BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan struktur bangunan. Hal ini disebabkan bahan-bahannya mudah diperoleh, diolah dan kemajuan pengetahuan tentang teknologi beton telah dapat memenuhi tuntutan kebutuhan. Beton tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk masa padat. Macam-macam bahan tambah antara lain bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non kimia. Bahan tambahan *plasticizer* ialah bahan selain unsur pokok beton (semen, air dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Bahan tambahan *plasticizer* ini digolongkan sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan *workability*, dimana dengan memberikan bahan tambahan ini kadar air beton dapat dikurangi tanpa kehilangan workabilitas (kemudahan pengerjaannya). Oleh karenanya bahan ini diklasifikasikan secara umum sebagai bahan tambahan untuk mereduksi air (Fajar, dkk 2024).

Bahan tambahan *superplasticizer* ini bermanfaat bila ditambahkan pada beton segar yangi ngin dirubah sifatnya karena alasan tertentu, tetapi tidak dapat dimodifikasi dengan merubah proporsi dari komposisi campuran beton normalnya untuk membuat campuran yang kaku menjadi lebih plastis, dimana dibutuhkan kekuatan yang tinggi dalam hubungannya dengan workabilitas yang baik.

Penambahan *Superplasticizer* pada campuran beton segar menghasilkan peningkatan nilai slump dan kekuatan tekan beton yang signifikan. Pengurangan air dalam campuran beton berkisar antara 16,1% hingga 32,8%, sementara peningkatan kuat tekan berkisar antara 14,16% hingga 53,68%, tergantung pada target kuat tekan (fc'). Hasil ini menunjukkan bahwa *Superplasticizer* tidak hanya meningkatkan *workability* beton tetapi juga secara efektif meningkatkan kekuatan tekan (Umiati, 2020).

Kerang adalah hewan air yang termasuk hewan bertubuh lunak (moluska). Semua kerang-kerangan memiliki sepasang cangkang (disebut juga cangkok atau katup) yang biasanya simetri cermin yang terhubung dengan suatu ligamen (jaringan ikat). Pada kebanyakan kerang terdapat dua otot aduktor yang mengatur buka-tutupnya cangkang. Pada pengujian ini meggunakan jenis kerang Anadara Granosa (Kerang Darah). Menurut (Tamimah, dkk 2022) Penggunaan cangkang kerang sebagai pengganti sebagian agregat kasar dalam campuran beton menunjukkan bahwa cangkang kerang yang diteliti telah memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton. Penggunaan cangkang kerang lokan meningkatkan nilai slump seiring dengan bertambahnya variasi cangkang kerang dalam campuran beton. Selain itu, uji kuat tekan pada variasi 10% tidak menunjukkan penurunan nilai, yang mengindikasikan bahwa penambahan cangkang kerang pada proporsi tersebut masih dapat mempertahankan kekuatan beton.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton terhadap agregat yaitu perbandingan agregat dan semen campuran, kekuatan agregat, bentuk dan ukuran, tekstur permukaan, gradasi, reaksi kimia dan ketahanan terhadap panas.

Sifat beton yang mempengaruhi kekuatan beton adalah kemudahan pengerjaan, segregation dan bleeding. Adapun yang mempengaruhi klasifikasi beton berdasarkan beratnya adalah agregat kasar, sebab hampir 70% dariberat campuran diisi oleh agregat. Agar hasil yang diperoleh memuaskan, dibutuhkan pengenalan yang mendalam mengenai sifat-sifat yang berkaitan dengan suatu bahan yakni bahan-bahan penyusun beton tersebut. Kinerja yang menjadi perhatian penting para perencana struktur ketika merencanakan struktur yang menggunakan beton ada dua yaitu kekuatan tekan dan kemudahan pengerjaan. Penelitian yang dilakukan oleh peneliti beton terdahulu menghasilkan suatu kontradiksi. Untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tekan tinggi, penggunaan air atau faktor air terhadap semen haruslah kecil. Sayangnya, hal tersebut akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan. Dengan semakin majunya teknologi, hal ini tidak lagi menjadi masalah telah ditemukan bahan tambah untuk beton.Perkembangan teknologi beton dimasa ini menuntut dilakukannya usaha untuk meningkatkan kinerja beton yang dihasilkan, baik dari segi mutu, bahan maupun cara yang diterapkan, hal ini tidak lepas dari tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas infrastruktur yang semakin maju. Oleh karena itu perlu kiranya mencari alternatif lain sebagai bahan dasar beton yaitu pasir yang diganti dengan limbah tumbukan kerang. Usaha untuk memanfaatkan limbah tumbukan kerang bukan saja akan mengurangi masalah lingkungan akan tetapi dapat memberikan nilai ekonomis terhadap konstruksi, serta suatu upaya pelestarian sumber daya alam.

Dalam penelitian Pengaruh Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* Pada Kuat Tekan Beton (Tilik, dkk

2021) didapat hasil pengujian menunjukkan bahwa beton normal memiliki kuat tekan sebesar 28,26 MPa, sementara beton dengan tambahan *superplasticizer* 0,5% mencapai 29,15 MPa. Ketika limbah cangkang kerang digunakan sebagai substitusi agregat kasar dengan tambahan *superplasticizer* 0,5%, beton dengan 5% cangkang kerang menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 30,78 MPa. Namun, kuat tekan menurun pada campuran dengan 10%, 15%, dan 20% cangkang kerang, masing-masing menjadi 26,78 MPa, 24,71 MPa, dan 22,93 MPa. Berdasarkan hasil ini, komposisi beton yang optimal adalah dengan 5% cangkang kerang dan 0,5% *superplasticizer*, yang memberikan karakteristik terbaik dalam hal kuat tekan.

Selanjutnya penelitian Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kerang Hijau dan Zat Adiktif Superplasticizer Sebagai Bahan Tambah Campuran Semen Terhadap Kuat Tekan Beton K-400 (Jonizar, dkk 2022), pada penambahan abu cangkang kerang hijau 3% dan zat aditif *superplasticizer* 1% diperoleh nilai kuat tekan beton sebesar 403,72 kg/cm2 pada umur 28 hari. Pada penambahan abu cangkang kerang hijau 3% dan zat aditif superplasticizer 2% diperoleh nilai kuat tekan beton sebesar 411,78 kg/cm2 pada umur 28 hari. Pada penambahan abu cangkang kerang hijau 3% dan zat aditif *superplasticizer* 3% diperoleh nilai kuat tekan beton sebesar 425,48 kg/cm2 pada umur 28 hari.

Penelitian Pengaruh Bahan Tambah Superplasticizer Dengan Kadar Variasi 0,25%; 0,3%; 0,35% Untuk Beton Dengan Campuran Agregat Halus Cangkang Kerang Sebesar 10% (Ragilia, 2016), hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil kuat tekan beton dengan variasi kadar *Superplasticizer* didapat

persamaan y = -2920,8x2 + 1725x - 225,57 pada umur 28 hari dengan kadar *superplasticizer* 0,25%; 0,35%; 0,35% dengan FAS tetap 0,35 berturut-turut sebesar 22,18 Mpa; 29,04 Mpa; 20,36 Mpa. Sedangkan hasil kuat tekan optimum yaitu sebesar 29,04 Mpa dengan kadar *Superplasticizer* sebesar 0,3%. Diketahui pula kelecekan atau workability beton segar dengan persamaan y = -2,8112x2 + 65,733x – 341,71 pada kadar *Superplasticizer* sebesar 0,25%; 0,35%; 0,35% berturut-turut yaitu sebesar 9 cm , 9,5 cm , 14,5 cm. Untuk hasil slump optimum 9,5 cm dan rata-rata slump yaitu 11 cm.

Pada umumnya limbah cangkang kerang tidak digunakan kembali dan hanya dibuang, oleh karena itu perlu dikaji manfaat limbah cangkang kerang apabila dicampurkan ke dalam campuran beton normal. Kajian yang dilakukan yaitu mengkaji kuat tekan beton. Dengan latar belakang di atas maka permasalahan dari penelitian ini akan menganalisis pengaruh penambahan cangkang kerang dalam campuran beton dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan bahan tambah superplasticizer 0,5% terhadap kuat tekan beton. Sampel yang digunakan sebagai bahan cangkang kerang untuk penelitian ini berasal dari Kec. Soreang Kel.Watang Soreang Kota Parepare Sulawesi Selatan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh limbah cangkang kerang sebagai substitusi agregat kasar dengan bahan tambah *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton?

2. Berapa komposisi agregat kasar cangkang dengan bahan tambah *superplasticizer* sehingga kuat tekan yang dihasilkan optimal?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kuat tekan beton limbah cangkang kerang sebagai substitusi agregat kasar dengan bahan tambah *superplasticizer*.
2. Untuk mengetahui berapa komposisi agregat kasar cangkang dengan bahan tambah *superplasticizer* sehingga kuat tekan yang dihasilkan optimal.

