Keramik terbuat dari tanah liat atau lempung yang mengalami proses pengerasan dengan pembakaran pada temperatur tinggi. Penggunaan material bahan limbah pecahan keramik sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton di Indonesia masih belum umum dilakukan, tetapi sudah mulai digunakan antara lain untuk pengurukan, lapisan pondasi jalan dan lain-lain. Hal ini dikarena bahan baku agregat kasar mudah didapat Namun, cepat atau lambat, ketersediaan material akan semakin berkurang, sehingga harga material akan terus meningkat dari tahun ke tahun. (Mulyadi & Sanutra, 2019).

Dari uraian diatas maka disini perlu dilakukan pemanfaatan kembali material limbah pecahan keramik. Pada penelitian ini limbah pecahan keramik yang digunakan berasal dari sisa pembuatan bangunan. Limbah dari pecahan keramik digunakan sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan tambahan zat *additive* untuk campuran beton berupa *Sikacim Concrete Additive* yang perlu

dikaji lebih dalam dengan melakukan pengujian di laboratorium. Dengan demikian dapat diketahui pengaruh penambahan limbah pecahan keramik dan *Sikacim Concrete Additive* terhadap kuat uji tekan dan lentur yang dihasilkan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penambahan limbah pecahan keramik porselen dan *SikaCim Concrete Additive* terhadap kuat tekan beton?
2. Bagaimana pengaruh penambahan limbah pecahan keramik porselen dan *SikaCim Concrete Additive* terhadap kuat lentur beton?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan ini adalah:

1. Untuk mengetahui kuat tekan beton yang dihasilkan dengan penambahan limbah pecahan keramik porselen dan *SikaCim Concrete Additive*.
2. Untuk mengetahui kuat lentur yang dihasilkan dengan penambahan limbah pecahan keramik porselen dan *SikaCim Concrete Additive*.

D. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat terarah dan sesuai tujuan, maka dibutuhkan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut :

1. Kuat tekan yang direncanakan (fc') beton normal dengan kuat tekan sekitar 25 Mpa.
2. Semen yang digunakan adalah semen *Portland Cemen Composite* (PCC).
3. Benda uji kuat tekan dibuat pada cetakan silinder (t =30 cm, dan d=15 cm).

4. Benda uji kuat lentur dibuat pada cetakan balok (L=60 cm, dan b=15 cm, d=15 cm.
5. Perencanaan campuran beton berstandar SNI 7656:2012.
6. Substitusi agregat kasar dengan limbah pecahan keramik porselen dengan variasi persentase yaitu 5% dari berat agregat kasar.
7. Pengujian beton menggunakan bahan tambah *SikaCim Concrete Additive* dengan variasi persentase yaitu 0 %, 0,6%, dan 0,8% dari berat semen.
8. Variasi ukuran pecahan keramik yang digunakan 2-3 cm.
9. Pengujian slump dilakukan sesuai dengan SNI 1972:2008.
10. Standar pengujian kuat tekan benda uji menggunakan SNI 1974:2011.
11. Standar pengujian kuat lentur benda uji menggunakan SNI 4431:2011.
12. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7,14,28 hari perendaman.
13. Pengujian kuat lentur beton dilakukan pada umur 28 hari perendaman.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Mendapatkan beton yang ekonomis dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah keramik sebagai material dalam pencampuran beton dengan persentase tertentu.
2. Mengurangi pecahan keramik yang dibuang ke lingkungan.
3. Sebagai bahan alternatif baru pembuatan beton dengan menggunakan limbah pecahan keramik sebagai bahan tambah agregat kasar pada campuran beton.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan yang dapat disajikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, sistematika penulisan yang digunakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka ini berisi tentang landasan teori dan berbagai literatur berhubungan masalah yang akan dibahas.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada metode penelitian dijelaskan lokasi pengujian, waktu pengujian, alat dan bahan penelitian, serta dijelaskan hal-hal apa saja yang dilakukan dalam penelitian ini serta langkah kerjanya.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas analisis data berdasarkan hasil pengujian yang didapat selama di laboratorium.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan tahap akhir dari penyusunan tugas akhir yang menguraikan kesimpulan dan saran secara garis besar dan hasil penelitian yang dilakukan serta saran yang disampaikan untuk pembaca dan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

Beton adalah bahan komposit yang terbuat dari beberapa material yang menggunakan bahan utama yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, air dan material tambahan jika diperlukan dengan komposisi tertentu. Beton adalah material komposit, oleh karena itu kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuknya. (Kardiono Tjokrodimuljo, 2007). Beton merupakan bahan konstruksi yang sering digunakan dalam berbagai jenis bangunan struktural. Hampir semua bangunan struktural menggunakan beton sebagai bahan konstruksi utama, seperti gedung, bangunan air, infrastruktur transportasi, dan lainnya. Beton memiliki beberapa keunggulan, antara lain mampu menahan beban tekan, tahan terhadap perubahan cuaca dan suhu tinggi, mudah dibentuk, dan mudah perawatannya.

Peraturan Beton Indonesia 1971 (PBI) mutu beton dibagi tiga kelas yaitu kelas satu, kelas dua dan kelas tiga. Mutu beton merupakan kuat tekan beton dalam bentuk angka dengan cara uji kuat tekan beton dalam satuan mega pascal (MPa). Menurut Standar Nasional Indonesia 03-2847-2002 beton yaitu adukan antara agregat kasar, agregat halus, semen hidraulik atau semen portland lainnya dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk benda padat. Komposisi material beton didapatkan dari hasil analisis *mix design*, dicampur merata hingga homogen setelah itu dituang ke dalam pencetak. Hasil adukan

beton tersebut jika didiamkan akan menjadi keras akibat reaksi kimia antara semen dengan air atau dapat dikatakan bahwa adukan beton akan bertambah keras seiring dengan waktu (umur beton). Kualitas mutu beton bergantung pada bahan dasar penyusunnya, bahan tambahan, pelaksanaan pada saat pembuatan dan alat-alat yang digunakan saat pembuatan adukan beton. Beton dianggap berkualitas baik jika bahan yang digunakan berkualitas tinggi, pencampuran dilakukan dengan baik (*homogen*), proses pelaksanaan dilakukan dengan benar, alat yang digunakan tepat, dan memiliki tingkat porositas yang rendah. Menurut Standar Nasional Indonesia 03- 2847-2002, beton dikategorikan sebagai beton normal jika memiliki berat volume antara 2200 kg/m^3 < berat volume < 2500 kg/m^3, dengan bahan utama berupa agregat alami atau agregat pabrikasi (*stone crusher*). (Hamdi et al., 1 C.E.).

1. Klasifikasi Beton

Menurut (Mulyono, 2004) secara umum beton dibedakan kedalam 2 kelompok, yaitu :

a. Beton berdasarkan Kelas dan Mutu

Kelas dan mutu beton ini, di bedakan menjadi 3 kelas, yaitu :

1) Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B0.

2) Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah supervisi tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B1, pengawasan hanya terbatas pada mutu bahan tanpa pemeriksaan kekuatan tekan. Sementara pada mutu K 125 dan K 175, kekuatan tekan beton harus diperiksa secara kontinu berdasarkan hasil pemeriksaan benda uji.
3) Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah supervisi tenaga ahli. Diperlukan adanya laboratorium beton yang dilengkapi dengan peralatan lengkap dan tenaga ahli untuk melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

b. Beton Berdasarkan Jenis

Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu:

1) Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk beton ringan juga merupakan agregat ringan. Agregat ini umumnya dihasilkan dari pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu bara, dan berbagai hasil pembakaran vulkanik lainnya. Berat jenis agregat ringan sekitar 800-1800 kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar 1400 kg/m^3, dengan

kekuatan tekan umur 28 hari antara 6,89 Mpa sampai 17,24 Mpa menurut SNI 08-1991-03.

2) Beton normal

Beton normal adalah jenis beton yang menggunakan pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar, sehingga memiliki berat jenis antara 2200 kg/m³ hingga 2400 kg/m³ dan kekuatan tekan sekitar 15 Mpa hingga 40 MPa.

3) Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m3. Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

4) Beton massa (*mass concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

5) Ferro-Cement

Ferro-Cement adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

6) Beton serat (*fibre concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi

mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

2. Kelebihan dan Kekurangan Beton

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) beton memiliki beberapa kelebihan antara lain sebagai berikut ini.

a. Harga yang relatif lebih murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapat.
b. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan menjadi lebih murah.
c. Mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi sehingga dapat menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan, untuk itu struktur beton bertulang dapat diaplikasikan atau dipakai untuk pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pesawat udara, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya.
d. Pengerjaan atau *workability* mudah karena beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi lebih murah.

Walaupun beton mempunyai beberapa kelebihan, beton juga memiliki beberapa kekurangan, menurut (Tjokrodimuljo, 2007) kekurangan beton adalah sebagai berikut ini:

a. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam.
b. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam pula.
c. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kuat tarik yang tinggi.

B. Material Penyusun Beton

Bahan yang dipakai dalam pembuatan atau penyusunan beton terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air.

1. Semen Portland

Semen merupakan bahan campuran yang menjadi aktif secara kimiawi ketika berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai, dan juga meningkatkan keawetan beton yang dihasilkan. Beton pada umumnya mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%.

Semen portland adalah suatu bahan konstruksi yang paling banyak di gunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150,1985, Semen portland di definisikan sebagai semen hidrolik yang di hasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik. Biasanya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.(Teori & Praktek, 2015)**.**

Pada semen portland (PC) yang sering digunakan pada suatu konstruksi, memiliki kandungan didalamnya, antara lain :

Tabel 2. 1 Susunan unsur semen portland (*Sumber*:Tjokrodimuljo,2007)

No	**Oksida Persen**	**(%)**
1.	Kapur (CaO)	60-65
2.	Silika (SiO2)	17-25
3.	Alumina (AI2O3)	3-8
4.	Besi (Fe2O3)	0,5-6
5.	Magnesia (MgO)	0,5-4
6.	Sulful (SO3)	1-2
7.	Soda/potash Na2O+K20)	0,5-1

Berdasarkan (SNI-15-2049-2004) semen portland dibagi menjadi lima jenis kategori sesuai dengan tujuan penggunaannya yaitu: (Bigatti & Cronan, 2002).

a. Jenis I yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
b. Jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.

c. Jenis III Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
d. Jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
e. Jenis V yaitu semen portland yang dalam penggunaanya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Fungsi semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Walaupun sebagai bahan pengikat maka peranan semen sangat penting. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan.

Senyawa-senyawa kimia dari semen Portland adalah tidak stabil secara termodinamis, sehingga sangat cenderung untuk bereaksi dengan air. Untuk membentuk produk hidrasi dan kecepatan bereaksi dengan air dari setiap komponen adalah berbeda-beda, maka sifat-sifat hidrasi masing-masing komponen perlu dipelajari.

a. Tricalsium Silikat (C3S) = 3CaO. SiO2 Senyawa ini mengalami hidrasi yang sangat cepat yang menyebabkan pengerasan awal, menunjukkan desintegrasi (perpecahan) oleh sulfat air tanah, oleh perubahan volume kemungkinan mengalami retak-retak.
b. Dicalsium Silikat (C2S) = 2CaO.SiO2 Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dan dapat mengeluarkan panas, kualitas yang terbentuk

dalam ikatan menentukan pengaruh terhadap kekuatan beton awal umurnya, terutama pada 14 hari pertama.

c. Tricalsium Alumnat (C3A) = 3CaO.A12O3 Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat, senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 hari sampai 28 hari, memiliki ketahanan kimia agresi yang relatif tinggi, penyusutan yang relatif rendah.
d. Tetracalsium Aluminoferit (C4AF) = 4CaO.Al2O3 FeO3 Adanya senyawa aluminoferit kurang penting karena tidak tampak banyak pengaruh kekuatan dan sifat semen. (Murdock., dkk , 1999).

2. Agregat

Agregat adalah partikel mineral alami yang digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan. Biasanya, kandungan agregat dalam campuran beton sangat tinggi, yaitu berkisar antara 60% - 70% dari total berat campuran beton (Tjokrodimuljo, 2007):(Dumyati, 2015).

Secara umum agregat dapat di bedakan dari ukuran bentuknya, yang dapat di bedakan menjadi dua, yaitu, agregat kasar dan agregat halus. ukuran 4,80 mm, British Standard atau 4,75 mm, Standar ASTM. Agregat kasar dinyatakan untuk batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4,80 mm (4,75 mm) dan agregat halus lebih kecil dari 4,80 mm (4,75 mm). Untuk ukuran yang lebih besar dari 4,80 mm di bagi lagi menjadi dua, yaitu untuk diameter antara 4,80 - 40 mm di

sebut kerikil beton dan yang lebih besar lagi di sebut kerikil kasar. Agregat yang di gunakan dalam campuran beton biasanya lebih kecil dari 40 mm, untuk yang lebih besar dari 40 mm di gunakan untuk pekerjaan sipil yang lainnya, misalnya untuk pekerajaan jalan, tanggul-tanggul penahan tanah, bronjong, atau bendungan, dan lainnya. Agregat halus biasanya di namakan pasir dan agregat kasar dinamakan kerikil, split, batu pecah, kricak, dan lainnya. (Tri Mulyono,2014).

Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan susun beton adalah agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat halus

Agregat halus adalah semua butiran lolos saringan 4,75 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan dari batuan secara alami, atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu yang biasa disebut abu batu. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 %, serta tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton. Kegunannya adalah untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar dan memberikan kelecakan. Agregat halus yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1) Pasir halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
2) Butirannya harus bersifat kekal.
3) Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% berat keringnya.
4) Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

b. Agregat kasar

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia 03-2847-2002 pengertian agregat kasar yaitu material utama pembentuk beton yang memiliki ukuran lebih besar dari 5 mm hingga 40 mm, atau ukuran butiran yang tertahan pada ayakan 4,75mm. Agregat kasar yang digunakan pada campuran beton berupa kerikil yang didapatkan dari disintegrasi alami dari batuan atau batu pecah yang diperoleh dari mesin pemecah (*stone crusher*) atau dipecahkan secara manual.

Syarat-syarat agregat kasar yang akan dicampurkan sebagai adukan beton adalah sebagai berikut:

1) Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Dari kadar agregat yang lemah bila diuji dengan cara digores menggunakan batang tembaga, maksimumnya 5%.
2) Agregat kasar terdiri dari butiran pipih dan panjang, hanya bisa dipakai jika jumlah butiran pipih dan panjang tidak melebihi dari 20% berat agregat seluruhnya.
3) Butir-butir agregat harus bersifat kekal (tidak pecah atau hancur) oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
4) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, contohnya zat-zat reaktif dari alkali.
5) Lumpur yang terkandung dalam agregat kasar tidak boleh lebih dari 1% berat agregat kasarnya, apabila lebih dari 1% maka agregat kasar tersebut harus dicuci terlebih dahulu dengan air yang bersih.

6) Sifat kekal agregat bila diuji dengan larutan garam sulfat, maka disarankan bila menggunakan natrium sulfat, bagian yang hancur maksimum 2%. Disamping itu juga apabila menggunakan magnesium sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
7) Besar butiran agregat maksimum tidak boleh lebih dari jarak terkecil antar bidang-bidang samping dari cetakan, dari tebal plat, atau ¾ dari jarak bersih minimum antara batang-batang atas berkas tulangan.
8) Keausan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan mesin Los Angeles dengan syarat-syarat tertentu.
9) Agregat kasar terdiri dari butir-butir beraneka ragam besarnya dan tidak melewati saringan 4,75 mm.
10) Agregat kasar juga harus memenuhi persyaratan gradasi agregat kasar yang telah ditentukan.

3. Air

Fungsi air pada campuran beton adalah digunakan untuk reaksi kimia dalam pengikatan campuran beton sehingga terjadi proses pengerasan beton dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat dalam adukan beton sehingga mudah dipadatkan pada saat dituang pada media yang akan dicor. Kebutuhan air sebesar 25 % dari berat semen. Perawatan beton juga menggunakan air dengan cara membasahi beton yang sudah dituang dalam cetakan (dicor).

Kuat tekan beton sangat dipengaruhi oleh air, air yang berlebih akan menyebabkan penurunan kekuatan beton dan bisa mengakibatkan terjadi bleeding yaitu air semen naik ke permukaan beton segar baru saja selesai dituang. Jika

terjadi Bleeding maka dapat menyebabkan terjadi berkurangnya lekatan beton antara lapis permukaan dengan beton lapisan di bawahnya. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata. Syarat minimum air yaitu minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang memiliki sifat antara lain yaitu bersifat tawar, tidak berbau, bila dihembus udara airnya tidak keruh dan lainnya. Bukan berarti bahwa air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum. Air yang disyaratkan untuk beton sebagai berikut (Tjokrodimulyo, 2007):

a. Tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter.
b. Kandungan garam (diantaranya yaitu zat organik, asam, dan lainnya yang sejenis) tidak lebih dari 15 gram/liter.
c. Kandungan kloridanya (Cl) tidak lebih dari 0,5 gram/liter.
d. Kandungan sulfatnya tidak lebih dari 1 gram/liter.

C. Bahan Tambah Beton

Bahan tambah didefinisikan dalam *Standard Definitions of Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates*, (ASTM C.125-1995:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology*, ACI SP-19 sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung.

Jenis bahan tambah dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu bahan tambah kimia dan mineral. Bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*) memiliki perbedaan dalam cara penggunaannya. Bahan tambah *admixture* ditambahkan saat pengadukan dan atau

saat pelaksanaan pengecoran (*placing*) sedangkan bahan tambah *additive* yaitu yang bersifat mineral ditambahkan saat pengadukan dilaksanakan.(Teori & Praktek, 2015:86).

Adapun bahan tambah yang digunakan penulis adalah sebagai berikut:

1. Material Pecahan Keramik

Bahan keramik adalah suatu unsur bangunan yang dipergunakan untuk melapisi lantai atau dinding yang biasanya berbentuk plat persegi dan tipis yang dibuat dari tanah atau campuran tanah liat dan bahan mentah keramik lainnya. Keramik dibuat dengan di bakar dengan suhu tertentu sehingga mempunyai sifat-sifat fisik khusus. Menurut Frik, Hdan Ch. Koesmartadi (1999) keramik dapat digolongkan menjadi 4, yaitu :

a. Keramik kasar

Keramik kasar terbuat dari tanah liat (pasir kuarsa, tanah pekat, silb termasuk abu tertentu) yang dibakar pada suhu 1000°- 1400°C. Jika dibutuhkan glasir maka keramik kasar dilapisi dengan campuran felspar, kuarsa, kaolin, kapurspar dan dolomit yang diaduk dengan air. Pada proses pembakaran glasir ini terjadinya lapisan seperti kaca tipis. Kegunaan keramik kasar berupa:

1) Pipa keramik kasar (sebagai pipa saluran air kotor)
2) Bata klinker (sebagai dinding batu merah yang terbuka terhadap udara)
3) Ubin tanah liat (sebagai ubin lantai yang agak alamiah)

4) Genting tanah liat berglasir (sebagai genting keramik flam atau pres)

b. Keramik halus

Terbuat dari tanah liat yang halus sekali dengan campuran jerami yang digiling (tembikar merah) atau dengan tambahan kaolin, kuarsa, felspar, atau bubuk magnesium-silika yang dibakar (pembakaran tunggal) pada suhu 1330°. Kecuali barang tembikar yang berwarna agak merah, maka keramik halus biasanya berwarna putih kekuning-kuningan. Keramik halus umumnya dilapisi glasir (tembikar). Kegunaan keramik halus di dalam pembangunan berupa perlengkapan saniter (wastafel, kloset, urinoir, dan sebagainya.

c. Keramik pelapis dinding (*fayence*)

Keramik *fayence* terbuat dari tanah pekat putih yang halus sekali dan mengandung kaolin, felspar, kuarsa atau bubuk megnesium silikat sehingga warna menjadi putih. Setelah dicetak atau dibentuk keramik fayence dikeringkan dan dilapisi glasir (tembikar) yang mengadung banyak timah-oksid dan selama tembikar masih basah dilaksanakn proses pewarnaan. Kemudian dibakar pada suhu 1100°C (pembakaran ganda). Kegunaan keramik *fayence* di dalam penbangunan berupa : tegel dinding dan baran pecah belah.

d. Porselen (tembikar putih)

Terbuat dari 50 % kaolin, 25 % felspar, dan 25 % kuarsa. Sesudah dicetak atau dibentuk porselen dibakar pada suhu 1200° - 1300°C.

Setelah dingin di beriglasir halus (tembikar putih) dan dibakar kedua kalinya pada suhu 1380° - 1450°C selama 24 jam sehingga menjadi lapisan seperti kaca tipis. Warna porselen biasanya putih dan jika perlu pewarnaan dapat dilakukan dengan kobalt-oksid (biru) atau krom-oksid (hijau) sebagai lapisan bawah glasir atau dengan cara memberi motif di atas tembikar putih(pembakaran ganda). Kegunaan porselen dalam pembangunan berupa barang pecah belah.

Limbah pecahan keramik adalah sisa atau pecahan keramik dari keramik lantai sebuah bangunan. Dengan menggunakan limbah keramik peneliti bermaksud memberdayakan sumber daya lokal melalui pemanfaatan barang-barang rusak yang sudah tidak bisa dipakai sebagaimana mestinya. Salah satu sumber daya lokal di sekitar kita yang dapat dimanfaatkan contohnya pecahan keramik, pecahan keramik yang peneliti manfaatkan adalah pecahan dari keramik ubin/ lantai. Dipilihnya pecahan keramik sebagai penelitian ini dikarenakan banyak masyarakat yang kurang maksimal memanfaatkan pecahan dari bahan keramik. Umumnya barang-barang yang terbuat dari bahan keramik yang sudah pecah atau rusak dibuang begitu saja, namun ada juga yang memanfaatkannya sebagai penghias pot bunga dengan cara di tempel. Biasannya pecahan keramik yang sudah pecah atau rusak dijadikan timbunan seperti sampah, pada penelitian ini pecahan keramik dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar pada pembuatan beton normal.

Contoh penyajian gambar limbah pecahan keramik dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2. 1 Limbah Pecahan Keramik
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

2. *Sikacim Concrete Additive*

Sikacim Concrete Additive adalah salah satu jenis *additive* yang dapat digunakan untuk campuran pembuatan beton. Pada *Sikacim Concrete Additive* memiliki kandungan bahan dasar kimia didalamnya, yaitu *Sodium Naphthalene Sulfonate Formaldehyde* **(**C10H7NaO3S) berbentuk bubuk yang berwarna kuning muda sampai coklat kekuningan. *Sodium Naphthalene Sulfonate Formaldehyde* (SNF) juga mudah larut dalam etilen glikol, dietilen glikol, gliserol, dan air, larut dalam alkohol, tetapi tidak larut dalam pelarut organik. *Sodium Naphthalene Sulfonate Formaldehyde* (SNF) digunakan untuk persiapan campuran beton yang mengalir bebas dan dapat dipompa dalam industri konstruksi. *Sodium Naphthalene Sulfonate Formaldehyde* (SNF) digunakan sebagai bahan baku akselerator majemuk, agen anti beku, dan retarder, di berbagai industri konstruksi. Tingkat kemurniannya yang tinggi membuat partikel semen memiliki titik buih

rendah dan tinggi, dan mengurangi atau memperkuat dengan penggunaan air yang banyak. Selain itu, juga meningkatkan mobilitas dan kemampuan semennya.

Sikacim Concrete Additive sebagai campuran adukan beton berfungsi mempercepat pengerasan beton. Jenis zat *additive* ini memiliki keunggulan, yaitu mampu mengurangi pemakaian air hingga 15%, disamping itu juga dapat mempermudah pengecoran, serta mengurangi keropos pada beton. (PT. Sika Indonesia). Bahan kimia *Sikacim Concrete Additive*, apabila digunakan sebagai campuran adukan beton akan mempercepat pengerasan beton. Menurut Jamal, dkk (2017) penambahan *Sikacim Concrete Additive* pada campuran beton mampu mencapai kuat tekan beton rencana, dan dapat meningkatkan kuat tekan beton, dengan nilai maksimum kuat tekan beton umur 28 hari diperoleh pada variasi penambahan *Sikacim Concrete Additive* pada campuran beton sebesar 0,7% dari berat semen dengan pengurangan kadar air sebesar 15% dari kadar air semula. Menurut Novianti, dkk (2014) penggunaan *Sikacim Concrete Additive* 1% kuat tekan beton mulai menurun, sehingga pemakaian *Sikacim Concrete Additive* disarankan besar dari 0,5% dan kurang dari 1% dari berat semen.(Mulyati & Putra, 2021).

Contoh penyajian gambar *Sikacim Concrete Additive* dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut:



Gambar 2. 2 Sikacim Concrete Additive
(*Sumber : https://www.google.com)*

D. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Dalam membuat sampel beton maka perlu dibuat terlebih dahulu rancang campur (*mix design*). *Mix design* atau yang dikenal dengan istilah rencana campuran beton dengan mempertimbangkan kuantitas atau perbandingan dari setiap materialnya agar beton mencapai kualitas yang disyaratkan. Adapun indikator kualitas beton didasarkan pada mutu, kekuatan, kemudahan pekerjaan dan nilai ekonomis yang dihasilkan. Rancangan campuran beton normal pada penelitian ini disusun berdasarkan (SNI 7656;2012).

Komposisi atau jenis beton yang akan di produksi bergantung pada beberapa hal, yang pertama yaitu sifat-sifat mekanis beton keras yang diinginkan, yang biasanya ditentukan oleh perencanaan struktur. Kemudian selanjutnya adalah sifat-sifat segar yang diinginkan, yang biasanya ditentukan oleh jenis kontruksi, teknik penempatan atau pengecoran dan pemindahan. Kemudian yang terakhir adalah tingkat pengendalian (*control*) di lapangan untuk mendapatkan komposisi campuran beton tersebut perlu dilakukan proses *"trial dan error".* Yang dimulai dari suatu perencanaan campuran dan kemudian diikuti oleh pembuatan campuran awal (*trial mix*). Sifat-sifat yang dihasilkan dari campuran

awal ini kemudian diperiksa terhadap persyaratan yang ada dan jika perlu, dilakukan penyesuaian atau perubahan komposisi sampai dibuat hasil yang memuaskan .

E. Pengujian Beton

1. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Penentuan kuat tekan mengacu pada SNI-03-1974-1990, yaitu dengan menyiapkan benda uji yang telah ditentukan kuat dari curing, memberi lapisan capping di bagian permukaan atas atau bawah benda uji. Setelah benda uji siap, kemudian meletakkannya dalam mesin uji tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar 2-4 kg/cm2 per detik, lakukan sampai benda uji terlihat retak dan menjadi hancur atau hingga tidak ada lagi peningkatan beban atau tekanan.

Kuat tekan beton ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kuat desak atau tekan yang mampu diterima oleh benda uji. Selama pengujian, dilakukan pencatatan besarnya beban P saat benda uji hancur. (Hermansyah et al., 2022).

Contoh penyajian gambar pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut



Gambar 2. 3 Pengujian Kuat Tekan Beton
(*Sumber : Dokumentasi pribadi*)

Kuat tekan beton dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$fc' = \frac{P}{A} \quad \text{.....(1)}$$

Dimana :

fc' = kuat tekan beton (N/ mm^2)

P = beban maksimum yang diberikan (N)

A = luas bidang benda uji (mm^2)

Adapun beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton yaitu:

a. Faktor air semen

Faktor air semen adalah perbandingan banyaknya air kecuali yang terserap agregat, terhadap banyaknya semen dalam adukan beton (Subakti,1994). Faktor air semen perlu dihitung agar campuran air dan semen menjadi pasta yang baik, artinya tidak kelebihan air dan tidak kelebihan semen.

Apabila faktor air semen tinggi, berat air tinggi, sehingga kelebihan air akibatnya air akan keluar membawa sebagian pasta semen, pasta tidak cukup mengikat agregat dan mengisi rongga yang menyebabkan beton tidak kuat. Hal ini perlu dipahami oleh pembuat beton. Terkadang karena menginginkan jumlah pasta yang besar dengan menambahkan air tanpa perhitungan, sehingga beton menjadi encer. Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Ada batas-batas dalam hal ini. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai FAS minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Mulyono, 2003). Rata-rata ketebalan lapisan yang memisahkan antar partikel dalam beton sangat bergantung pada faktor air semen yang digunakan dan kehalusan butir semennya. Pada praktiknya, untuk mengatasi kesulitan pengerjaan karena rendahnya nilai FAS ini, ditambahkan bahan tambah *admixture concrete* yang bersifat menambah keenceran

b. Pemisahan kerikil (Segregasi)

Beton dikatakan mengalami pemisahan apabila agregat kasar terpisah dari campuran selama pengangkutan, pengecoran dan pemadatan sehingga sukar dipadatkan, berongga-rongga tidak homogen, beton yang berongga-rongga kurang kuat / mudah pecah.

c. Umur beton

Kuat tekan pada beton akan meningkat sesuai dengan bertambahnya umur beton. Ditinjau dari pemakaiannya beton termasuk bahan yang tahan lama. Standar hubungan antara umur dan kuat tekan beton ditetapkan waktu beton berumur 28 hari dengan nilai kuat tekan beton 100%.

d. Bleeding

Bleeding adalah pemisahan air dan campuran beton yang merembes kepermukaan beton waktu diangkut, dipadatkan atau setelah dipadatkan. *Bleeding* terjadi karena :

1) Pemakaian air berlebihan
2) Semennya yang kurang
3) Agregat kasar turun karena beratnya sendiri dan air naik kepermukaan dengan sendirinya akibat gaya kapilaritas.