D. Batasan Masalah

Batasan masalah sebagai ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan metode mix design
2. Tidak membahas nilai ekonomis dari bahan beton pemanfaatan limbah cangkang kerang yang dibuat.
3. Kuat tekan beton yang direncanakan adalah 25 Mpa.
4. Perencanaan pencampran beton sesuai SNI 7656-2012
5. Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Muhammadiyah Parepare.
6. Cangkang kerang yang digunakan adalah limbah cangkang kerang berasal dari Kec. Soreang Kel.Watang Soreang Kota Parepare Sulawesi Selatan.
7. Pengujian ini menggunakan variasi cangkang kerang 0%, 5%, 10%, 15% dan bahan tambah superplasticizer 0,5%.

8. Untuk masing-masing campuran dibuat 3 sampel untuk kuat tekan silinder dengan ukuran 15cm x 30cm.
9. Bahan tambah *superplasticizer* yang digunakan adalah Sika ViscoCrete-1003

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat menambah khasanah studi tentang campuran beton dan juga merupakan salah satu syarat kelulusan Program Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Parepare.

2. Untuk Praktisi

Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu referensi penelitian bagi pihak-pihak yang berkenaan dengan materi studinya dan juga diharapkan mampu mendorong penelitian berikutnya yang lebih sempurna.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan yang dapat disajikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang teori teori yang menyangkut tentang penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan mengenai metode metode yang akan digunakan dalam penelitian baik dari jenis penelitiannya, tahapan, bagan alir serta lain sebagainya.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas secara keseluruhan tentang hasil penelitian kuat tekan beton dan komposisi agregat kasar cangkang kerang dengan bahan tambah *superplasticizer* yang dihasilkan optimal.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas kesimpulan dari seluruh penulisan, serta saran-saran yang dikemukakan berupa sambungan pemikiran penulis tentang penulisan permasalahan tersebut diatas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang dihasilkan dari campuran atas semen Portland, pasir, kerikil dan air. Beton ini biasanya di dalam praktek dipasang bersama-sama dengan batang baja, sehingga disebut beton bertulang (batang baja berada di dalam beton). Pada saat ini sebagian besar bangunan dibuat dari beton bertulang disamping kayu dan baja. Beton mempunyai kelebihan daripada bahan yang lain, antara lain karena harganya relatif lebih murah daripada baja, tidak memerlukan biaya perawatan seperti baja (baja harus selalu dicat pada setiap jangka waktu tertentu untuk mecegah karat), dan tahan lama. Akan tetapi, beton yang tampaknya mudah dibuat bila tidak dikerjakan atau direncanakan dengan teliti akan menghasilkan bahan yang kurang kuat. Oleh karena itu cara-cara membuat beton harus dipelajari dengan baik.

Beton mempunyai kelebihan antara lain yaitu dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi,mampu memikul beban yang berat,tahan terhadap temperatur yang tinggi,nilai kekuatan dan daya tahan (durability) beton adalah relatif tinggi,biaya pemeliharaan yang kecil. Beton juga mempunyai beberapa kekurangan antara lain bentuk yang sudah dibuat sulit untuk diubah,pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi,kekuatan tarik beton relatif rendah,daya pantul suara yang rendah.

Beton pada umumnya mengandung rongga udara sekitar 1% - 2% pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan kasar) sekitar 60% – 70%. Meskipun hanya sebagai pengisi tetapi agregat juga berpengaruh terhadap sifat-sifat beton sehingg pemilihan agregat juga merupakan bagian penting dalam pembuatan beton

Adapun parameter-parameter yang paling mempengaruhi pembuatan beton adalah :

1. Kualitas semen
2. Proporsi semen terhadap campuran
3. Kekutan dan kebersihan agregat
4. Interaksi atau *adhesi* antara pasta semen dan agregat
5. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk semen
6. Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton
7. Perawatan beton
8. Kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang di ekspos dari 1% bagi beton yang tidak di ekpos

B. Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar dan air.Namun dalam penelitian kali ini juga menggunakan daur ulang limbah keramik yang sudah dihancurkan menjadi serbuk keramik. Penjelasan lebih lanjut bahan-bahan penyusunbeton.

1. Semen Portland (PC)

Semen portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen potland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama – sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambahkan dengan bahan lain.(SK-SNI15-2049-2004).

Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, sedangkan jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk mortar semen,jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton.Dalam campuaran beton, semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif adalah kelompok yang berfungsi sebagai pengisi. (Kardiyono Tjokrodimulyo,1996).

a. Jenis – jenis Semen Portland

Semen Portland dibagi menjadi 5 jenis yaitu :

1) Jenis I : Semen Portland untuk konstruksi umum, yang tidak memerlukan persyaratan – persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2) Jenis II : Semen Portland untuk konstruksi yang agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
3) Jenis III : Semen Portland untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal yang tinggi.
4) Jenis IV : Semen Portland untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah.

5) Jenis V : Semen portland untuk konstruksi dengan syarat sangat tahan terhadap sulfat

b. Bahan penyusun semen

Bahan utama pembentuk Semen Portland adalah kapur (CaO), silika (SiO2), alumunia (Al2O3), besi (Fe2O3), *magnesia* (MgO), *sulfur* (SO3), soda/potash (K2O, Na2O) adapun komponen – komponen semen yang baik memeiliki komposisi seperti tertera ditabel.

Tabel 2. 1 Susuna unsur semen (*Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 1996*)

Oksida	**Komposisi (%)**
CaO	60 – 65
SiO_2	17 – 25
Al_2O_3	3 – 8
Fe_2O_3	0,5 – 6
MgO	0,5 – 4
SO_3	1 – 2
K_2O, Na_2O	0,5 – 1

2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang mengisi hampir 78% dari volume beton, maka agregat harus diperhatikan. (Triono Budi Astanto,2001).

Agregat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu agregat halus dan agregat kasar cara membedakannya berdasarkan pada ukuran butiran –butirannya.

a. Agregat halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintregasi alami batuan ataupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran

butir lebih kecil dari 3/16 inci atau 5 mm (lolos saringan no. 4). Pada umumnya agregat halus yang dipergunakan sebagai bahan dasar pembentuk beton adalah pasir alam, sedangkan pasir yang dibuat dari pecahan batu umumnya tidak cocok untukpembuatan beton dikarenakan biasanya mengandung partikel yang terlalu halus yang terbawa pada saat pembuatannya.

Menurut Tjokrodimulyo (1992),agregat halus adalah pasir alam sebagai desintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industry pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,8 mm.Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu:

1) Pasir Galian

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebabs dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

2) Pasir Sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat – bulat akibat proses gesekan. Daya lekatan butiran agak kurang karena bentuk butirannya bulat.

3) Pasir laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai.Butir–butirnya halus dan bulat karena gesekan.Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam. Garam ni menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan

korosi terhadap struktur beton, oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai dalam kontruksi beton.

b. Agregat kasar

Menurut Tjokrodimulyo (1992),agregat kasar yaitu berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5mm dan ukuran maksimal 40 mm, Agregat kasar dibedakan menjadi 3 golongan, yaitu:

1) Agregat Normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antar 2,5 sampai 2,7 gram/cm_3.Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt,granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis antara 2,3gram/cm^3

2) Agregat Berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gram/cm^3,misalnya magnetic (FeO4) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gram/cm3. Penggunaannya biasanya sebagai pelindung dari radiasi.

3) Agregat Ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 gram/cm^3 yang biasanya dibuat untuk beton non structural atau dinding. Keuntungan dari menggunakan agregat ini adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan.

3. Air

Air adalah bahan dasar dalam pembuatan beton yang sangat penting namun harganya paling murah. Air yang biasanya digunakan untuk campuran

beton biasanya sesuai dengan air yang dipakai untuk air minum. Untuk menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 persen biasanya digunakan air suling. Air yang digunakan dalam embuatan beton bertujuan untuk membantu semen bereaksi dan dijadikan pelumas antara butir-butir agregat sehingga mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang digunakan untuk pembuatan beton biasanya berkisar 25% dari jumlah beratsemen.

Dilapangan biasanya faktor air semen yang digunakan lebih dari 0,35 (35%), sedangkan kelebihan air 25%-nya digunakan sebagai pelumas. Namun, kelebihan air dalam adukan dapat membahayakan karena air bersama dengan semen akan bergerak ke permukaan adukan beton proses ini sering disebut sebagai bleeding. Dan juga air yang digunakan dalam pembuatan beton jika mengandung kotoran maka dapat mempengaruhi proses waktu ikatan awal pada adukan beton yang membuat lemahnya kekuatan beton setelah mengeras dan dapat manurunkan daya tahan beton.