Bleeding dapat mengakibatkan permukaan beton rusak dan apabila penguapan terjadi lebih cepat.

e. Perawatan (Curing)

Perawatan beton (*curing*) adalah proses atau langkah untuk menjaga tingkat kelembaban dan temperatur ideal untuk mencegah hidrasi yang berlebihan sehingga menghindari terjadinya retak dan berkurangnya kekuatan beton. Beberapa metode perawatan beton yang biasa dipakai untuk benda uji kubus/silinder yaitu:

1) Menaruh beton segar dalam ruangan yang lembab
2) Menaruh beton segar diatas genangan air
3) Menaruh beton segar didalam air

2. Kuat Lentur Beton

Lentur adalah kondisi gaya kompleks yang terjadi ketika melenturnya balok sebagai akibat adanya beban transversal. Aksi lentur menyebabkan serat pada permukaan balok mengalami tarik dan tekan. Tegangan ini bekerja tegak lurus pada permukaan penampang struktur . Kekuatan balok yang mengalami lentur tergantung pada distribusi material pada penampang, juga jenis materialnya. Sebagai reaksi atas adanya lentur yang bekerja pada penampang struktur maka penampang akan memberikan gaya perlawanan (aksi) untuk mengimbangi gaya tarik dan tekan yang terjadi pada penampang. (Mulyono, 2003)

Beban-beban yang bekerja pada struktur, baik yang berupa beban gravitasi (berarah vertikal) maupun beban-beban lain, seperti beban angin (dapat berarah horizontal), atau juga beban karena susut dan beban karena perubahan temperatur, menyebabkan adanya lentur dan deformasi pada elemen struktur. Lentur pada balok merupakan akibat dari adanya regangan yang timbul karena adanya beban luar. Apabila bebannya bertambah, maka pada balok terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan timbulnnya retak lentur di sepanjang bentang balok.

Bila bebannya semakin bertambah, pada akhirnya dapat menyebabkan keruntuhan elemen struktur. Pada saat beban luar mencapai taraf pembebanan disebut keadaan batas keruntuhan karena lentur.(Nawy, 2009). Keadaan ini terjadi ketika beban luar mencapai tingkat pembebanan maksimum yang disebut sebagai batas keruntuhan akibat lentur. Dengan demikian kuat lentur dapat didefinisikan kemampuan.

Contoh penyajian gambar pengujian kuat lentur beton dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2. 4 Pengujian kuat lentur
(*Sumber : Dokumentasi pribadi*)

Adapun rumus yang dapat digunakan untuk mendapat nilai tegangan hancur (pada benda uji beton) dengan rumus berikut:

$\sigma l = (\mathrm{P.a})/(\mathrm{b.h}^2)$.....(2)

Dimana:

$\sigma l =$ Kuat tekan lentur benda uji (Mpa)

P = Beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka di belakang koma)

L = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

a = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 (empat) tempat sudut dari bentang (mm)

F. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

Adapun beberapa penelitian terdahulu yang dipakai penulis sebagai dasar acuan dalam penelitian ini antara lain:

1. **Mulyati dan Eko Hermansyah Putra (2021)** melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan limbah keramik, serbuk arang briket dan *SikaCim Concrete Additive* terhadap kuat tekan beton normal. Penelitian ini memanfaatkan limbah keramik sebagai pengganti agregat kasar, serta menggunakan bahan tambah serbuk arang briket dan *SikaCim Concrete Additive* dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan limbah keramik, serbuk arang briket dan *SikaCim Concrete Additive* terhadap kuat tekan beton normal. Berdasarkan hasil penelitian dari kuat tekan pada umur 28 hari hasil pengujian kuat tekan beton diperoleh untuk beton normal sebesar 292 kg/cm^2, untuk penggunaan 10% limbah keramik, 5% serbuk arang briket dan 0,7% *SikaCim Concrete Additive* sebesar 273,39 kg/cm^2, untuk penggunaan 20% limbah keramik, 5% serbuk arang briket dan 0,7% *SikaCim Concrete Additive* sebesar 307,76 kg/cm^2, untuk penggunaan 30% limbah keramik, 5% serbuk arang briket dan 0,7% *SikaCim Concrete Additive* sebesar 274 kg/cm^2. Pada penggunaan 20% limbah keramik, 5% serbuk arang briket dan 0,7% *sikacim concrete additive* dapat meningkatkan kuat tekan beton sampai 5,4% dari kuat tekan beton normal.

2. **Eka Purnamasari, Fathurrahman, dan Falah Alfatari (2023)** melakukan penelitian ini tentang pengaruh variasi penambahan limbah pecahan keramik terhadap kuat tekan beton dengan pengujian dilakukan pada umur 14 hari dan 28 hari. Berdasarkan pengujian pada benda uji beton dengan variasi 0% limbah keramik didapat kuat tekan sebesar 206,941 kg/cm². Pada beton dengan variasi 10% penambahan limbah keramik terjadi penurunan kuat tekan sebesar 13,67% dari kuat tekan rencana K-200 kg/cm² . Sedangkan pada beton dengan variasi 15% penambahan limbah keramik memiliki penurunan kuat tekan beton sebesar 6,60% dari kuat tekan rencana. Pada benda uji mengalami bentuk pola retak yang serupa yaitu retak geser. Benda uji beton yang menggunakan campuran limbah keramik mengalami lebih banyak retakan dibandingkan dengan benda uji beton normal.
3. **Nofita Lia Wahyuni, Qomariah, Nawir Rasidi (2022)** melakukan penelitian ini tentang analisis pengaruh penambahan *Sikacim Concrete Additive* dan kapur pada beton normal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan kapur yang mengandung silika dan karbon dioksida dengan *Sikacim Concrete Additive* terhadap sifat beton segar dan kuat tekan beton dengan variasi penambahan *Sikacim Concrete Additive* sebesar 0,5%, 0,7%, dann 0,9% dari berat semen, dan menggunakan kapur 5% dari berat semen setiap variasinya serta menghitung jumlah biaya yang dibutuhkan untuk membuat 1 m^3 campuran beton. Perencanaan campuran beton normal menggunakan SNI 03-2834-2000 dengan mutu beton rencana 25 MPa. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, sifat beton segar dilihat dari nilai

slump, semakin bertambah nilai variasi pada *Sikacim Concrete Additive* semakin tinggi nilai slump. Hasil nilai slump pada beton variasi kapur 5% dan *Sikacim Concrete Additive* 0,5%, 0,7% dan 0,9% berturut-turut 6 cm, 6,5 cm, dan 7,5 cm. Hasil nilai kuat tekan maksimum diperoleh pada *Sikacim Concrete Additive* 0,7% dengan nilai kuat tekan variasi penambahan kapur 5% dan pada umur 3,7 dan 28 hari berturut-turut 18,53 MPa, 20,18 MPa, dan 26,02 MPa mengalami kenaikan 66,63% pada umur 3 hari, 8,67% pada umur 7 hari, dan 2,97% pada umur 28 hari dari beton normal.

4. **Moch Lukman Nul Hakim, Roestaman, dan Sulwan Permana (2021)** melakukan penelitian ini tentang pengaruh pemakaian agregat kasar pecahan keramik terhadap mutu beton. Penelitian ini bertujuan mencari tau pengaruh limbah pecahan keramik terhadap sifat-sifat beton, selain itu juga apakah limbah keramik layak digunakan sebagai campuran beton struktur. Campuran beton ini dibuat berdasarkan peraturan SNI 7656-2012. Pada penelitian ini limbah pecahan keramik digunakan sebagai bahan substitusi dari agregat kasar normal dengan persentase limbah keramik 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%, untuk mutu rencana beton yaitu F'c 20 MPa, dengan bentuk benda uji silinder berukuran 150 × 300 mm. Dari hasil penelitian dihasilkan nilai beton normal yaitu 10,895 MPa, sementara untuk nilai beton campuran limbah keramik 5% adalah 10,489 MPa, nilai tersebut menurun sebesar 3,7%. Dan untuk nilai beton campuran limbah keramik 10%, 15% dan 20% adalah 10,137 MPa, 9,371 MPa, dan 9,352 MPa, nilai tersebut kekuatannya menurun sebesar 7%, 10,7% dan 14,2% dari beton normal. Limbah keramik tidak cocok dijadikan

sebagai bahan pengganti dari agregat kasar beton normal dan juga tidak cocok digunakan sebagai bahan campuran untuk beton struktur, dikarenakan bentuk dari limbah keramik yang pipih dan juga sifat dari limbah keramik ini sangatlah rapuh, dan permukaannya yang licin membuat daya ikat limbah keramik dengan adukan beton kurang kuat.

5. **Eko Komajaya, Dine Agustine,Hafiz Abdillah,Lily Arlianti (2020)** melakukan penelitian ini tentang kuat tekan beton dengan menggunakan limbah pecahan keramik sebagai bahan agregat kasar ditambahkan dengan zat aditif. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh menggunakan pecahan keramik sebagai agregat kasar terhadap kuat tekan dan kuat geser, serta memanfaatkan limbah keramik dalam campuran beton untuk mengurangi jumlah limbah yang berserakan dan merusak estetika lingkungan. Metode penelitian mencari standard surface drink (SSD) menggunakan SNI 1970-2008, zat aditif yang digunakan sebanyak 2% dari silica fume, benda uji menggunakan kubus 15 x 15 x 15cm dan balok berdimensi 60 x 15 x 10cm dengan tulangan utama 10 mm dan cincin 8 mm jarak antara cincin 20 cm. Dari pengujian yang dilakukan dengan kuat tekan beton rencana K-225 dengan limbah keramik mampu mencapai 192,8 kg/cm^2, dengan penambahan agregat kasar sebanyak 20% mampu mencapai 183,5 kg/cm^2, dengan pengurangan keramik sebanyak -20% mampu mencapai 179 kg/cm^2, dan uji geser mampu mencapai 47,86 Kn, jika dilihat dari syarat berat isi beton normal sebesar 2200 – 2500 kg/m^3, dengan penggunaan limbah keramik didapat hasil berat 2195 kg/m^3, maka bisa disimpulkan bahwa berat isi keramik lebih ringan

dibandingkan kerikil tetapi memiliki kuat tekan yang hampir mendekati menggunakan agregat kasar kerikil.

6. **Asri Mulyadi, Alex Sanutra (2019)** melakukan penelitian ini tentang analisis limbah pecahan keramik sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan beton K.200. Pada penelitian ini benda uji dicetak dengan menggunakan kubus baja ukuran 15cm x 15cm x 15cm dan direndam, masing-masing umur perendaman yaitu 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari dengan pengujian kuat tekan beton. Pada campuran beton K.200 tersebut dibuat campuran pengganti agregat kasar yang bervariasi yaitu dengan campuran keramik 0% (normal), campuran keramik 20%, campuran keramik 40 % dan campuran keramik 60% dengan cara mengurangi persentase dari agregat kasar (split dari hasil uji kuat tekan yaitu pada beton normal (keramik 0%) dengan umur rendaman 28 hari didapat kuat tekan beton sebesar 200,78 kg/cm2 , pada beton kadar keramik 20% dengan umur rendaman 28 hari didapat kuat tekan beton sebesar 194,74 kg/cm2 , pada beton kadar keramik 40% dengan umur rendaman 28 hari didapat kuat tekan beton sebesar 188,70 kg/cm2 , dan pada beton kadar keramik 60% dengan umur rendaman 28 hari didapat kuat tekan beton sebesar 175,12 kg/cm2. Campuran pengganti agregat kasar pecahan keramik tidak boleh dilakukan, kecuali di bawah kadar 20% dari agregat kasar.
7. **F. Eddy Poerwodihardjo , Ria Novita Sari (2022)** melakukan penelitian ini tentang kajian kuat tekan beton SCC menggunakan agregat pecahan keramik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk serta mengetahui pengaruh kuat tekan beton dengan penggunaan limbah pecahan keramik. Presentase penambahan

limbah pecahan keramik terhadap agregat kasar 0%, 10%, 15% dan 20%. Dengan kuat tekan rencana 25 Mpa. Hasil rata-rata berat jenis beton masuk ke kategori beton normal dengan nilai 2340 kg/m³ - 2381 kg/m³. Hasil kuat tekan rata-rata beton SCC BPK 0% umur 7, 14, 21 dan 28 hari adalah 18,57 MPa, 20,50 MPa, 23,14 MPa dan 26,50 MPa. Beton SCC BPK 10% umur 7, 14, 21 dan 28 hari adalah 18,08 MPa, 19,34 MPa, 21,42 MPa dan 25,19 MPa. Beton SCC BPK 15% umur 7, 14, 21 dan 28 hari adalah 17,74 MPa, 20,42 MPa, 22,78 MPa dan 25,29 MPa. Untuk beton SCC BPK 20% umur 7, 14, 21 dan 28 hari adalah 16,64 MPa, 19,19 MPa, 20,91 MPa dan 23,27 MPa. Penggunaan limbah yang paling optimum pada beton SCC dengan substitusi pecahan keramik sebanyak 15% dengan nilai kuat tekan 25,29 MPa.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya disertai gambar, tabel, atau grafik. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian laboratorium. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu dengan membandingkan 3 (tiga) variasi campuran yaitu :

Tabel 3. 1 Jumlah sampel dan variasi campuran silinder beton

Variasi campuran keramik dan *Sikacim Concrete Additive*	**Umur beton (hari)**			**Jumlah**
	7	**14**	**28**	
Beton Normal	3	3	3	9
Pecahan Keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0%	3	3	3	9
Pecahan Keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,6%	3	3	3	9
Pecahan Keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,8%	3	3	3	9
Total				36

Tabel 3. 2 Jumlah sampel dan variasi campuran balok beton

Variasi campuran keramik dan *SikaCim Concrete Additive*	**Umur beton (hari)**
	28
Beton Normal	2
Pecahan Keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0%	2
Pecahan Keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,6%	2
Pecahan Keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,8%	2
Total	8

B. Lokasi dan Waktu

Lokasi dan waktu penelitian dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian

Lokasi pembuatan benda uji, pemeliharaan, dan pengujian dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare.

2. Waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 3 (tiga) bulan yaitu dimulai pada tanggal 19 Februari 2024 Sampai dengan 5 April 2024.

Tabel 3. 3 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	**Jenis Kegiatan**	**Tahun 2024**		
		Februari	**Maret**	**April**
1.	Studi literatur			
2.	Persiapan laboratorium			
3.	Pengujian bahan dasar			
4.	Pembuatan benda uji			
5.	Uji kuat tekan beton			
6.	Analisa hasil pengujian			

C. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat penelitian

a. Saringan

1) Saringan dengan nomor berturut-turut 4,75 (no. 4), 2,40 (no. 8), 1,20 (no.16), 0,60 (no. 30), 0,30 (no. 50), 0,15 (no. 100), No. 200 yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi agregat halus (pasir).

2) Saringan dengan nomor berturut-turut 56,25 mm (No. 1 $\frac{1}{2}$), 37,50 mm (No.1), 19,05 mm (No 3/4), 9,60 mm (No. 3/8), 4,75 mm (No. 4) yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi agregat kasar (kerikil).

b. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian kadar air dan berat jenis.

c. Gelas ukur

Gelas ukur berfungsi untuk mengatur banyaknya air yang digunakan pada pembuatan beton.

d. Timbangan

Timbangan difungsikan untuk menimbang bahan-bahan benda uji.

e. Cetakan beton

Cetakan beton yang digunakan adalah silinder ukuran 150 × 300 mm dan balok dengan ukuran 150 × 600 mm.

f. Concrete Mixer / mesin pencampur

Digunakan untuk mencampur semua bahan-bahan benda uji.

g. Piknometer

Piknometer dengan kapasitas 500 gr digunakan untuk mencari berat jenis agregat halus.

h. Jangka sorong

Jangka sorong digunakan untuk menngukur semua dimensi benda uji.

i. Kerucut abrams

Kerucut abrams digunakan untuk mengatur kelecakan adukan beton (nilai *slump*).

j. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur nilai *slump.*

k. Batang baja

Batang baja digunakan untuk memadatkan adukan beton.

l. Universal Testing Machine

Mesin uji tekan digunakan untuk menguji kuat tekan beton.

m. Hydraulics concrete beam test

Mesin uji tekan digunakan untuk menguji kuat lentur beton.

2. Bahan Penelitian

a. Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar dan agregat halus.

b. Material pecahan keramik sebagai bahan tambah agregat kasar.

c. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland.

d. Air yang digunakan dalam penelitian ini air dari di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare.

e. Bahan tambah zat aditif yang digunakan adalah *SikaCim Concrete Additive.*

D. Prosedur Standar Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini dilakukan tahap sebagai berikut :

1. Persiapan

Termasuk menerima izin untuk menggunakan laboratorium dan pengadaan bahan penelitian.

2. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

Pengujian ini dilakukan guna mengetahui berat jenis agregat serta tingkat penyerapan air. Jumlah berat jenis yang diperiksa adalah untuk agregat dalam keadaan kering, berat kering permukaan (*Saturated Surface Dry*), berat jenis semu (*Apparent*). Adapun keterangan dari berat jenis yang diperiksa adalah sebagai berikut :

a. Berat jenis permukaan (*Bulk Specific Gravity*)

Berat jenis kering permukaan (*Bulk Specific Gravity*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

b. Berat jenis permukaan (*SSD*)

Berat jenis permukaan (*SSD*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh ada suhu tertentu.

c. Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*)

Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya saama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

d. Penyerapan

Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Adapun prosedur percobaan adalah sebagai berikut:

a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105°C sampai berat tetap.
c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu jam, kemudian menimbang dengan ketelitian 0,5 gram (*Bk*).
d. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar.
e. Keluarkan benda uji dari dalam air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (*SSD*), untuk butiran yang besar pengering harus satu persatu.
f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (*Bj*)

g. Letakkan benda uji dalam keranjang, goncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan menentukan beratnya dalam air (*Ba*).

h. Ukur suhu air untuk penyesuain perhitungan ke suhu standar (25°C).

3. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton yang direncanakan untuk memastikan suatu komposisi material yang digunakan sebagai campuran beton. Dalam perencanaan ini harus memperhatikan aspek *workability*, *durability*, dan *finishing* dengan mutu beton yang sudah direncanakan.

Langkah-langkah perhitungan *mix design* beton normal mengacu SNI 7656:2012. Tujuannya ialah menentukan komposisi komponen beton basah dengan ketentuan tekan karakteristik dan slump rencana.

4. Pengujian Nilai Slump

Cara pengujian slump menurut SNI 1972-2008 ialah sebagai berikut:

a. Membasahi kerucut, meletakkan ditempat yang basah, rata, dan tidak menyerap air.

b. Mengisi kerucut degan beton segar dalam tiga lapis, masing-msing sepertiga dari volumenya.

c. Menusuk setiap bagian sebanyak 25 kali.

d. Meratakan bagian atasnya, dan tunggu sampai 30 detik.

e. Menarik kerucut tegak lurus vertical dengan perlahan .

f. Meletakkan tabung kerucut disamping beton segar, kemudian ukur beda tinggi kerucut dengan beton segar untuk mendapatkan nilai slump.

5. Pembuatan Benda Uji Silinder dan Balok

Metode pembuatan benda uji silinder dengan metode mempersiapkan bahan sesuai dengan perhitungan *mix design*. Tata cara yang dicoba untuk pembuatan beton ialah sebagai berikut:

a. Persiapkan seluruh bahan serta timbang sesuai dengan berat rencana,
b. Masukkan aggregat kasar (split), aggregat halus, serta semen kedalam Concrete Mixer.
c. Setelah tercampur masukan air sedikit demi sedikit, proses pencampuran tidak melebihi 5 menit untuk melindungi beton tidak mengeras ketika dimasukkan kedalam silinder dan balok,
d. Keluarkan beton segar dari Concrete Mixer serta masukkan kedalam kerucut Abram untuk pengecekan nilai slump,
e. Setelah nilai slump didapatkan, beton dimasukkan kedalam cetakan silinder dengan ukuran 15 x 30 cm dan cetakan balok 15 x 60 cm yang sudah disiapkan.

6. Perawatan (*Curing*) Benda Uji

Metode perawatan benda uji ialah sebagai berikut:

a. Setelah 24 jam, cetakan beton silinder dan balok dibuka, kemudian beton dibersihkan.

b. Rendam benda uji di dalam bak perendam memakai air bersih selama 7,14, dan 28 hari.
c. Setelah itu beton diangkat serta didiamkan dalam temperatur ruangan kemudian dilakukan uji kuat tekan dan kuat lentur beton.

7. Pengujian Kuat Tekan Beton

Langkah-langkah pengujian kuat tekan beton ialah sebagai berikut:

a. Menyiapkan benda uji silinder beton yang akan diuji.
b. Meletakan benda uji silinder yang hendak diuji pada mesin kuat tekan beton *Compression Testing Machine* (CTM).
c. Mengendalikan jarum *Compression Testing Machine* tepat pada posisi nol.Menyalakan *Compresion Testing Machine* setelah itu membaca jarum petunjuk beban sampai benda uji mulai hancur.
d. Mencatat besarnya nilai beban maksimum yang setelah itu digunakan untuk menghitung nilai kuat tekan silinder beton.

8. Pengujian Kuat Lentur

Langkah-langkah pengujian kuat lentur beton ialah sebagai berikut:

a. Hidupkan mesin uji tekan beton yang telah dipersiapkan,tunggu kira-kira 30 detik.
b. Letakkan benda uji pada tumpuan dan atur benda uji sehingga siap untuk pengujian.
c. Atur pembebanannya untuk menghindari terjadi benturan.
d. Atur katup-katup pada kedudukan pembebanan dan kecepatan pembebanan pada kedudukan yang tepat, sehingga jarum skala

bergerak secara perlahan-lahan dan kecepatannya 8 kg/cm^2- 10 kg/cm^2 tiap menit.

e. Kurangi kecepatan pembebanan pada saat menjelang patah yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban agak lambat, sehingga tidak terjadi kejut.
f. Hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan patahnya benda uji.
g. Ambil benda uji yang telah selesai diuji, yang dapat dilakukan dengan menurunkan plat perletakan benda uji atau menaikkan alat pembebanannya.
h. Ukur dan catat lebar dan tinggi tampang lintang patah dengan ketelitian 0,25 mm sedikitnya pada 3 (tiga) tempat dan ambil harga rata-ratanya.
i. Ukur dan catat jarak antara tampang lintang patah dari tumpuan luar terdekat pada 4 (empat) tempat di bagian tarik pada arah bentang dan ambil harga rata-ratanya.

E. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan menggunakan penelitian kuantitatif dengan melakukan beberapa pengujian terhadap benda uji di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare. Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan terdiri atas 2 (dua) yaitu:

1. Data Primer

Data yang diperoleh melalui eksperimen di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare. Penelitian ini berfokus pada variasi dari subtitusi limbah pecahan keramik sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan bahan tambah *Sikacim Concrete Additive*. Adapun data primer yang diperlukan dibagi 2 (dua) jenis yaitu:

a. Karakteristik bahan

Data yang diperlukan pada karakteristik bahan didapatkan pada pengujian sebagai berikut:

1) Karakteristik agregat halus
   a) Gradasi butiran agregat halus
   b) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus
   c) Pemeriksaan berat volume agregat halus
   d) Pemeriksaan kandungan lumpur
   e) Pemeriksaan kadar air
   f) Pemeriksaan zat organik
2) Karakterikstik agregat kasar (Split)
   a) Gradasi butiran agregat kasar
   b) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar
   c) Pemeriksaan berat volume dalam agregat kasar
   d) Pemeriksaan kandungan lumpur
   e) Pemeriksaan kadar air
   f) Pengujian abrasi

b. Karakteristik beton

Data yang diperlukan pada karakteristik beton didapatkan pada pengujian sebagai berikut

1) Kuat tekan silinder
2) Kuat lentur balok

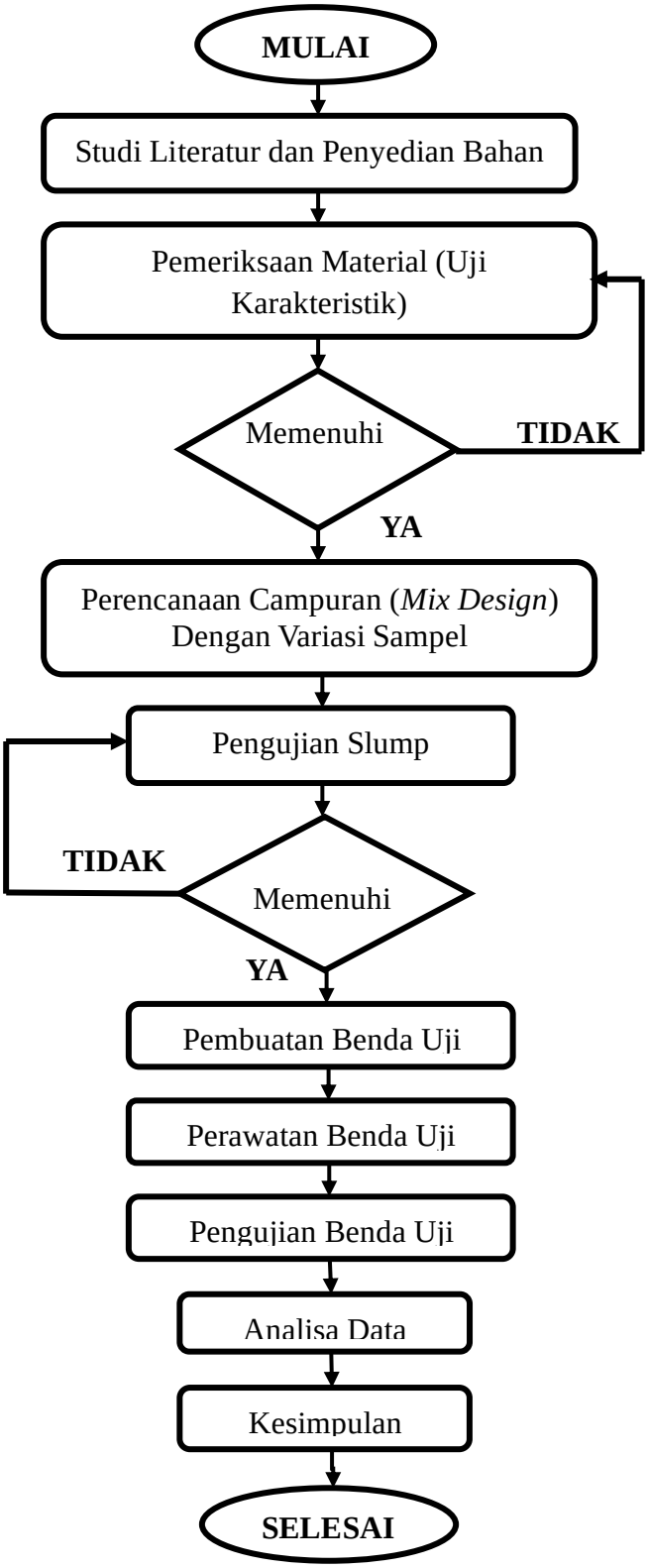
2. Data Sekunder

Data sekunder sebagai pendukung merupakan gambaran pada ruang lingkup studi. Pengumpulan data sekunder merupakan pengumpulan data bahan tambah campuran keramik dan *Sikacim Concrete Additive,* serta panduan praktikum pelaksanaan pengujian kuat tekan dilakukan secara tidak langsung dari tulisan seperti buku-buku teori, buku laporan, peraturan-peraturan, serta situs internet yang berkaitan dengan penelitian, maupun hasil kajian literatur.

F. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dipakai pada penelitian ini menggunakan analisa parametrik deskriptif. Data hasil uji kuat tekan dan lentur beton yang diperoleh dari pembagian antara beban maksimum benda uji dengan luas penampang benda uji, selanjutnya data akan disajikan dalam tabel maupun grafik sehingga kita dapat mengetahui peringkat yang dihasilkan pada umur rencana. Dari analisis ini kita dapat mengetahui karakteristik kualitas benda uji beton normal berdasarkan variasi penambahan pecahan keramik dan *Sikacim Concrete Additive* terhadap kuat tekan dan lentur beton.