1. Sumber-sumber Air

Air yang dipergunakan dalam campuran beton dapat diperoleh dari beberapa sumber. Namun dari beberapa sumber tersebut ada yang dapat digunakan dan adapula yang tidak dapat digunakan. Ada beberapa air yang tidak dapat digunakan untuk campuran beton diantaranya sebagai berikut:

1) Air Laut, merupakan air yang berasal dar laut dan mengandung 3,5% garam.Garam-garam tersebut dapat mengakibatkan korosi yang mampu membuat kekuatan beton menurun. Sehingga, air laut tidak dapat digunakan untuk campuran beton.

2) Air Buangan Industri, merupakan air yang memiliki kandungan asam dan alkali yang dapat memperlambat ikatan awal adukan beton.
3) Air Permukaan, merupakan air yang dibagi menjadi air sungai, air danau dan situ, air genangan dan air reservoir. Air rawa-rawa atau air genangan tidak dapat digunakan sebagai bahan campuran beton, kecuali telah melalui pengujian kualitas air terlebih dahulu.

2. Syarat – syarat umum air

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air yang memenuhi syarat sebagai berikut :

1) Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
2) Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3) Tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

3. Pemilihan pemakaian air

Pemilihan air yang digunakan dalam campuran beton sebaiknya air yang telah melalui proses pengujian kualitasnya. Jika air yang digunakan berasal dari sumber yang belum terbukti memenuhi syarat, maka lebih baik dilakukan pengujian tekan mortar yang dibuat dengan menggunakan air tersebut kemudian dibandingkan dengan campuran mortar yang menggunakan air suling. Hasil pengujian (pada usia 7 hari dan 28 hari) kubus,adukan yang dibuat dengan campuran air yang tidak dapat diminum paling tidak harus mencapai 90% dari

kekuatan specimen yang dihasilkan yang dibuat serupa dengan air yang dapat diminum.

Untuk perawatan dan pembuatan beton air yang digunakan juga tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam, bahan-bahan organis atau bahan lain yang dapat merusak beton dan tulangannya.Air yang diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memebrikan kemudahan dalam pekerjaan beton.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah :

1. Faktor air semen (FAS) adalah perbandingan antara berat air dan berat semen dalam campuran adukan beton. Kebanyakan air dalam pembuatan beton akan menghasilkan beton yang berkualitas rendah karena pembentukan batuan semen membutuhkan air untuk bereaksi, sehingga akan dapat mengakibatkan timbulnya rongga pada beton.
2. Kepadatan beton dalam proses pembutan beton hendaknya beton dibuat sepdat-padatnya. Makin padat suatu beton, nilai kuat tekan nya semakin tinggi
3. Agregat kualitas atau mutu agregat sebagai bahan pengisi bahan campuran beton sangat besar pengaruhnya terhadap kuat tekan beton. Agregat ini harus diperhatikan dari segi faktor kekerasan, kadar lumpur dan sebagainya.

C. Pemadatan Beton

Pemadatan beton bertujuan untuk menghilangkan rongga-rongga udara dan untuk mencapai kepadatan yang maksimal. Pada prinsipnya pemadatan dapat berlangsung dengn sendirinya akibat berat sendiri campuran, akan tetapi hasilnya

kurang sempurna karena udara yang terperangkap dalam campuran masih banyak sehingga menimbulkan rongga-rongga halus dan memicu masuknya air.

Untuk memperoleh kepadatan yang baik dan sempurna harus dibantu dengan alat pemadatan yaitu pemadatan dengan tangan (manual) dilakukan dengan cara menusuk-nusuk dari bagian atas adukan dengan bantuan besi atau kayu dan pemadatan dengan mesin getar memungkinkan penggunaan campuran yang kurang workabilisnya (kemudahan pekerjaannya) sehingga menghasilkan kekuatan serta penyusutan kering yang lebih rendah untuk proporsi tertentu.

D. Cangkang Kerang

Kerang adalah hewan air yang termasuk hewan bertubuh lunak (moluska) dengan sepasang cangkang (bivalvia). Mengacu pada data statistic Kementrian Kelautan dan Perikanan tahun 2012, Indonesia menghasilkan 50.460 ton pertahun.

Dari hasil analisa senyawa yang terkandung pada serbuk cangkang kerang juga terdapat pada senyawa semen (Sirega,2009). Limbah cangkang kerang mengandung CaCO3 sebesar 95,69% sehingga cangkang kerang dapat digunakan sebagai substisusi parsial semen. Selain itu, di Parepare menghasilkan limbah cangkang kerang yang belum dimanfaatkan secara maksimal.

Pemanfaatan Cangkang Kerang dari sekian banyak potensi kerang yang dihasilkan di Indonesia,kebanyakan masyarakat hanya memanfaatkan daging kerang saja sedangkan cangkang kerang belum dimanfaatkan secara optimal. Hal ini menimbulkan permasalahan berupa sampah cangkang kerang yang menumpuk di daerah pesisir pantai.Pemanfaatan cangkang kerang oleh masyarakat hanya

digunakan sebagai kerajinan tangan, seperti cermin berbingkai datar, manik-manik, hiasan dinding, dan lain-lain.



Gambar 2. 1 Limbah cangkang kerang

Tabel 2. 2 Kandungan senyawa kimia serbuk cangkang kerang (*Sumber: Shinta Marito, 2012*)

Senyawa Kimia	Kandungan (%)
CaCO3	95,69
SiO2	0,22
Fe2O3	1,00
MgO	3,08
Al2O3	0,01

Jenis – jenis kerang rina hudaya (2010) mengemukakan bahwa kerang merupakan sumber bahan makanan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat, karena mengandung protein dan lemak. Jenis kerang yang sering menjadi konsumsi masyarakat, yaitu kerang hijau (*Mytilus viridis*), kerang darah (*Anadara granosa*), dan kerang bulu (*Anadara antiquata*).

1. Kerang bulu (*Anadara antiquata*)

Kerang darah (*Anadara granosa*) dan kerang Bulu (*Anadara antiquata*) adalah *family arcidae* dan genus Anadara Secara umum kedua kerang ini memiliki ciri morfologi yang hampir sama. Cangkang memiliki belahan yang sama melekat satu sama lain pada batas cangkang.

Perbedaan dari kedua kerang ini adalah morfologi cangkangnya. Kerang bulu (*Anadara antiquata*) memiliki cangkang yang ditutupi oleh rambut-rambut serta cangkang tersebut lebih tipis daripada kerang darah (*Anadara granosa*). Kerang bulu pada umumnya hidup diperairan berlumpur dengan tingkat kekeruhan tinggi. Klasifikasi kerang bulu adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Animalia*

Phylum : *Mollusca*

Class : *Bivalvia*

Ordo : *Arcioda*

Family : *Arcidae*

Genus : *Anadara*

Spesies : *Anadara antiquate*

2. Kerang hijau (*Mytilus viridis*)

Kerang hijau hidup di laut tropis seperti Indonesia, terutama diperairan pantai dan melekatkan diri secara tetap pada benda-benda keras yang ada disekelilingnya. Kerang ini tidak mati walaupun tidak terendam selama air laut surut. Kerang hijau termasuk binatang lunak, mempunyai dua cangkang yang

simetris, kakinya berbentuk kapak, insangnya berlapislapis satu dengan lainnya dihubungkan dengan cilia. Klasifikasi kerang hijau adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Animalia*

Phylum : *Mollusca*

Class : *Bivalvia*

Ordo : *Filibranchia*

Family : *Mytilidae*

Genus : *Mytilus*

Spesies : *Mytilus viridis*

Habitat kerang hijau belum diketahui secara merata di perairan Indonesia, namun dapat dicatat karakteristik perairan yang sesuai bagi budidaya kerang hijau antara lain suhu perairan berkisar antara $27^oC – 37^oC$, pH air antara 3 – 4, arus air dan angin tidak terlalu kuat dan umumnya pada kedalaman air antara 10 m-20 m. Laju pertumbuhan kerang hijau berkisar 0,7-1,0 cm/bulan. Ukuran konsumsi yang panjangnya sekitar 6 cm dicapai dalam waktu 6-7 bulan.

3. Kerang darah (Anadara granosa)

Cangkang kerang darah memiliki belahan yang sama melekat satu sama lain pada batas cangkang. Rusuk pada kedua belahan cangkangnya sangat menonjol. Cangkang berukuran sedikit lebih panjang dibanding tingginya tonjolan (umbone). Setiap belahan Cangkang memiliki 19-23 rusuk. Dibanding kerang hijau, laju pertumbuhan kerang darah relatif lebih lambat. Laju pertumbuhan 0,098 mm/hari.

Untuk tumbuh sepanjang 4-5 mm, kerang darah memerlukan waktu sekitar 6 bulan. Presentase daging terbesar dimiliki oleh A. granola, yaitu sebesar 24,3%. Kerang darah memijah sepanjang tahun dengan puncaknya terjadi pada bulan Agustus/September. Hewan ini termasuk hewan berumah dua (diocis). Kematangan gonad terjadi pada saat kerang darah mencapai ukuran panjang 18-20 mm dan berumur kurang dari satu tahun.