G. Diagram Alir



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar, agregat halus dan agregat. Hasil pengujian agregat ditunjukkan pada rekapitulasi dari percobaan-percobaan yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut:

1. Agregat Halus

Tabel 4. 1 Rekap pengujian agregat halus (Sumber : Hasil olah data)

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	2,3%	2,0%	2,18%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	No. 2	No. 2	No. 2	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	3,52%	3,09%	3,31%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1,42	1,42	1,42	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1,60	1,58	1,59	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1,83%	1,90%	1,86%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,27	2,55	2,41	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,18	2,44	2,31	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,22	2,48	2,35	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	3,12	3,21	3,17	Memenuhi

Dari pengujian agregat halus diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar lumpur agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat halus diatas yaitu 2,18%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari batas maksimum 5% yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu.

b. Kadar organik agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar organik agregat halus diatas sampel menunjukkan warna kekeruhan di angka No.2 pada standar warna yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut memiliki tingkat kadar organik terbilang rendah sehingga memenuhi persyaratan untuk digunakan dalam campuran beton tanpa perlu dicuci terlebih dahulu.

c. Kadar air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar air agregat halus di atas yaitu 3,31%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 2,00%-5,00% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

d. Berat volume agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat volume agregat halus kondisi lepas diatas yaitu 1,42 sedangkan pengujian berat volume agregat halus kondisi padat yaitu 1,59, dari ke 2 (dua) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu 1,59, dari ke 2 (dua) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara

interval 1,4-1,9 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat halus tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

e. Penyerapan air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian penyerapan air agregat halus di atas yaitu 1,86%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval dari 0,2%-2% hal ini menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut memenuhi persyaratan yang digunakan untuk campuran beton.

f. Berat jenis agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat jenis nyata diatas yaitu 2,41, berat jenis kering yaitu 2,31, dan berat jenis kering permukaan yaitu 2,35, dari ke 3 (tiga) hasil tersebut telah sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,6-3,3 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton. Berat jenis adalah parameter yang menggambarkan massa per satuan volume material dan mempengaruhi sifat-sifat beton, termasuk kekuatan dan kerja campuran.

g. Modulus kehalusan agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian modulus kehalusan agregat halus diatas yaitu 3,17, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,50-3,80 yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton. Modulus kehalusan adalah parameter yang menggambarkan distribusi ukuran butiran agregat halus dan mempengaruhi sifat-sifat beton, termasuk kekuatan dan kerja campuran.

2. Agregat Kasar

Tabel 4. 2 Rekap hasil pengujian agregat kasar (Sumber : Hasil olah data)

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0,9%	0,98%	0,95%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	23%	28%	25,5%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	0,50%	0,70%	0,60%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,61	1,59	1,60	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,63	1,60	1,62	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	0,30%	0,40%	0,35%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,53	2,56	2,54	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,51	2,54	2,52	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,52	2,55	2,53	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6,68	6,73	6,71	Memenuhi
8	Berat volume pecahan keramik					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,07	1,08	1,08	Tidak Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,15	1,15	1,15	Tidak Memenuhi

Dari pengujian agregat kasar diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar Lumpur

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat kasar diatas didapatkan hasil 0,95%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 1% yang menunjukkan bahwa material agregat kasar tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu.

b. Keausan Agregat

Dari pengujian tingkat keausan agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeless* diatas didapatkan hasil 25,5% yang nilainya lebih kecil dari 50% sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar Air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil 0,60% yang nilainya lebih kecil dari 2 % sehingga agregat kasar dapat digunakan pada campuran beton.

d. Berat Volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar didapatkan hasil 1,60 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,62 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 1,9 kg/liter sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

e. Penyerapan Air

Dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil 0,35% yang nilainya masih dalam interval maksimum 4 % sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

f. Berat Jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil 2,54. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,52. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,53, yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6–3,3 sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

g. Modulus Kehalusan

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar SNI, interval untuk modulus kehalusan yaitu berada antara 6,0-8,0. Sedangkan hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu 6,71 adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran beton.

h. Berat Volume Pecahan Keramik

Dari pengujian berat volume rongga pecahan keamik sebagai bahan tambah agregat kasar didapatkan hasil 1,08 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,15 yang keseluruhan nilainya tidak memenuhi interval 1,6 – 1,9 kg/liter agregat kasar.

B. Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Perencanaan campuran beton dihitung menggunakan metode SNI 7656:2012 dengan hasil data sebagai berikut :

Diketahui data material:

Mutu beton	= 25 Mpa
Slump	= 60-180 mm
Ukuran agregat maksimum	= 20
Berat kering oven agregat kasar	= 1,615
BJ semen tanpa tambahan udara	= 3,08
Modulus kehalusan agregat halus	= 3,17
Berat jenis (SSD) agregat halus	= 2,35
Berat jenis (SSD) agregat kasar	= 2,53
Penyerapan air agregat halus	= 1,86%

Penyerapan air agregat kasar = 0,35%

Kadar Air agregat halus = 3,31%

Kadar Air agregat kasar = 0,60%

Berat Volume Pecahan Keramik = 1,15%

Perhitungan

1. Deviasi Standart

   Fc' = 25 Mpa

2. Deviasi Standart

Tabel 4. 3 Tabel nilai deviasi (kg/cm^2) untuk berbagai volume pekerjaan dan mutu pelaksanaan di lapangan (Sumber: SNI 03-2834-2000)

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7
Tanpa Kendaili	8,4

Digunakan mutu pengendalian dengan tingkat jelek dikarenakan peneliti sebelumnya tidak pernah melakukan penelitian atau tidak ada pengalaman sama sekali.

3. Nilai tambah (margin)

   M = 1,64 x SR

   = 1,64 x 7

   = 11,48 Mpa ≅ 12 Mpa

4. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan

   $fc\ target = f'c + m$

$= 25 + 12$

$= 37$ Mpa

5. Jenis Semen

   Semen Portland Tipe 1

6. Jenis Agregat

   Ageregat Halus = Alami

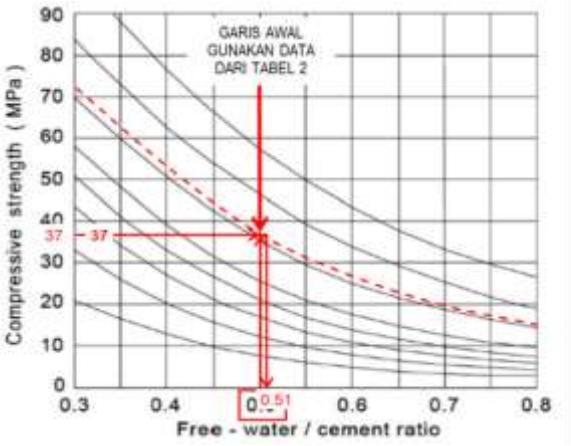
   Agregat Kasar = Batu Pecah

7. Faktor Air Semen Bebas

   = 0,51 Mpa

Tabel 4. 4 Perkiraan kekuatan tekan (Mpa) dengan faktor air semen, dan agregat kasar (Sumber : SNI 03-02-2834)

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				
		Umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Uji
Semen Portland Tipe 1	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulvat	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
Tipe II,V	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portlan Tipe III	Batu tidak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tidak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 4. 1 Grafik perkiraan faktor air semen
Sumber: (SNI 03-2834:2000)

f'c rencana = 25 Mpa

f'c target = 36,48 Mpa

fas pakai = 0,51

8. Faktor Air Semen Maksimum

= 0,60

Tabel 4. 5 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (Sumber: SNI 03-2834:2000)

Lokasi	Jumlah Semen minimum Per m^3 beton (kg)	Nilai Faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan:		
a. air tawar		
b. air laut		Lihat Tabel 6

9. Slump

Biasanya untuk pengecoran di dalam indor slump yang mudah dikerjakan adala 10 ± 2, atau setara dengan 8 cm – 12 cm, yang dimana didalam grafik slump pada SNI dikategorikan pada wilayah :

= 60 – 180

10. Ukuran Agregat Maksimum

= 20 mm

Tabel 4. 6 Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (Sumber: SNI 03-2834:2000)

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

11. Kadar Air Bebas

Wh = 195

Wk = 225

Wh adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus, sedangkan wk adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

$W = \frac{2}{3} \text{ x } Wh + \frac{1}{3} \text{ x } Wk$

$W = \frac{2}{3} \text{ x } 195 + \frac{1}{3} \text{ x } 225$

W = 205,00 kg/m^3

12. Kadar Semen

Jika FAS max lebih besar dari FAS bebas maka digunakan :

C = W / FAS Max

Jika FAS Max lebih kecil dari FAS bebas maka digunakan :

C = W / FAS Bebas

Karena FAS max yang diperoleh lebih besar dari FAS bebas, maka :

C = W / FAS Max

C = 401,50 Kg/m^3

13. Kadar Semen Minimum

= 325,00 Kg/m^3

14. Faktor Air Semen Yang di Sesuaikan

= 01,50 Kg/m^3

15. Susunan Besar Butir Agregat Halus

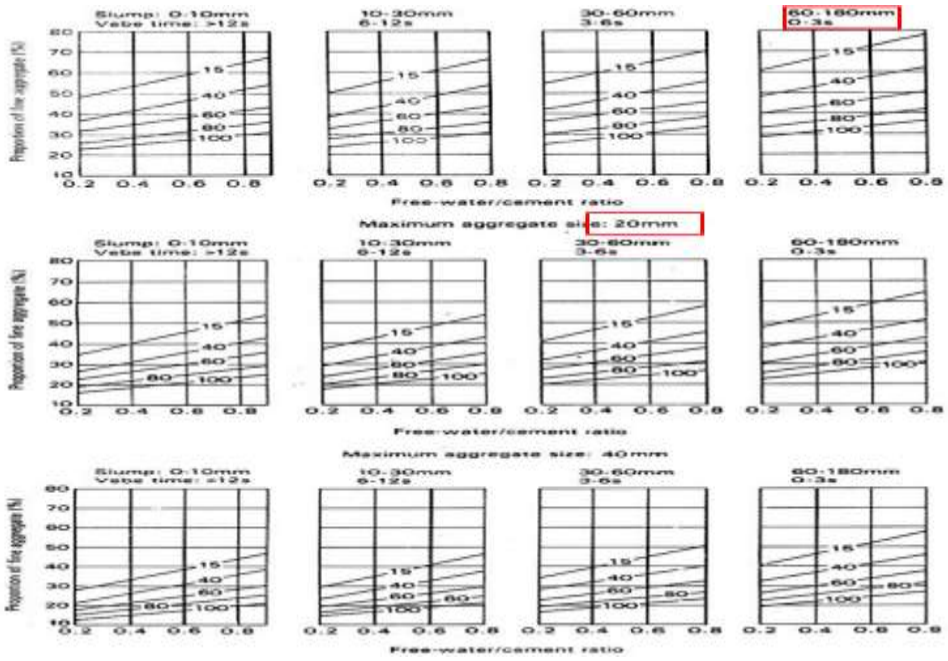
Jenis pasir = Sedang

16. Berat Jenis Agregat

Berat Jenis Agregat Halus = 2,35

Berat Jenis Agregat Kasar = 2,53

17. Persen Agregat Halus



Gambar 4. 2 Perkiraan Persen Agregat
Sumber: (SNI 03-2834:2000)

Persen Agregat Halus = 59 % + 25 % / 2

= 41 %

Persen Agregat Kasar = 100 % - Persen Agregat Halus

= 100 % - 41 %

= 59 %

18. Berat Jenis Relatif Agregat Gabungan

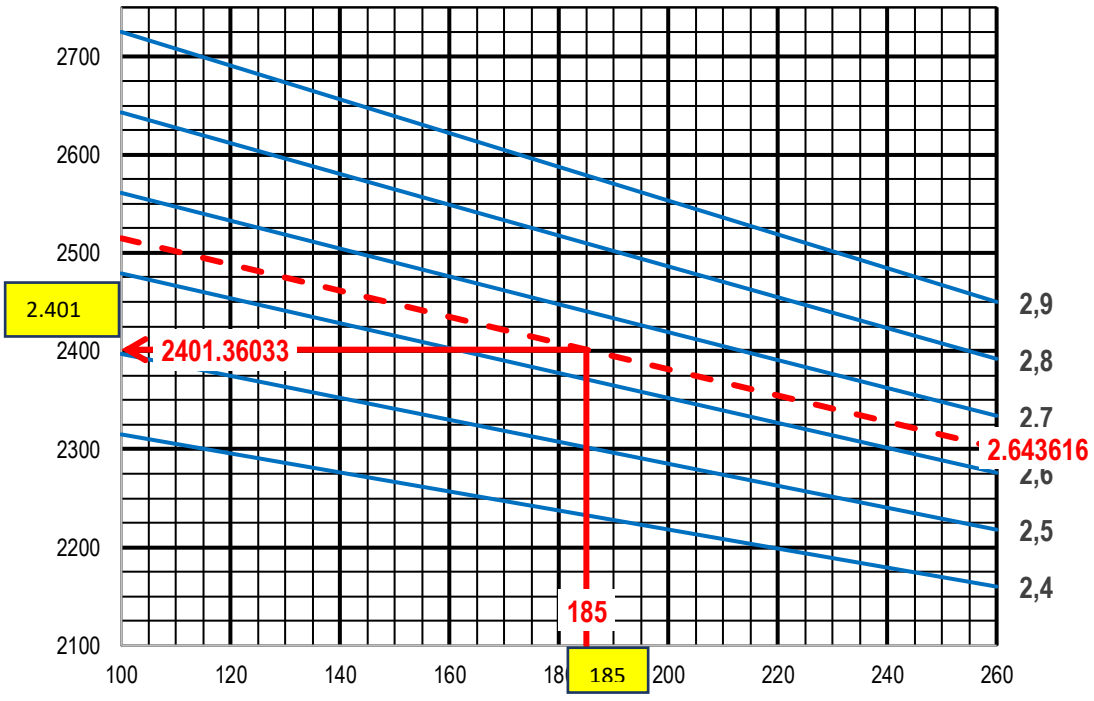
Berat jenis agregat gabungan dihitung dengan persamaan

Bj Ag.Gab = (Persen Ag.Halus x Bj.Ag.Halus) + (Persen Ag.Kasar x Bj.Ag.Kasar)

= 251%

= 2,51

19. Berat Isi Beton



Gambar 4. 3 Grafik perkiraan berat isi beton
Sumber: (SNI 03-2834:2000)

Berat isi beton = 2.401 kg/m^3

20. Kadar Agregat Gabungan

Kadar agregat gabungan dihitung menggunakan persamaan :

Kadar Ag.gab = Berat isi beton – Kadar semen – Kadari air bebas

Kadar Ag.gab = 1794,5 kg/m^3

21. Kadar Agregat Halus

Kadar Ag.halus = Persen agregat halus x Kadar Ag.gabungan

= 628,08 kg/m^3

22. Kadar Agregat Kasar

Kadar Ag.Kasar = Kadar agregat gabungan – Kadar agregat halus

= 1166,43 kg/m^3

23. Koreksi Terhadap Kadar Air

Pengujian kadar air terhadap material dilakukan sebelum hendak melakukan proses pencampuran untuk pengujian kadar air bisa dilihat pada SNI 03-1971-1990.

Misal, kadar air yang didapat :

Ag.Kasar = 0,60%

Ag.Halus = 3,31%

Sehingga berat massa penyesuaian berdasarkan kadar air adalah :

Ag.Kasar (Basah) = 0,60 % x 1166,43 = 6,998 kg

Ag.Halus (Basah) = 3,31% x 628,08 = 20,789 kg

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampur dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan, maka :

Air yang diberikan Ag.kasar = 0,35% x 1166,43 = 4,082 kg

Air ang diberikan Ag.halus = 1,86% x 628,08 = 11,682 kg

Dengan demikian kebutuhan air adalah sebagai berikut :

205,0 – 27,787 + 15,764 = 192,977 kg

Maka perkiraan 1 m^3 beton adalah sebagi berikut

Air (yang ditambahkan) = 193 kg

Semen = 401,50 kg

Ag.Kasar = 1169,37 kg

Ag.Halus = 637,13 kg

24. Kebutuhan campuran bahan untuk 1 m3 beton

Tabel 4. 7 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk 1 m^3 beton (Sumber : Hasil olah data)

Bahan material beton	Berdasarkan Koreksi terhadap kadar air (kg)	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolute (kg)
Air (berat bersih)	193	205	205
Semen	401,50	401,5	401,5
Ag. Kasar (kering)	1169,37	1166,43	1166,43
Ag. Halus (kering)	637,13	628,08	628,08

Perbandingan berat = W semen : W pasir : W kerikil : W air

1	1,56	2,90	0,51

25. Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Silinder Beton :

Dibutuhkan beton berbentuk silinder = 9 silinder beton

Diameter (d) = 0,15 m

Tinggi (h) = 0,3 m

Volume 1 silinder = $\frac{1}{4}\pi d^2 h$

= $\frac{1}{4}3{,}14 \times 0{,}15^2 \times 0{,}30$

= 0,0053014 m^3

Volume total silinder = Vo1ume 1 silinder × Jumlah beton silinder

= 0,0053014 m^3 × 9

= 0,04771 m^3

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume silinder sebesar 15 %.

Volume tambahan = Vol. 9 silinder x 15%

= 0, 04771 m^3 x 15%

= 0,00716 m^3

Volume total = Vol. total silinder + Vol. Tambahan

= 0,04771 m^3 + 0.00716 m^3

= 0,05487 m^3

a. Kebutuhan Beton Normal

Tabel 4. 8 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk 9 silinder beton (Sumber : Hasil olah data)

Bahan material beton	Kebutuhan persatu kubik beton	Kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 9 selinder
W Semen	401,50 kg	2,45 kg	22,03 kg
W Pasir	637,13 kg	3,88 kg	34,96 kg
W Kerikil	1169,4 kg	7,13 kg	64,16 kg
W Air	193 kg	1,18 kg	10,59 kg

b. Untuk variasi pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0%

Kebutuhan volume pecahan keramik dan Sikacim Concrete Additive

Vol. Kerikil = B. Kerikil / BV. Kerikil

= 1169,4 / 1615,1

= 0,724 m^3

Volume Keramik 5% = V. Kerikil × 5%

= 0,724 m^3 × 5%

= 0,0362 m^3

Berat Keramik 5% = V. Kerikil × BV. Keramik

= 0,0362 m^3 × 1150

= 41,658 kg

Volume Kerikil 95% = V. Kerikil × 95%

= 0,724 m^3 × 95%

= 0,688 m^3

Berat Kerikil 95% = V. Kerikil × BV. Kerikil

= 0,688 m^3 × 1615,1

= 1110,9 kg

Berat Sikacim Concrete Additive = B. Semen × 0%

= 401.500 Kg × 0 %

= 0,001 L

Tabel 4. 9 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk variasi PK 5% + SCA 0%
(Sumber : Hasil olah data)

Bahan Material Beton	Kebutuhan persatu kubik beton	Kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 9 Silinder
W Semen	401,50 kg	2,45 kg	22,03 kg
W Pasir	637,13 kg	3,88 kg	34,96 kg
W Kerikil	1110,90 kg	6,77 kg	60,96 kg
W PK 5%	41,66 kg	0,25 kg	2,29 kg
W SCA 0%	0,00 L	0,00 L	0,00 L
W Air	193,00 kg	1,18 kg	10,59 kg

c. Untuk variasi pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,6%

Kebutuhan volume pecahan keramik dan *Sikacim Concrete Additive*

Vol. Kerikil = B. Kerikil / BV. Kerikil

= 1169,4 / 1615,1

= 0,724 m^3

Volume Keramik 5% = V. Kerikil × 5%

= 0,724 m^3 × 5%

= 0,036 m^3

Berat Keramik 5% = V. Kerikil × BV. Keramik

= 0,036 m^3 × 1150,73

= 41,658 kg

Volume Kerikil 95% = V. Kerikil × 95%

= 0,724 m^3 × 95%

= 0,688 m^3

Berat Kerikil 95% = V. Kerikil × BV. Kerikil

= 0,688 m^3 × 1615,07

= 1110,902 kg

Berat *Sikacim Concrete Additive* = B. Semen × 0,60%

= 401,500 Kg × 0,60%

= 2,409 L

Tabel 4. 10 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk variasi PK 5% + SCA 0,6% (Sumber : Hasil olah data)

Bahan material beton	Kebutuhan persatu kubik beton	Kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 9 Silinder
W semen	401,50 kg	2,45 kg	22,03 kg
W pasir	637,13 kg	3,88 kg	34,96 kg
W kerikil	1110,90 kg	6,77 kg	60,96 kg
W PK 5%	41,66 kg	0,25 kg	2,29 kg
W SCA 0,6%	2,41 L	0,01 L	0,13 L
W air	164,05 kg	1,00 kg	9,00 kg

d. Untuk variasi pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,8%

Kebutuhan volume pecahan keramik dan *Sikacim Concrete Additive*

Vol. Kerikil = B. Kerikil / BV. Kerikil

= 1169,4 / 1615,1

= 0,724 m^3

Volume Keramik 5% = V. Kerikil × 5%

= 0,724 m^3 × 5%

= 0,036 m^3

Berat Keramik 5% = V. Kerikil × BV. Keramik

= 0,036 m^3 × 1150,73

= 41,658 kg

Volume Kerikil 95% = V. Kerikil × 95%

= 0,724 m^3 × 95%

= 0,688 m^3

Berat Kerikil 95% = V. Kerikil × BV. Kerikil

= 0,688 m^3 × 1615,07

= 1110,902 kg

Berat *Sikacim Concrete Additive* = B. Semen × 0,80%

= 401.500 Kg × 0,80%

= 3,212 L

Tabel 4. 11 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk variasi PK 5% + SCA 0,8% (Sumber : Hasil olah data)

Bahan material beton	Kebutuhan persatu kubik beton	Kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 9 Silinder
W semen	401,50 kg	2,45 kg	22,03 kg
W pasir	637,13 kg	3,88 kg	34,96 kg
W kerikil	1110,90 kg	6,77 kg	60,96 kg
W PK 5%	41,66 kg	0.25 kg	2,29 kg
W SCA 0,8%	3,21 L	0,02 L	0,18 L
W air	164,05 kg	1,00 kg	9,00 kg

26. Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Balok Beton :

Dibutuhkan beton berbentuk balok = 2 Balok Beton

Lebar (b) = 0,15 m

Tinggi (h) = 0,15 m

Panjang (l) = 0,60 m

Volume 1 balok = 0,0135 m^2

Volume total balok = 0,027 m^2

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume balok sebesar 15%

Volume tambahan = 0,00405 m^2

Vol. total = Vol. total balok+Vol. tambahan = 0,03105 m^2

a. Beton Normal

Tabel 4. 12 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk beton normal (Sumber : Hasil olah data)

Bahan material beton	Kebutuhan persatu kubik beton		Kebutuhan persatu balok beton		Kebutuhan 2 balok	
W Semen	401,50	kg	6,23	kg	12,47	kg
W Pasir	637,13	kg	9,89	kg	19,78	kg
W Kerikil	1110,90	kg	17,25	kg	34,49	kg
W Air	164,05	kg	2,55	kg	5,09	kg

b. Untuk variasi pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0%

Kebutuhan volume pecahan keramik dan *Sikacim Concrete Additive*

Vol. Kerikil = B. Kerikil / BV. Kerikil

= 1110,9 / 1615,1

= 0,688 m^3

Volume Keramik 5% = V. Kerikil × 5%

= 0,688 m^3 × 5%

= 0,0344 m^3

Berat Keramik 5% = V. Kerikil × BV. Keramik

= 0,0344 m^3 × 1150,73

= 39,576 kg

Volume Kerikil 95% = V. Kerikil × 95%

= 0,688 m^3 × 95%

= 0,653 m^3

Berat Kerikil 95% = V. Kerikil × BV. Kerikil

= 0,653 m^3 × 1615,0,7

= 1055,357 kg

Berat *Sikacim Concrete Additive* = B. Semen × 0%

= 401.500 Kg × 0 %

= 0.001 L

Tabel 4. 13 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk variasi PK 5% + SCA 0% (Sumber : Hasil olah data)

Bahan Material Beton	Kebutuhan persatu kubik beton		Kebutuhan persatu balok beton		Kebutuhan 2 balok	
W Semen	401,50	kg	6,23	kg	12,47	kg
W Pasir	637,13	kg	9,89	kg	19,78	kg
W Kerikil	1055,36	kg	16,38	kg	32,77	kg
W PK 5%	39,58	kg	0,61	kg	1,23	kg
W SCA 0%	0,00	L	0,00	L	0,00	L
W Air	164,05	kg	2,55	kg	5,09	kg

c. Untuk variasi pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,6%

Kebutuhan volume pecahan keramik dan *Sikacim Concrete Additive*

Vol. Kerikil = B. Kerikil / BV. Kerikil

= 1110,9 / 1615,1

= 0,688 m^3

Volume Keramik 5% = V. Kerikil × 5%

= 0,688 m^3 × 5%

= 0,034 m^3

Berat Keramik 5% = V. Kerikil × BV. Keramik

= 0,034 m^3 × 1150,73

= 39,576 kg

Volume Kerikil 95% = V. Kerikil × 95%

= 0,688 m^3 × 95%

= 0,653 m^3

Berat Kerikil 95% = V. Kerikil × BV. Kerikil

= 0,653 m^3 × 1615,07

= 1055,357 kg

Berat *Sikacim Concrete Additive* = B. Semen × 0,60%

= 401.500 Kg × 0,60 %

= 2,409 L

Tabel 4. 14 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk variasi PK 5% + SCA 0,6% (Sumber : Hasil olah data)

Bahan material beton	kebutuhan persatu kubik beton		kebutuhan persatu balok beton		Kebutuhan 2 balok	
W semen	401,50	kg	6,23	kg	12,47	kg
W pasir	637,13	kg	9,89	kg	19,78	kg
W kerikil	1055,36	kg	16,38	kg	32,77	kg
W PK 5%	39,58	kg	0,61	kg	1,23	kg
W SCA 0,6%	2,41	L	0,04	L	0,07	L
W air	139,44	kg	2,16	kg	4,33	kg

d. Untuk variasi pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,8%

Kebutuhan volume pecahan keramik dan *Sikacim Concrete Additive*

Vol. Kerikil = B. Kerikil / BV. Kerikil

= 1110,9 / 1615,1

= 0,688 m^3

Volume Keramik 5% = V. Kerikil × 5%

= 0,688 m^3 × 5%

= 0,034 m^3

Berat Keramik 5% = V. Kerikil × BV. Keramik

= 0,034 m^3 × 1150,73

= 39,576 kg

Volume Kerikil 95% = V. Kerikil × 95%

= 0,688 m^3 × 95%

= 0,653 m^3

Berat Kerikil 95% = V. Kerikil × BV. Kerikil

= 0,653 m^3 × 1615,07

= 1055,357 m^3

Berat *Sikacim Concrete Additive* = B. Semen × 0,80%

= 401.500 Kg × 0,80 %

= 3,212 L

Tabel 4. 15 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk variasi PK 5% + SCA 0,8% (Sumber : Hasil olah data)

Bahan material beton	Kebutuhan persatu kubik beton		Kebutuhan persatu balok beton		Kebutuhan 2 balok	
W semen	401,50	kg	6,23	kg	12,47	kg
W pasir	637,13	kg	9,89	kg	19,78	kg
W kerikil	1055,36	kg	16,38	kg	32,77	kg
W PK 5%	39,58	kg	0,61	kg	1,23	kg
W SCA 0,8%	3,21	L	0,05	L	0,10	L
W air	139,44	kg	2,16	kg	4,33	kg

C. Nilai Slump

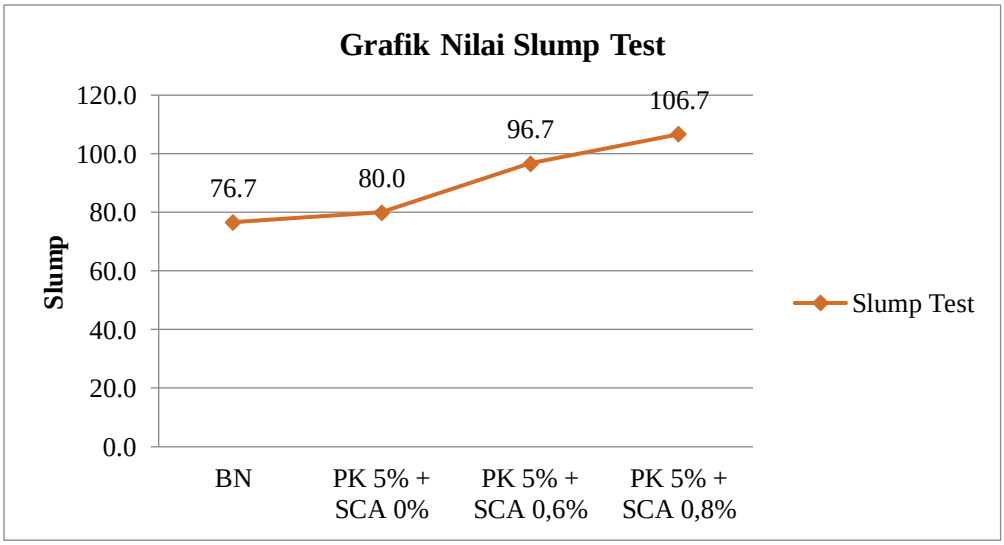
Berbeda dengan nilai slump yang digunakan untuk menilai konsistensi beton dan workability pada kondisi tertentu, hasil pemeriksaan slump test digunakan untuk melihat perubahan kadar air campuran beton. Semakin rendah nilai slump, semakin kental beton tersebut, dan proses pemadatan atau pekerjaan beton akan semakin sulit dan memakan waktu. Lebih mudah untuk diterapkan dan tidak memakan banyak waktu selama proses pemadatan saat bekerja atau bekerja saat memadatkan.

Kerucut Abrams digunakan untuk menilai validitas tes Slump. Kerucut Abrams pertama kali dibasahi sebelum diletakkan di permukaan yang rata. Kerucut kemudian diisi dengan tiga lapis beton baru, yang bagian atasnya diratakan setelah tiap lapis diisi dengan 1/3 volume kerucut abrams dan ditusuk 25 kali, dengan tusukan berlanjut hingga dasar tiap lapis. Kerucut dinaikkan perlahan secara vertikal selama sekitar 30 detik, setelah itu nilai slump dihitung dengan mengukur tinggi campuran dan membandingkannya dengan tinggi kerucut.