Adapun pemijahan mulai terjadi pada ukuran 20 mm. Kerang ini hidup dalam cekungan-cekungan di dasar perairan di wilayah pantai pasir berlumpur. Jenis kekerangan ini menghendaki kadar garam antara 13-28 g/kg, kecerahan 0,5-2,5 m, dan Ph 7,5-8,4. Klasifikasi kerang darah adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Animalia*

Phylumq : *Mollusca*

Class : *Bivalvia*

Ord : *Arcioda*

Family : *Arcidae*

Genus : *Anadara*

Spesies : *Anadara granosa*

E. *Superplasticizer*

Menurut ASTM C494 dan British Standard 5075, *Superplasticizer* adalah bahan kimia tambahan pengurang air yang sangat efektif Penambahan *Superplasticizer* diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama atau diperoleh adukan dengan kekentalan lebih encer dengan faktor air semen yang sama, sehingga kuat tekan beton lebih

tinggi. *Superplasticizer* Tipe F (*High Range Water Reducer*) merupakan bahan kimia yang berfungsi mengurangi air sampai 12 % atau bahkan lebih.

Superplasticizer adalah bahan tambah kimia yang melarutkan gumpalan-gumpalan dengan cara melapisi pasta semen sehingga semen dapat tersebar dengan merata pada adukan beton dan mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workability* beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Bahan ini digunakan dalam jumlah yangr elatif sedikit karena sangat mudah mengakibatkan terjadinya bleeding.

Superplasticizer dapat mereduksi air sampai 40% dari campuran awal Beton berkekuatan tinggi dapat dihasilkan dengan pengurangan kadar air, akibat pengurangan kadar air akan membuat campuran lebih padat sehingga pemakaian *superplasticizer* sangat diperlukan untuk mempertahankan nilai slump yang tinggi.

Bahan tambahan *plasticizer* ini bermanfaat bila ditambahkan pada beton segar yang ingin dirubah sifatnya karena alasan tertentu, tetapi tidak dapat dimodifikasi dengan merubah proporsi dari komposisi campuran beton normalnya untuk membuat campuran yang kaku menjadi lebih plastis, dimana dibutuhkan kekuatan yang tinggi dalam hubungannya dengan workabilitas yang baik.

Kelebihan pemakean bahan tambahan ini diperoleh adukan dngan faktor air semen lebih rendah dalam nilai kekentalan adukan yang sama ataupun didapat adukan dengan kekentalan lebih encer deengan faktor air semen yang sama, sehingga kuat tekan beton lebih tinggi namun harus sesuai dengan dosis yang di

tentukan. *Super Plasticizer* dibedakan menjadi 4 jenis (Edward G Nawy, 1996), diantaranya :

1. *Modifikasi Lignoosulfonat* tanpa kandungan klorida.
2. *Kondensasi Sulfoonat Melamine Formaldehyde* (SMF) dengan kandungan klorida besar 0.005%.
3. *Kondensasi Sulfonat Nephtalene Formaldehyde* (SNF) dengan kandungan klorida yaang diabaikan.
4. *Carboxyl Acrylic Ester Copolymer*.

Jenis bahan tambah kimia dibedakan menjadi tujuh tipe bahan tambah (mengacu pada ASTM C494-82), adalah sebagai berikut :

1. Tipe A (*Water Reducing*)
2. Tipe B (*Retarder*)
3. Tipe C (*Accelerator*)
2. Tipe D (*Water Reducer Retarder*)
3. Tipe E (*Water Reducer Accelerator*)
4. Tipe F (*Super Plasticizer*)
5. Tipe G (*High Range Water Reducer*)

Sika ViscoCrete-1003 adalah generasi terbaru dari *Superplasticizer* untuk beton dan mortar. Secara khusus dikembangkan untuk produksi beton dengan kemudahan mengalir dan sifat mengalir yang tahan lama serta mengurangi segregasi dan *bleeding* secara signifikan. Bekerja melalui penyerapan permukaan partikel-partikel semen yang menghasilkan suatu efek-efek separasi sterikal.

Beton yang dihasilkan dengan Sika ViscoCrete-1003 memperlihatkan sifat-sifat sebagai berikut:

1. Kemampuan mengalir yang sangat baik (dihasilkan pada tingginya pengurangan penempatan dan usaha-usaha pemadatan)
2. Kemampuan Self compact-nya kuat
3. Pengurangan air yang sangat ekstrim (ditunjukkan pada tingginya berat jenis dan kuat beton)
4. Mengurangi penyusutan dan keretakan
5. Meningkatkan ketahanan terhadap karbonasi pada beton
6. Meningkatkan hasil akhir
7. Mengurangi kecenderungan bleeding dan segregasi

F. Perencanaan Campuran Beton

Campuran beton merupakan suatu perpaduan dari komposisi material penyusunnya. Pada dasarnya perancangan campuran beton dimaksudkan untuk menghasilkan suatu proporsi campuran bahan yang optimal dengan kekuatan yang maksimum. Kriteria dasar dari perancangan beton adalah kekuatan tekan dan kemudahan pengerjaan.

1. Persyaratan kerja

Dalam perencanaan campuran beton, perlu diperhatikan persyaratan kinerja pada beton yang akan dihasilkan. Persyaratan tersebut diantaranya adalah

a. Umur uji

Kuat tekan yang disyaratkan untuk menentukan proporsi campuran beton dapat dipilih umur 28 hari.

b. Kuat tekan yang disyaratkan

Untuk mencapai kuat tekan yang disyaratkan, campuran harus diproporsikan sedemikian rupa sehingga kuat tekan rata – rata dari hasil pengujian dilapangan lebih tinggi dari pada kuat tekan yang disyaratkan.

c. Persyaratan lain

Beberapa persyaratan lain yang dpat mempengaruhi pemilihan dan proporsi campuran beton, antara lain :

1) Modulus elastisitas
2) Kuat tarik dan kuat lentur
3) Panas hidrasi
4) Rangkak dan susut akibat pengerjaan
5) Keawetan beton
6) Permebialitas
7) Waktu pengikat
8) Metode pengecoran
9) Kelecekan

2. Faktor – faktor yang menentukan

Faktor – faktor yang menetukan dalam pencampuran beton adalah sebagai berikut:

a. Pemilihan bahan

Proporsi campuran yang optimal harus ditentukan dengan mempertimbangkan karakteristik semen Portland, kualitas agregat, proporsi pasta, interaksi agregat – pasta, macam dan jumlah bahan campuran tambahan, dan

pelaksanaan pengadukan. Hasil evaluasi tentang smen Portland,bahan campuran tambahan,agregat dari berbagai sumber, serta berbagai macam proporsi campuran, dapat digunakan untuk menentukan kombinasi bahan yang optimum. Bahan yang digunakan untuk campuran semen harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1) Semen *Portland*

Semen *Portland* harus memenuhi SNI 15-2049-1994 tentang mutu dan cara pengujian semen portland

2) Air

Air harus memenuhi SNI 03-6861.1-2002 tentang spesifikasi bahan bangunan bagian A (bahan bangunan bukan logam).

3) Agregat Halus

Agregat halus harus memenuhi ketentuan SNI 03-1750-1990 tentang Mutu dan cara uji agregat beton.

4) Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah agregat normal yang sesuai dengan SNI 03-1750-1990 tentang mutu dan cara uji agregat kasar.

G. Metode Perancangan Proporsi Campuran

Dalam pembuatan campuran beton terdapat beberapa metode yang bisa digunakan, diantaranya :

1. Metode ACI (*American Concrete Institute*)

Metode ini mensyaratkan suatu perancangan campuran beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya dengan pemperhatikan ketersediaan bahan – bahan dilapangan, kemudahan pengerjaan, serta keawetan dan kekuatan

pekerjaan beton. Metode ACI melihat bahwa dengan ukuran agregat tertentu jumlah air perkubik akan menentukan tingkat konsistensi dari campuran beton yang pada akhirnya akan mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan (*workability*).

2. Metode *Road Note* No 4

Metode ini menekankan pada pengaruh gradasi agregat terhadap kemudahan pengerjaan.

3. Metode SK SNI T-15-1990-03 / *Current British Method* (DOE)

Metode ini disusun oleh *british Department Of Enviroment* pada tahun 1975 untuk menggantikan Road Note No 4 di inggris. Untuk kondisi di Indonesia telah dilakukan penyesuaina pada besarnya variasi kuat tekan beton.

4. Metode campuran coba – coba

Metode coba – coba dikembangkan berdasarkan cara metode ACI, Road Note no 4 , dan SK SNI T-15-1990-03, setelah dilakukan pelaksanaan dan evaluasi. Cara ini berusaha mendapatkan pori – pori minimum dan kepadatan beton yang maksimum, artinya bahwa kebutuhan agregat halus maksimum untuk mendapatkan kebutuhan semen minimum. Dalam penelitian ini menggunakan metode DOE (*Department of Environment*) untuk menghitung campuran dalam beton dengan menggunakan benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

H. Karakteristik Beton

1. Kuat tekan

Kuat tekan adalah kekuatan tekan yang diperoleh dari gaya maksimum per satuan luas yang bekerja hingga benda uji pecah. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah benda uji telah mencapai umur 28 hari. Pada penelitian inikuat

tekan diperoleh dengan melalui perawatan (curing) sampai dengan umur yang direncanakan untuk diuji.