Tabel 4. 16 Hasil pengujian nilai slump test (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

Variasi	Titik			Rata-Rata
	1	2	3	(mm)
	(mm)	(mm)	(mm)	
BN	70	90	70	76.7
PK 5% + SCA 0%	80	75	85	80.0
PK 5% + SCA 0,6%	90	105	95	96.7
PK 5% + SCA 0,8%	100	115	105	106.7

Berdasarkan tabel 4.16 diatas memberikan penjelasan tentang perbandingan nilai *Slump test* antara masing-masing variasi. Dimana pada keempat variasi beton yang didapatkan nilai *Slump test* yang memenuhi *slump* rencana dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 4 Perbandingan nilai slump pada setiap variasi

Berdasarkan gambar 4.4 dapat dilihat bahwa pada beton dengan variasi pecahan keramik 5% dan *Sikacim Concerete Additive* bertambah maka nilai slump mengalami kenaikan. Ini di karenakan *Sikacim Concrete Additive* menambah kelecakan dan keenceran adukan beton. Pada setiap penambahan variasi *Sikacim*

Concrete Additive mulai dari 0%, 0,6%, dan 0,8% mengalami kenaikan nilai slump dari 80 mm, 96,7 mm dan 106,7 mm yang artinya semakin bertambah *Sikacim Concrete Additive* maka semakin encer campuran beton.

D. Kuat tekan

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan uji kuat tekan terhadap benda uji Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan sebanyak 9 sampel yang terdiri dari 4 variasi campuran yaitu beton normal, Pecahan Keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0%, Pecahan Keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,6%, dan Pecahan Keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,8%. Untuk masing-masing variasi campuran disiapkan 3 sampel silinder dengan ukuran benda uji 150 x 300 mm. Sebelum melakukan uji kuat tekan beton maka terlebih dahulu melakukan penimbangan benda uji untuk setiap variasi yang akan dijadikan sampel uji.

Adapun hasil dari pengujian kuat tekan yang diperoleh sebagai berikut :

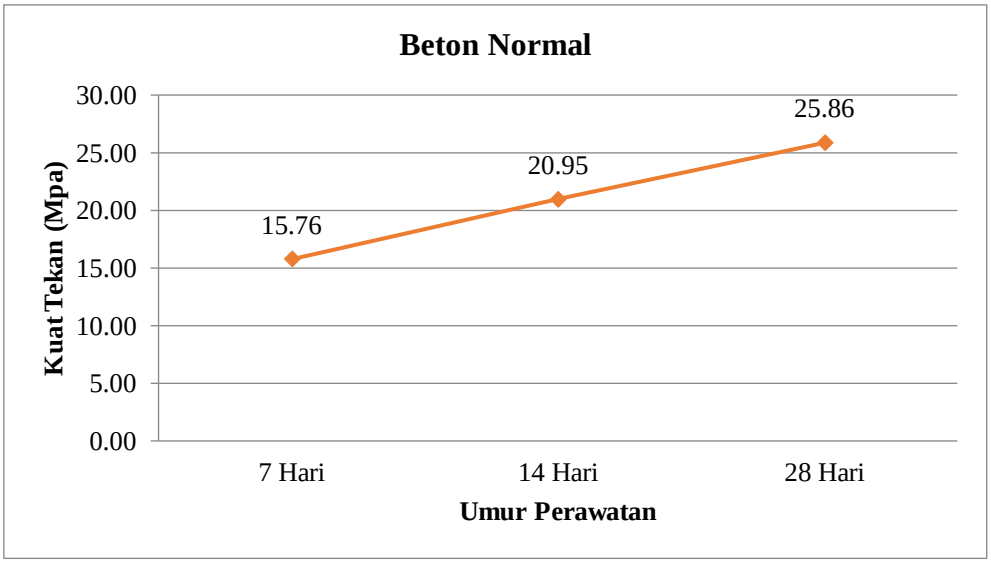
1. Beton normal

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton normal yang didapat pada pengujian 7, 14, dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Rekap hasil kuat tekan beton normal (Sumber : Hasil olah data)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12,37	278,3	15,76
2	14 Hari	12,03	370	20,95
3	28 Hari	12,20	456,6	25,86

Pada pengujian sampel uji dengan beton normal dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 15,76 MPa pada umur 7 hari, 20,95 MPa untuk umur 14 hari belum memenuhi kuat tekan rencana dan 25,86 MPa pada umur 28 hari memenuhi kuat tekan yang di rencanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Grafik pengujian kuat tekan beton normal

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton normal mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 5,19 Mpa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 4,91 Mpa.

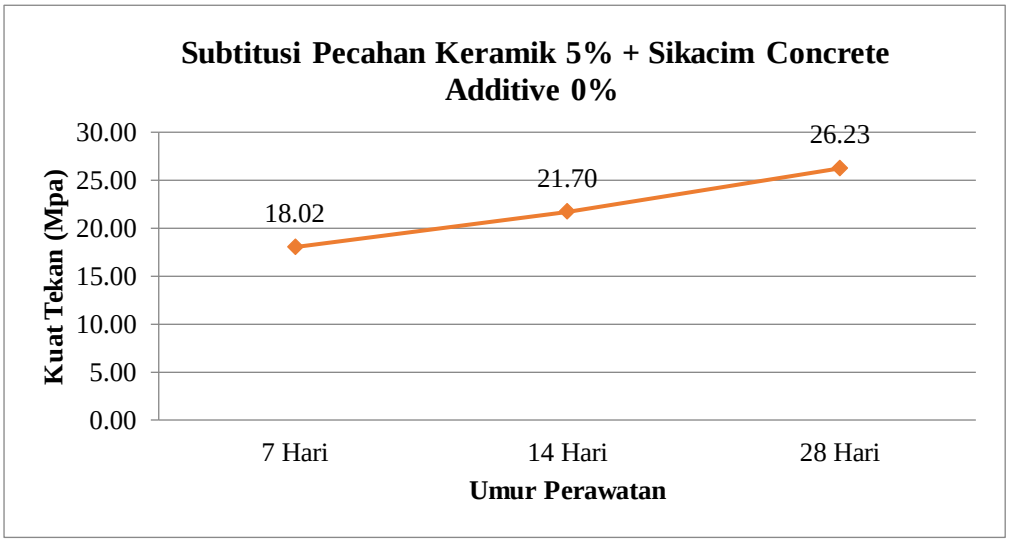
2. Pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0%

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete* 0% yang didapat pada pengujian 7, 14, dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 18 Rekap hasil kuat tekan beton untuk variasi PK 5% + SCA 0% (Sumber : Hasil olah data)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12,053	318	18,02
2	14 Hari	12,128	383	21,70
3	28 Hari	12,207	463	26,23

Pada pengujian sampel uji dengan beton pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0% dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 18,02 MPa pada umur 7 hari, 21,70 MPa untuk umur 14 hari belum memenuhi kuat tekan rencana dan 26,23 MPa pada umur 28 hari memenuhi kuat tekan yang direncanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 6 Grafik pengujian kuat tekan beton variasi PK 5% +SCA 0%

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton dengan variasi penambahan 5% pecahan keramik + *Sikacim Concrete Additive* 0% mengalami peningkatan dari beton berumur 7 hari ke 14 hari sebesar 3,68 Mpa, dan untuk beton berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 4,53 Mpa.

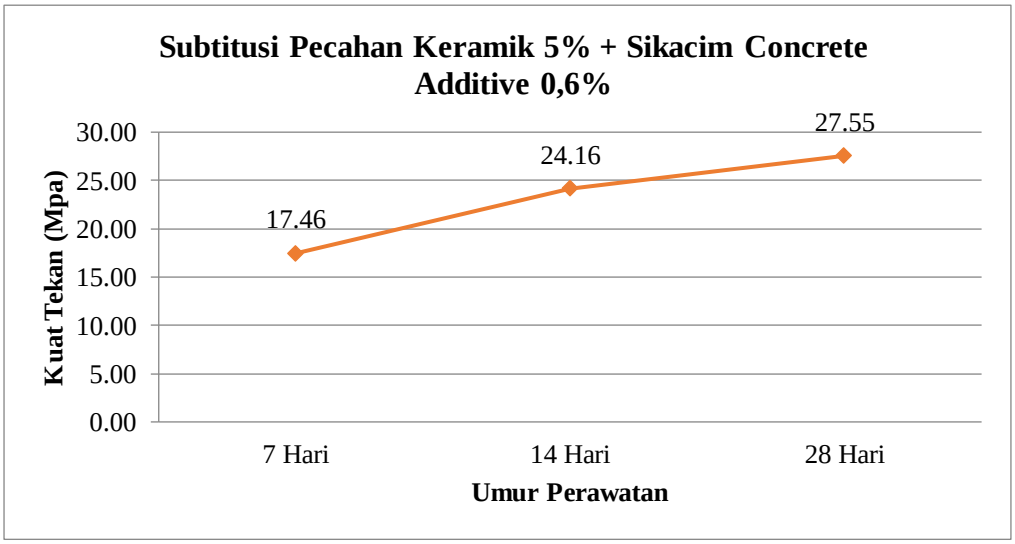
3. Pecahan keramik 5% + *Sikacim Concerete Additive* 0,6%

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,6% yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 19 Rekap hasil kuat tekan beton untuk variasi PK 5% + SCA 0,6% (Sumber : Hasil olah data)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12,317	308	17,46
2	14 Hari	12,448	427	24,16
3	28 Hari	12,087	487	27,55

Pada pengujian sampel uji dengan beton pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,6% dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 17,46 MPa pada umur 7 hari, 24,16 MPa untuk umur 14 hari belum memenuhi kuat tekan rencana dan 27,55 MPa pada umur 28 hari memenuhi kuat tekan rencana dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 7 Grafik pengujian kuat tekan beton variasi PK 5% +SCA 0,6%

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton dengan variasi penambahan 5% pecahan keramik + *Sikacim Concrete Additive* 0,6% mengalami peningkatan dari beton berumur 7 hari ke 14 hari sebesar 6,70 Mpa, dan untuk beton berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 3,39 Mpa.

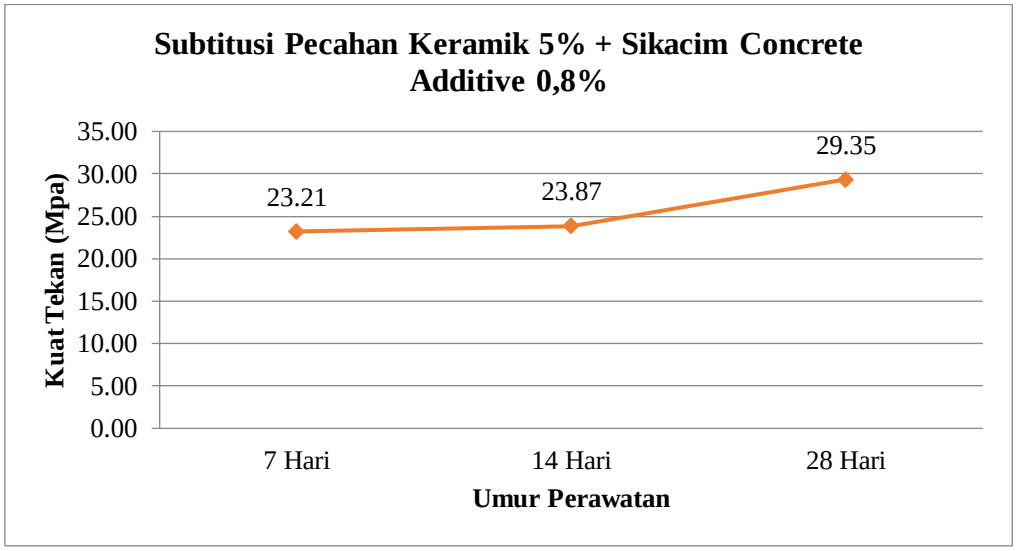
4. Pecahan keramik 5% + *Sikacim Concerete Additive* 0,8%

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,8% yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 20 Rekap hasil kuat tekan beton untuk variasi PK 5% + SCA 0,8% (Sumber : Hasil olah data)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	11,982	410	23,21
2	14 Hari	12,170	422	23,87
3	28 Hari	12,257	518	29,35

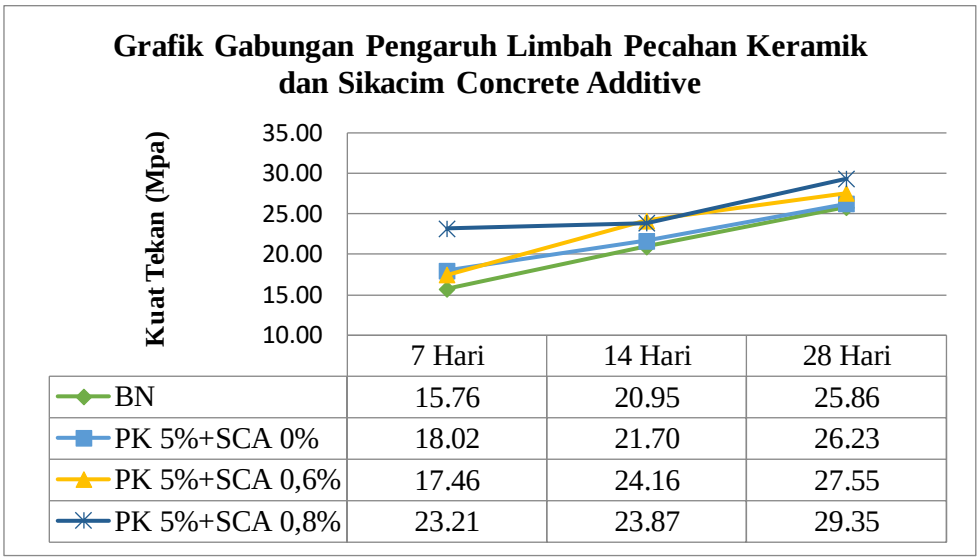
Pada pengujian sampel uji dengan beton pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,8% dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 23,21 MPa pada umur 7 hari, 23,87 MPa untuk umur 14 hari belum memenuhi kuat tekan rencana, dan 29,35 MPa pada umur 28 hari kuat tekan mengalami peningkatan sehingga memenuhi kuat tekan direncanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 8 Grafik pengujian kuat tekan beton variasi PK 5% +SCA 0,8%

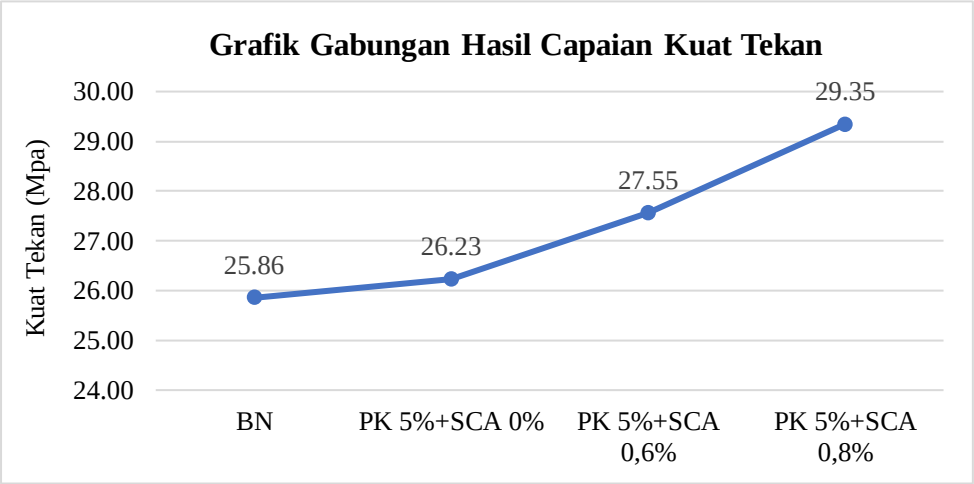
Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton dengan variasi penambahan 5% pecahan keramik + *Sikacim Concrete Additive* 0,8% mengalami peningkatan dari beton berumur 7 hari ke 14 hari sebesar 0,66 Mpa, dan untuk beton berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 5,48 Mpa.

Berikut adalah grafik gabungan penggunaan pecahan keramik dan *Sikacim Concrete Additive* sebagai subtitusi campuran beton terhadap kuat tekan beton :



	7 Hari	14 Hari	28 Hari
BN	15.76	20.95	25.86
PK 5%+SCA 0%	18.02	21.70	26.23
PK 5%+SCA 0,6%	17.46	24.16	27.55
PK 5%+SCA 0,8%	23.21	23.87	29.35

Gambar 4. 9 Grafik gabungan pengaruh PK dan SCA pada beton



Gambar 4. 10 Grafik gabungan hasil capaian kuat tekan

Pada grafik di atas, terlihat bahwa variasi beton dengan 5% pecahan keramik tanpa penambahan *Sikacim Concrete Additive* mengalami peningkatan kuat tekan yang signifikan sebesar 0,37 MPa dari beton normal dan memenuhi target kuat tekan yang direncanakan. Pada variasi beton dengan 5% pecahan keramik dan penambahan *Sikacim Concrete Additive* sebesar 0,6%, kuat tekan meningkat menjadi 1,32 MPa. Selanjutnya, pada variasi beton dengan 5% pecahan keramik dan penambahan *Sikacim Concrete Additive* sebesar 0,8%, kuat tekan masih meningkat, yaitu sebesar 1,80 MPa. Berdasarkan grafik tersebut, penggunaan pecahan keramik sebesar 5% dengan penambahan *Sikacim Concrete Additive* 0,6% dan 0,8% efektif dalam meningkatkan kuat tekan beton. Peningkatan kuat tekan terjadi seiring dengan peningkatan persentase *Sikacim Concrete Additive*. Hal ini disebabkan oleh penggunaan pecahan keramik dalam jumlah yang lebih kecil bersamaan dengan bahan tambahan *Sikacim Concrete Additive* yang mempengaruhi nilai kuat tekan beton.

E. Kuat Lentur

Setelah melalui proses pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat lentur terhadap benda uji tersebut. Pengujian kuat lentur dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan benda uji berupa balok dengan ukuran panjang 60 cm dan diameter 15 cm tinggi 15 cm. sebanyak 8 buah sampel yang terdiri dari beton normal, pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0%, pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,6%, dan pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,8%. Kemudian setiap benda uji yang akan dilakukan pengujian kuat lentur beton ditimbang terlebih dahulu.

Adapun hasil dari pengujian kuat lentur dengan umur perawatan 28 hari terhadap beton normal, pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0%, pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,6%, dan pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,8% adalah sebagai berikut:

1. Beton Normal

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton normal dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat lentur yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 21 Rekap hasil pengujian kuat lentur beton normal (Sumber : Hasil olah data)

Umur	Berat	Beban	L	b	d	Kuat Lentur
Hari	Kg	KN	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)
28	32.020	23	600	150	150	4.089
28	32.05	22	600	150	150	3.911
	32.035	**22.5**				**4.000**

2. Pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0%

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0% dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat lentur yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 22 Rekapitulasi hasil pengujian kuat lentur variasi PK 5%+SCA 0% (Sumber : Hasil olah data)

Umur	Berat	Beban	L	b	d	Kuat Lentur
Hari	Kg	KN	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)
28	30.490	23	600	150	150	4.089
28	31.795	23	600	150	150	4.089
	31.143	**23**				**4.089**

3. Pecahan keramik 5% + *Sikacim Concerete Additive 0*,6%

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,6% dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat lentur yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 23 Rekapitulasi hasil pengujian kuat lentur variasi PK 5%+SCA 0,6% (Sumber : Hasil olah data)

Umur	Berat	Beban	L	b	d	Kuat Lentur
Hari	Kg	KN	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)
28	31.005	24	600	150	150	4.267
28	31.1	23	600	150	150	4.089
	31.053	**23.5**				**4.178**

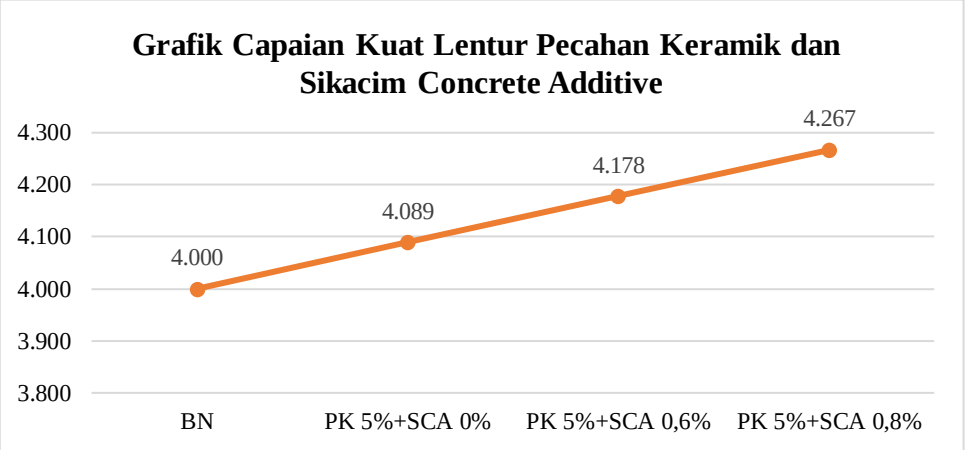
4. Pecahan keramik 5% + *Sikacim Concerete Additive* 0,8%

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton pecahan keramikm 5 % + *Sikacim Concrete Additive* 0,8% dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat lentur yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 24 Rekapitulasi hasil pengujian kuat lentur variasi PK 5%+SCA 0,8% (Sumber : Hasil olah data)

Umur	Berat	Beban	L	b	d	Kuat Lentur
Hari	**Kg**	**KN**	**(mm)**	**(mm)**	**(mm)**	**(MPa)**
28	31.490	24	600	150	150	4.267
28	29.055	24	600	150	150	4.267
	30.273	**24**				**4.267**

Berikut adalah grafik pengaruh penggunaan pecahan keramik dan *Sikacim Concrete Additive* terhadap kuat tekan lentur :



Gambar 4. 11 Grafik gabungan hasil capaian kuat lentur

Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa beton normal ke ke variasi beton dengan pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0% mengalami peningkatan kuat lentur sebesar 0,089 Mpa. Untuk variasi beton dengan pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,6% kuat lentur meningkat sebesar 0,178 Mpa. Kemudian variasi beton dengan pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,8% kuat lentur mengalami peningkatan sebesar 0,089 Mpa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada penelitian ini, didapatkan beton dengan variasi 5% pecahan keramik + *Sikacim Concrete Additive* 0% yaitu sebesar 26,23 Mpa. Di variasi beton dengan 5% pecahan keramik + *Sikacim Concrete Additive* 0,6%, kuat tekan meningkat menjadi 27,55 Mpa. Kemudian pada variasi beton dengan 5% pecahan keramik + *Sikacim Concrete Additive* 0,8%, kuat tekan masih meningkat, yaitu sebesar 29,35 MPa. Penggunaan pecahan keramik sebesar 5% dengan penambahan *Sikacim Concrete Additive* 0,6% dan 0,8% efektif dalam meningkatkan kuat tekan beton. Hal ini disebabkan oleh penggunaan pecahan keramik dalam jumlah yang lebih kecil bersamaan dengan bahan tambahan *Sikacim Concrete Additive* yang mempengaruhi nilai kuat tekan beton.
2. Berdasarkan hasil penelitian kuat lentur pada umur 28 hari beton dengan variasi pecahan keramik 5% tanpa *Sikacim Concrete Additive* mengalami peningkatan kuat lentur sebesar 4,089 Mpa. Variasi beton dengan pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,6% kuat lentur meningkat sebesar 4,178 Mpa. Kemudian variasi beton dengan pecahan keramik 5% + *Sikacim Concrete Additive* 0,8% kuat lentur

mengalami peningkatan sebesar 4,267 Mpa. Penggunaan pecahan keramik dalam jumlah yang lebih kecil bersamaan dengan bahan tambah *Sikacim Concrete Additive* mempengaruhi nilai kuat lentur beton secara positif.

B. Saran

1. Disarankan penelitian selanjutnya menggunakan campuran limbah pecahan keramik dengan persentase yang lebih bervariatif.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut jumlah persentase dalam penambahan *Sikacim concrete additive* pada campuran beton sehingga mungkin dapat meningkatkan mutu beton.
3. Disarankan penelitian selanjutnya untuk mengidentifikasi jenis keramik yang akan digunakan pada campuran beton.
4. Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar melakukan campuran pecahan keramik pada campuran agregat halus agar mendapatkan perbedaan dengan penelitian sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

Alfaton Mohammad, Z., Sunarsih Sri, E., & Agustin Sri, R. (2019) Kajian Pengaruh Limbah Keramik Dan Abu Terbang Sebagai Pengganti Sebagian Bahan Penyusun Beton Terhadap Berat Jenis Dan Kuat Tekan Beton. *IJCEE*. 5(2) : 69-77

Dumyati, A. (2015). Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Fropil.* 3(1):14.

Danusaputra, M., Setiawan, A., Yauri, A. (2023) Analisis Penggunaan Serbuk Kaca Dan Pecahan Keramik Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton. *Jurnal Ekonomi.* 18(1): 41-49

Febby Romaadhoni, S., Ridwan, A., Winarto, S., & Candra, A. I. (2019). Studi Experimen Kuat Tekan Beton Dengan Memanfaatkan Limbah Keramik Dan Bata Merah. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*. 2(1) : 86.

Hamdi, F., Lapian, F. E., Tumpu, M., Mansyur, Irianto, Mabui, D. D. S., Raidyarto, A., Sila, A. A., Masdiana., Rangan, P. R., & Hamkah. (1 C.E.). Teknologi Beton. In *Tohar Media* (Vol. 1, Issue 1).

Hermansyah, H., Suryanto, D., & Rasdiati, R. (2022). Pengaruh Penambahan Serbuk Limbah Keramik Terhadap Peningkatan Nilai Kuat Tekan Beton. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*. *5*(1) : 113.

Huda, A. S. (2013). Pengaruh Limbah Keramik Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Mutu Beton. *Core.Ac.Uk*, 1–13.

Komajaya E, Agustine D, Abdillah H, A. L. (2020). Kuat tekan beton dengan menggunakan limbah pecahan keramik sebagai bahan aggregat kasar ditambah dengan zat aditif. *Jimtek*, 1(1) : 5–10.

Lukman, M., Hakim, N., & Permana, S. (n.d.). (2021). Pengaruh Pemakaian Agregat Kasar Ex Pecahan Keramik Terhadap Mutu Beton. *Jurnal Konstruksi.* 19(1) : 147–156.

Mulyadi, A., & Sanutra, A. (2019). Analisis Limbah Pecahan Keramik Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton K . 200. *Dosen Fakultas Teknik Universitas Palembang*. : 8:14.

Mulyati, M., & Putra, E. H. (2021). Pengaruh Penggunaan Limbah Keramik, Serbuk Arang Briket Dan Sikacim Concrete Additive Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Ensiklopedia of Journal*. *3*(2) : 219-228.

Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: ANDI.

Mulyono, Tri. 2003, *Teknologi Beton*. Penerbit ANDI Yogyakarta.

Poerwodihardjo, F. E., & Sari, R. N. (2022). Scc Menggunakan Agregat Pecahan

Keramik. *TEODOLITA : Media Komunikasi Ilmiah Dibidang Teknik*. 23(2) : 65–75.

Purnama, S. A., & Sudibyo, T. (2018). Pengaruh Limbah Keramik dan Abu Terbang Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Bata Beton. In *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* . 3(3) : 161-170.

Purnamasari, E. (2023). Pengaruh Variasi Penambahan Limbah Pecahan Keramik Terhadap Kuat Tekan Beton. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 11(1): 88–94.

Revisdah., Utari, r. (2018). Pemanfaatn Limbah Keramik Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal.Umj.Ac.Id/Index.Php/Semnastek*. 1–10.

Safarizki, H. A., & Ristanto, I. (2019). Kajian Kuat Tekan Papercrete Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambah Limbah Keramik. *Jurnal Ilmiah Teknosains*. 4(2) : 69–75.

Setiawan, R. (2023). Pengganti Sebagian Agregat Kasar Untuk Beton Terhadap Absorpsi, Kuat Tekan, Dan Kuat Tarik Belah. : 1–10.

SNI-2847-2013. (n.d.). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Suria, A., Neneng, I., & Alamsyah, W. (2017). Pemanfaatan Limbah Pecahan Keramik Sebagai Agregat Kasar Campuran dan Pengaruhnya Terhadap Kuat Tekan Beton. *JURUTERA-Jurnal Umum Teknik.*

Teknis, L. D. (2022). *SikaCim Concrete Additive HIGH RANGE WATER REDUCING DESKRIPSI*. 2–4.

Teori, D., & Praktek, K. E. (2015). *Teknologi beton*. Diedit oleh Universitas Negeri. Jakarta: Lembaga Pengembangan Pendidikan – UNJ.

Tjokrodimuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada.

Unkris, F. T. (2022). Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Limbah Keramik Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar. *Jurnal Sipilkrisna*. 8(1):11–20.

Wulandari, K., & Sarasanty, D. (2022). Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Bahan Subtitusi Semen Pada Beton Mutu Tinggi. *Seminar Nasional Fakultas Teknik*. 1(1) : 354–359.