Perawatan yang digunakan adalah dengan merendam benda uji pada air yang kemudin dikeluarkan dari rendaman sehari sebelum pengujian. Kekuatan tekan beton adalah beton yang menerima gayatekanpersatuan luas. Kekuatan beton ditentukan oleh kandungan dari campuran. Adapun faktor – faktor yang mempengaruhi kuat beton diantaranya :

a. Faktor air semen

Faktor air semen adalah angka perbandingan antara berat air dan berat semen dalam beton.Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai faktor air semen maka semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan mortar semakin tinggi. Nilai faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun.

b. Jumlah semen

Pada beton dengan faktor air semen sama, beton dengan kandungan semen lebih banyak belum tentu mempunyai kekuatan lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena jumlah air yang banyak, demikian pula pastanya, menyebabkan kandungan pori lebih banyak dari pada beton dengan kandungan semen yang lebih sedikit. Kandungan pori inilah yang mengurangi kekuatan beton. Jumlah semen dalam beton mempunyai nilai optimum tertentu yang memberikan kuat tekan tinggi.

c. Umur beton

Kekuatan beton akan meningkat seiring dengan bertambahnya umur dimana pada umur 28 hari beton akan memperoleh kekuatan yang diinginkan.

d. Sifat Agregat

Sifat agregat yang berpengaruh terhadap kekuatan ialah bentuk, kekasaran permukaan, kekerasan dan ukuran maksimum butir agregat. Bentuk dari agregat akan berpengaruh terhadap antar agregat.

Hasil uji dari kuat tekan digunakan dalam pekerjaan perencanaan campuran beton dan pada pelaksanaan. Untuk memperoleh nilai kuat tekan beton (f'c) digunakan rumus :

$$f'c = P/A \quad \text{..... (1)}$$

Keterangan:

f'c = kuat tekan beton pada umur hari yang didapat dari benda uji (Mpa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

2. *Workabilitas*

Workabilitas adalah bahwa bahan-bahan beton setelah diaduk bersama, menghasilkan adukan yang bersifat sedemikian rupa sehingga adukan mudah diangkut, dituang/dicetak, dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaannya tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kesukaran atau penurunan mutu. Beberapa parameter untuk mengetahui workabilitas beton segar adalah :

a. *Compactible*, yaitu kemudahan beton untuk dipadatkan dengan baik. Pemadatan bertujuan untuk mengurangi rongga-rongga udara yang

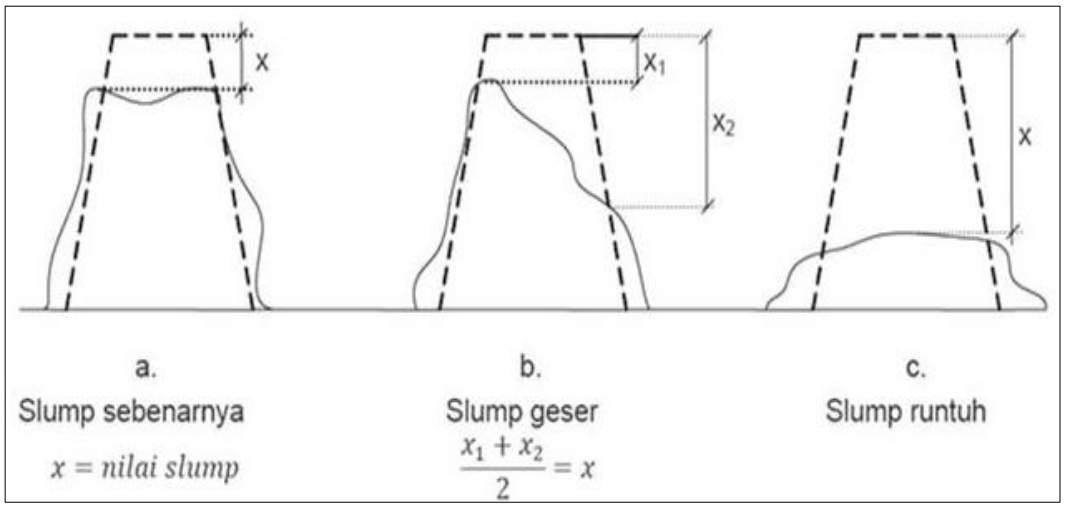
terjebak di dalam beton sehingga diperoleh susunan yang padat dan memperkuat ikatan antar partikel beton.

b. Mobilitas, yaitu kemudahan beton untuk mengalir atau dituang dalam cetakan dan dibentuk. Adukan beton juga harus dapat mengisi ruang diantara tulangan-tulangan.
c. Stabilitas, yaitu kemampuan beton untuk tetap stabil, homogen selama pencampuran, serta tidak terjadi segregasi dan bleding.

Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari nilai slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton semakin mudah pengerjaannya. Unsur- unsur yang mempengaruhi nilai slump antara lain :

a. Jumlah air pencampur, semakin banyak air semakin mudah dikerjakan
b. Kandungan semen jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya pun akan lebih tinggi
c. Gradasi campuran pasir kerikil jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan
d. Bentuk butiran agregat kasar, agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah dikerjakan
e. Butir maksimum
f. Cara pemadatan dan alat pemadat (Mulyono, 2003)

Ada tiga jenis slump yaitu *slump* sejati, *slump* geser, *slump* runtuh. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 2 Tipe-tipe keruntuhan slump berdasarkan nilai faktor air semen (*Sumber: Neville dan Brooks, 1987*)

3. Rongga udara (*Air Content*)

Pada umumnya beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40% dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75% (Tri Mulyono, 2003). Dengan banyaknya pori-pori yang mengandung udara tersebut, maka akan mengakibatkan kekuatan beton akan semakin menurun. Dengan penambahan bahan tertentu yang bersifat sebagai Filler akan mengisi rongga-rongga udara sehingga beton lebih kedap air.

I. Penelitian Terdahulu

1. (Rahmawati, dkk 2021) dengan penelitian Pengaruh Cangkang Kerang Laut Terhadap Kuat Tekan Beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan cangkang kerang laut dalam peningkatan kuat tekan beton lebih baik digunakan sebagai agregat halus dari pada agregat kasar. Penggunaan kerang laut sebagai bahan substitusi agregat halus mencapai hasil yang maksimal pada komposisi 20%.

2. (Alma Esa, dkk 2021) dengan penelitian Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Sebagai Subtitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian kuat tekan beton normal mencapai 27,9 MPa pada umur 28 hari. Untuk beton dengan campuran cangkang kerang darah (Anadara Granosa) sebagai substitusi agregat kasar, hasil tertinggi didapat pada persentase 10% dengan kuat tekan 24,9 MPa, mendekati target 25 MPa. Nilai terendah adalah 19,0 MPa pada persentase 20%. Dengan tambahan superplasticizer, kuat tekan tertinggi mencapai 42,4 MPa pada 5% substitusi, dan terendah 15,8 MPa pada 20% substitusi. Disimpulkan bahwa beton dengan 10% cangkang kerang darah dan 1% superplasticizer layak untuk beton struktural.
3. (Karimah, dkk 2020) dengan penelitian Pemanfaatan Serbuk Kulit Kerang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton mengalami kenaikan pada prosentase 10% dan selanjutnya kuat tekan beton menurun seiring dengan pertambahan prosentase penggunaan serbuk kulit kerang. Sedangkan nilai absorbsi beton mengalami kenaikan pada prosentase 30% dari berat agregat halus.
4. (Tamimah, dkk 2022) dengan penelitian Pemanfaatan Tumbukan Cangkang Kerang sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar pada Campuran Beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada karakteristik cangkang kerang yang telah diteliti telah memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton, cangkang kerang lokan yang dipakai sebagai pengganti agregat kasar mengalami

kenaikan nilai slump seiring dengan bertambahnya variasi cangkang kerang pada campuran beton, dan pada uji kuat tekan yang dilakukan pada variasi 10% tidak terjadi penurunan nilai.

5. (Fajar, dkk 2024) dengan penelitian Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang *Anadara Granosa* Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Nilai kuat tekan beton dengan variasi substitusi cangkang Anadara Granosa pada agregat halus adalah sebagai berikut: 2,5% (26,73 MPa), 5% (26,36 MPa), 7,5% (22,95 MPa), dan 10% (21,77 MPa). Batas ideal penggunaan cangkang kerang adalah pada persentase 2,5% dan 5%. Penurunan kuat tekan ini dapat disebabkan oleh perubahan gradasi pasir menjadi agak kasar karena penambahan cangkang kerang, yang mengakibatkan komposisi menjadi tidak ideal untuk pasir kasar.
6. (Irwanto & Irmawan, 2021) dengan penelitian Pengaruh Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Bambu Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Penggunaan Agregat Kasar Madura. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan kimia pada cangkang kerang bambu didapatkan kandungan kapur (CaO) sebesar 98,23%. Hasil uji tekan pada setiap variasi dihasilkan kuat tekan yang mengalami peningkatan dari setiap variasi. Penambahan kuat tekan paling besar terdapat pada variasi 6% dengan kuat tekan yang dihasilkan sebesar 21,94 Mpa.
7. (Abdillah, dkk 2023) dengan penelitian Pengaruh Limbah Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan optimum pada variasi campuran

dengan limbah cangkang kerang sebagai substitusi agregat halus 25% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 14,09 Mpa pada umur 14 hari. Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan limbah cangkang kerang sebagai substitusi agregat halus hasilnya tidak disarankan untuk pembuatan beton di dunia konstruksi, karena nilai kekuatann beton yang di dapat tidak memenuhi persyaratan SNI 7656:2012.

8. (Firatama, dkk 2020) dengan penelitian Analisis Pemanfaatan Cangkang Kerang Sebagai Subtitusi Pasir Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Beton Normal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan umur 28 hari secara berturut-turut untuk variasi 0%, 7%, 9%, dan 12% sebesar 34,47 kg/cm2; 32,20 kg/cm2; 32,16 kg/cm2; 32,56 kg/cm2. Hasil pengujian daya serap beton umur 28 hari secara berturut-turut untuk variasi 0%, 7%, 9%, dan 12% sebesar 4,94%; 4,19%; 4,66%; 3,20%. Substitusi limbah cangkang kerang darah menurunkan nilai kuat tekan beton rata-rata dan nilai daya serap beton rata-rata.
9. (Wibowo & Rochmah, 2024) dengan penelitian Pengaruh Variasi Abu Cangkang Kerang Terhadap Sifat Resapan Beton Sebagai Substitusi Parsial Semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan tingkat resapan beton alir seiring dengan peningkatan persentase abu cangkang kerang darah sebagai pengganti semen. Resapan terendah tercatat pada variasi 7,5% dengan nilai 3,42%, menunjukkan potensi penggunaan abu cangkang kerang darah dalam mengurangi sifat resapan beton

alir. Tingkat resapan tertinggi terjadi pada variasi abu cangkang kerang 0% (beton normal) dengan hasil 4,71%.

10. (Fawaid, dkk 2021) dengan penelitian Analisa Pemanfaatan Cangkang Kerang dan Pasir Besi Sebagai Subtitusi Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Nilai kuat tekan beton rata-rata tertinggi yaitu dengan variasi 10% Pasir Besi pada umur 28 hari yaitu sebesar 26,82 MPa, variasi campuran 0% sebesar 25,21 MPa, variasi campuran 5% Cangkang Kerang sebesar 17,68 Mpa, dan variasi campuran 15% sebesar 24,42 MPa. Penggunaan substitusi limbah cangkang kerang berdampak menurunkan nilai kuat tekan beton rata-rata dikarenakan tidak memenuhinya nilai gradasi, sedangkan substitusi pasir besi dan cangkang kerang penurunan juga terjadi akibat tidak memenuhinya nilai gradasi cangkang kerang. Pada substitusi Pasir Besi berhasil meningkatkan kuat tekan dikarenakan ukuran pasir besi yang halus dan memiliki berat jenis tinggi membuat beton lebih solid.

BAB III

METODOLOGI 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 penampilandari 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 antara 3 (tiga) variasi campuran untuk mengetahui bagaimana kuat tekan beton dan tarik belah beton.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

1. Lokasi penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl. Jend. Ahmad Yani No. Km. 6, Kel. Bukit Harapan, Kec. Soreang kota parepare.

2. Waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 2 (dua) bulan yaitu dimulai pada tanggal 14 Agustus 2023 sampai dengan 14 Oktober 2024.

C. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun bahan – bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian antara lain :

1. Bahan Penelitian

   a. Limbah cangkang kerang dalam hal ini cangkang kerang dikumpulkan dari pinggir laut di Watang Soreang, Kota Parepare, Sulawesi Selatan (Samping Anjungan Cempae).



Gambar 3. 1 Lokasi pengambilan limbah cangkang kerang (Sumber: Google maps, 2023)

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

   c. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland

   d. Air yang digunakan dalam penelitian ini air dari Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Muhammadiyah Parepare

   e. *Superplasticier* sebagai bahan tambah diperoleh dari toko bahan kimia.

2. Peralatan

   a. Saringan

1) Saringan dengan nomor berturut-turut 4,75 mm (No. 4), 2,40 mm (No.8), 1,2 mm (No. 16), 0,60 mm (No. 30), 0,30 mm (No. 50), 0,15 mm (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 ½), 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, digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian kadar air dan berat jenis.
c. Gelas Ukur, berfungsi untuk mengukur banyaknya air yang digunakan pada pembuatan beton.
d. Timbangan, difungsikan untuk menimbang bahan-bahan benda uji.
e. Cetakan Beton, yang digunakan adalah cetakan silinder ukuran 150 mm x 300 mm
f. Concrete Mixer / Mesin Pencampur, untuk mencampur semua bahan-bahan benda uji
g. Piknometer, dengan kapasitas 500 gr digunakan untuk mencari berat jenis agregat halus.
h. Jangka Sorong, digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji
i. Kerucut abrams, digunakan untuk mengukur kelecakan adukan beton (nilai slump).
j. Penggaris, digunakan untuk mengukur nilai slump.

k. Batang baja, digunakan untuk memadatkan adukan beton.

l. *Universal Testing Machine*, mesin uji tekan digunakan untuk menguji kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas benda uji beton.

m. Mesin *Los Angeles*, digunakan untuk menguji ketahanan aus agregat yang dilengkapi dengan bola-bola baja.

D. Teknik Pengumpulan Data

Sebelum pemeriksaan karakteristik material di laboratorium dilakukan, terlebih dahulu diadakan pengambilan sejumlah sampel di lokasi material. Karena sebagaimana penulis ketahui bahwa material yang akan diuji sangat besar pengaruhnya terhadap ketelitian pengujian. Untuk memperoleh data-data sebagai bahan utama dalam penulisan ini, yaitu mengadakan penelitian/pengujian material di laboratorium dan melakukan pengolahan data dari hasil pengujian material di laboratorium.

E. Tahapan Penelitian

1. 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 kering permukaan (*Bulk Specific Grafity*), 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), yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
c. Berat jenis semu (*Apparent Specific Grafity*), yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu
d. 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 penyesuaian perhitungan ke suhu standar (25° C).

Berikut adalah perhitungan yang digunakan dalam menentukan berat jenis agregat :

Berat jenis (Bulk Specify Gravity) = $\frac{Bk}{Bj-Bk}$ ..... (2)

Berat jenis SSD = $\frac{Bk}{Bj-Ba}$ ..... (3)

Berat jenis semu = $\frac{Bk}{Bk-Ba}$ ..... (4)

Penyerapan (*Arbsorbsi*) = $\frac{Bj-Bk}{Bk} x$ 100 % ..... (5)

Keterangan:

Bk = Berat kering oven (gram)

Bj = Berat kering permukaan jenuh (gram)

Ba = Berat kering permukaan jenuh di dalam air (gram)

2. Perkiraan kadar agregat

a. Perkiraan kadar agregat kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Untuk beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang lebih baik bila pengecoran dilakukan memakai pompa, atau bila beton harus ditempatkan ke dalam cetakan dengan rapatnya tulangan baja, dapat mengurangi kadar agregat kasar sebesar 10% dari nilai yang ada dalam Tabel 3.1 Namun demikian tetap harus berhati-hati untuk meyakinkan agar hasil-hasil uji slump, rasio air-semen atau rasio air-(semen+bahan bersifat semen), dan sifat kekuatan dari beton tetap memenuhi rekomendasi serta memenuhi persyaratan spesifikasi proyek yang

bersangkutan. Adapun Tabel 3.1 volume agregat kasar per satuan volume beton yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Volume agregat kasar per satuan volume beton (*Sumber: SNI 7656:2012*)

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	**Volume agregat kasar kering oven (SSD) per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus**			
	2,40	**2,60**	**2,80**	**3,00**
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Volume ini dipilih dari hubungan empiris untuk menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan untuk pekerjaan konstruksi secara umum. Untuk beton yang lebih kental (kelecakan rendah), seperti untuk konstruksi lapis lantai (pavement), nilainya dapat ditambah sekitar 10%.

Untuk menentukan berat agregat kasar yang digunakan dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W = V \ x \ SSD \quad \text{.....(6)}$$

Keterangan :

W = Berat agregat kasar

V = Volume agregat kasar

SSD = Berat jenis permukaan agregat kasar

b. Perkiraan kadar agregat halus

Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan agregat halus adalah metoda berdasarkan berat atau metoda berdasarkan volume absolut. Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari berat beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telah diketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang memakai bahan-bahan yang sama. Dalam hal informasi semacam ini tidak diperoleh, Tabel 3.2 dapat digunakan untuk perkiraan awal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per m^3 tadi adalah perkiraan cukup kasar, proporsi campuran akan cukup tepat untuk memungkinkan penyesuaian secara mudah berdasarkan campuran percobaan.

Tabel 3. 2 Perkiraan awal berat beton segar (*Sumber: SNI 7656:2012*)

Ukuran Nominal Maksimum Agregat (mm)	**Perkiraan Awal Berat Beton, Kg/M^3**	
	Beton Tanpa Tambahan Udara	**Beton Dengan Tambahan Udara**
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui,

yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume beton adalah sama dengan berat beton dibagi densitas bahan.

F. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan menggunakan penelitian kuantitatif dengan melakukan beberapa pengujian terhadap benda uji di laboraturium. Teknik pengumpulan data terdiri atas 3 (tiga) yaitu sebagai berikut:

1. Data Primer

Data yang diperoleh melalui eksperimen di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Penelitian ini berfokus pada variasi dari substitusi pasir pantai pengganti agregat halus. 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 (pasir pantai)
    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) Karakteristik agregat kasar
    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 keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles

3) Karakteristik semen

a) Pemeriksaan berat jenis semen

b) Konsistensi normal semen portland

c) Pengujian waktu mengikat awal dan mengeras semen portland

b. Karakteristik beton

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

1) Kuat tekan selinder

2) Kuat tarik belah selinder

2. Data sekunder

Data sekunder sebagai pendukung merupakan gambaran pada daerah studi. Pengumpulan data sekunder merupakan pengumpulan data secara tidak langsung dari sumber/objek. Data diperoleh dari tulisan seperti buku teori, buku laporan, peraturan-peraturan, dan dokumen baik yang berasal dari instansi terkait maupun hasil kajian literature.

3. Benda uji

Campuran agregat-semen dan air sesuai dengan yang direncanakan dan dipadatkan dalam silinder cetakan tertentu. Adapun contoh gambar 3.1 benda uji yang dibuat.



Gambar 3. 2 Benda uji silinder 300 mm x 150 mm

Tabel 3. 3 Variasi benda uji (*Sumber: Pengolahan data, 2023*)

Variasi	**Kuat Tekan Beton**			**Jumlah**
	7	**14**	**28**	
Normal	3	3	3	9
Cangkang Kerang 5%; Superplasticizer 0,5%	3	3	3	9
Cangkang Kerang 10%; Superplasticizer 0,5%	3	3	3	9
Cangkang Kerang 15%; Superplasticizer 0,5%	3	3	3	9
Total				36

Pada pengujian karakteristik kuat tekan, digunakan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 15cm dan tinggi 30cm seperti pada gambar 3.1

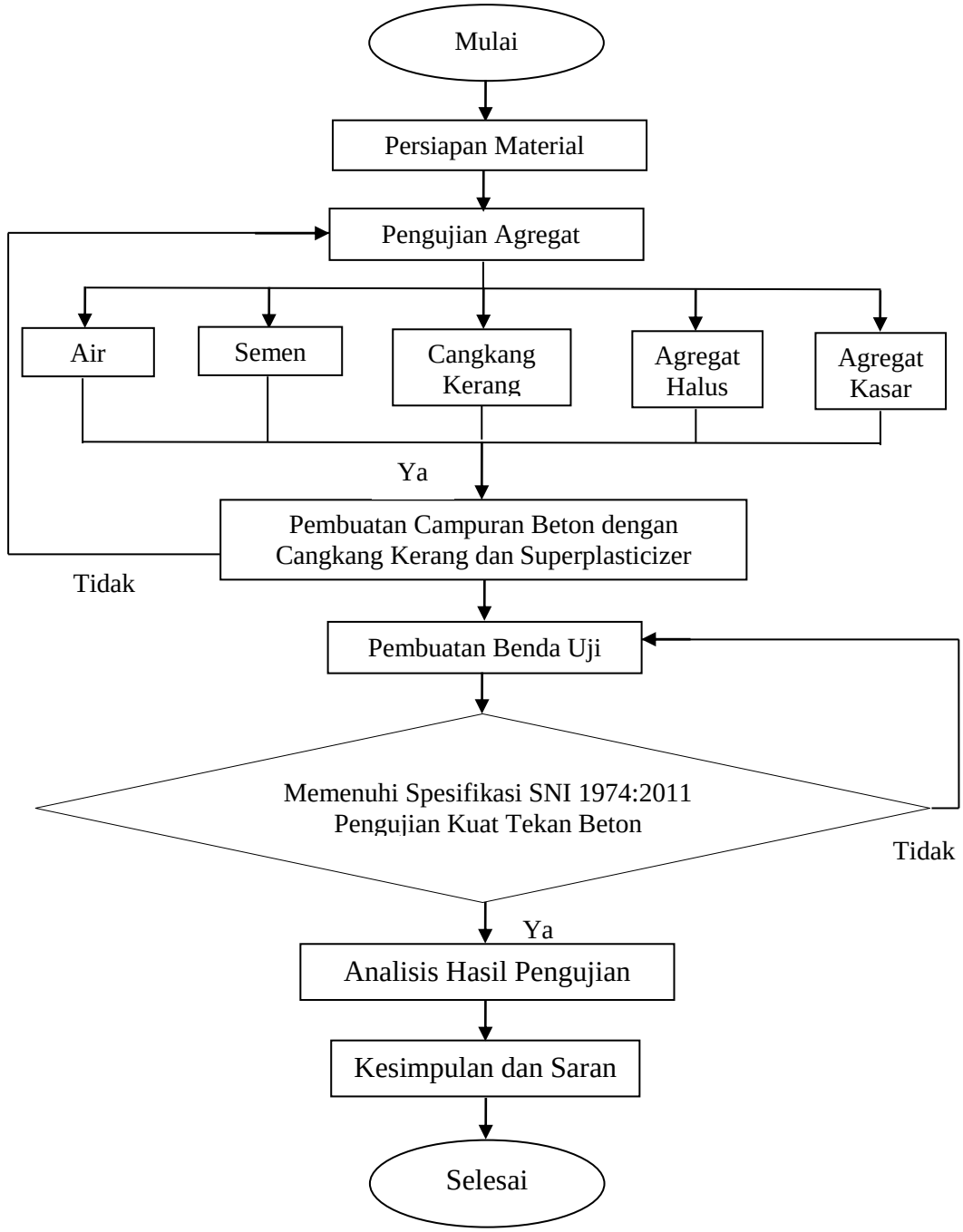
G. Teknik Analisis Data

Analisis yang dilakukan dengan membandingkan hasil data dari kekuatan kompresive dari setiap variasi campuran melalui grafik, sehingga kita dapat menentukan efek yang dihasilkan di setiap grafik usia beton.

Untuk menghitung besarnya kuat tekan dipergunakan persamaan matematis, sebagai berikut:

1. Pengujian Kuat Tekan Beton (SN1 974-2011)
2. Pengujian kuat Tarik belah Beton (SNI 03-2491-2002)

H. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 3 Bagan alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Material

1. Agregat pasir sungai

Tabel 4. 1 Rekapitulasi pengujian pasir sungai *(Sumber: hasil pengolahan data, 2024)*

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil	Keterangan
1	Kadar lumpur	Maks 5%	2,60%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	1	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	2,25%	Memenuhi
4	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1,41	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1,60	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1,63%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,63	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,52	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,57	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	3,08	Memenuhi

Dari pengujian berat jenis agregat pasir sungai didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Kadar lumpur agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat pasir sungai diatas yaitu 2,60%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari

5% yang menunjukkan bahwa material agregat pada pasir sungai tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu.

b. Kadar organik agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar organik agregat pasir sungai diatas sampel menunjukkan warna kekeruhan di angka No.1 pada standar warna yang menunjukkan bahwa material agregat pasir sungai tersebut memiliki tingkat kadar organik terbilang rendah sehingga dapat digunakan dalam campuran beton tanpa perlu dicuci terlebih dahulu.

c. Kadar air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar air agregat pasir sungai diatas yaitu 2,25%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 2,00% - 5,00% yang menandakan bahwa material agregat pasir sungai tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

d. Berat volume agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat volume agregat pasir sungai kondisi lepas diatas yaitu 1,41 sedangkan pengujian berat volume agregat pasir sungai kondisi padat yaitu 1,60 dari ke 2 hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,4 – 1,9 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat pasir sungai tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

e. Penyerapan air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian penyerapan air agregat pasir sungai di atas yaitu 1,63%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara

interval dari 0,2% - 2,0% yang menandakan bahwa material agregat pasir sungai (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

f. Berat jenis agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat jenis nyata diatas yaitu 2,63, berat jenis kering yaitu 2,52 dan berat jenis kering permukaan yaitu 2,57, dari ke 3 (tiga) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,6 – 3,3 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat pasir sungai (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

g. Modulus kepasir sungaian agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian modulus kepasir sungaian agregat pasir sungai diatas yaitu 3,08 hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,50 – 3,80 yang menandakan bahwa material agregat pasir sungai (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

2. Agregat Kasar

Tabel 4. 2 Rekapitulasi pengujian agregat kasar *(Sumber: hasil pengolahan data, 2024)*

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil	Keterangan
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0,91%	Memenuhi
2	Keausan/Abrasi	Maks 50%	21,5%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1,39%	Memenuhi
4	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,62	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,78	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	1,06%	Memenuhi

Lanjutan Tabel 4.2

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil	Keterangan
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,85	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,76	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,79	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	7,11	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 0,91%, 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 21,5% yang nilainya lebih kecil dari 50% sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil 1,39% 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 1,62 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,78 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 1,06% 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 2,85. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,76 dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,79 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 3,33 sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

g. Modulus kehalusan

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar SNI, interval untuk modulus kehalusan agregat kasar yaitu berada antara 6,0-8,0. Sedangkan hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu 7,11 adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran beton.

3. Cangkang kerang

Tabel 4. 3 Rekapitulasi pengujian limbah cangkang kerang *(Sumber: hasil pengolahan data, 2024)*

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil	Keterangan
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0,45%	Memenuhi
2	Keausan/Abrasi	Maks 50%	35,5%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	0,72%	Memenuhi

Lanjutan Tabel 4.3

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil	Keterangan
4	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,62	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,68	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	0,91%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,67	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,61	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,63	Memenuhi

Dari pengujian agregat kasar diatas didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Kadar lumpur

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar diatas didapatkan hasil 0,45%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 1% yang menunjukkan bahwa limbah cangkang kerang tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu

b. Keausan limbah cangkang kerang

Dari pengujian tingkat keausan limbah cangkang kerang menggunakan mesin *Los Angeless* diatas didapatkan hasil 35,5% yang nilainya lebih kecil dari 50% sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil 0,72% yang nilainya lebih kecil dari 2 % sehingga limbah cangkang kerang dapat digunakan pada campuran beton.

d. Berat volume

Dari pengujian berat volume rongga limbah cangkang kerang didapatkan hasil 1,62 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,68 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 1,9 kg/liter sehingga limbah cangkang kerang dapat dijadikan bahan campuran beton.

e. Penyerapan air

Dari pengujian penyerapan air limbah cangkang kerang diatas didapatkan hasil 0,91% 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 2,67. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,61 dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,63 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 3,33 sehingga limbah cangkang kerang dapat dijadikan bahan campuran beton.

B. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

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

Tabel 4. 4 *Mix design* (*Sumber: SNI 7656:2012*)

No.	Uraian	
1	Kuat tekan karakteristik umur 28 hari (fc')	25 Mpa
2	Deviasi standar	60
3	Nilai margin/nilai tambah (M)	98,4
4	Kekuatan rata-rata yang hendak dicapai (fcr')	33,81 Mpa

Lanjutan Tabel 4.4

No.	Uraian	
5	Jenis semen (PC)	Jenis I
6	Jenis agregat halus	Alami
7	Jenis agregat kasar	Pecah
8	Faktor air semen (FAS)	0,482
9	Slump (untuk plat, balok, kolom, dinding)	75 - 100 mm
10	Ukuran agregat maksimum	40 mm
11	Kebutuhan air	203 kg
12	Kebutuhan semen Portland	421,2 kg
13	Daerah gradasi agregat halus	Zona 2
14	Berat jenis beton	2400 kg/m^3
15	Kebutuhan agregat halus	651,7 kg
16	Kebutuhan agregat kasar	1074,1 kg

Maka didapatkan perbandingan kebutuhan semen, kerikil, pasir, dan air untuk 1 m^3 adalah :

1. Semen = 421,2 kg
2. Kerikil = 1074,1 kg
3. Pasir = 651,7 kg
4. Air = 203 kg

Analisa kebutuhan semen, kerikil, pasir, dan air untuk 36 benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan panjang 300 mm.

1. Volume 9 silinder $= 9\ x\ \frac{1}{4} x\ \pi\ x\ 0{,}152\ x\ 0{,}30$

   $= 0{,}0477\ m^3$

Sehingga kebutuhan untuk 9 silinder adalah :

Semen = 0,0477 x 421,2 Kg = 23,11 Kg

Kerikil = 0,0477 x 1074,1 Kg = 58,94 Kg

Pasir = 0,0477 x 651,7 Kg = 35,76 Kg

Air = 0,0477 x 203 kg = 11,14 kg

2. Kebutuhan limbah cangkang kerang untuk 9 silinder

Variasi 5% = (5/100) x 58,94 Kg = 2,23 Kg

Variasi 10% = (10/100) x 58,94 Kg= 5,894 Kg

Variasi 15% = (15/100) x 58,94 Kg= 8,841 Kg

3. Kebutuhan superplasticizer 0,5% untuk 9 silinder

Variasi 5% = (0,5/100) x 23,11 Kg = 0,11 Kg

Variasi 10% = (0,5/100) x 23,11 Kg = 0,11 Kg

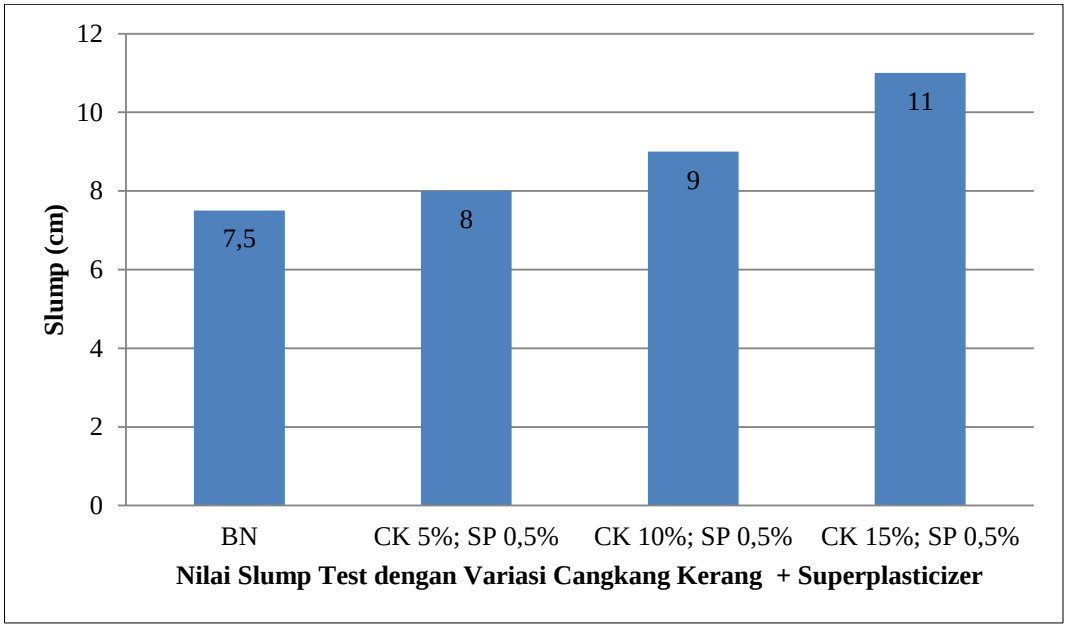
Variasi 15% = (0,5/100) x 23,11 Kg = 0,11 Kg

Tabel 4. 5 *Mix design* kebutuhan bahan untuk 9 silinder (*Sumber: SNI 7656:2012*)

No	Variasi Campuran (%)	Semen (kg)	Superplasticizer 0,5% (kg)	Kerikil (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)	Limbah Cangkang Kerang (kg)
1	Normal	23,11	0	58,94	35,76	11,14	0
2	5	23,0	0,11	56,71	35,76	11,14	2,23
3	10	23,0	0,11	53,05	35,76	11,14	5,894
4	15	23,0	0,11	50,10	35,76	11,14	8,841

C. Nilai Slump

Pada penelitian ini, pemeriksaan nilai slump yang dilakukan diperoleh hasil seperti gambar dibawah ini. Secara umum dapat dikatakan bahwa semakin tinggi jumlah variasi limbah cangkang kerang dicampurkan ke dalam adukan beton, maka nilai *workability* akan semakin menurun.



Gambar 4. 1 Hubungan antara variasi campuran dengan nilai slump (*Sumber: Hasil pengolahan data, 2023*)

Dari pengujian slump diatas, tampak bahwa nilai slup semakin meningkat dengan bertambahnya jumlah limbah cangkang kerang dalam campuran. Hal ini dikarenakan oleh karakteristik fisik dan tekstural cangkang kerang yang meningkatkan *workability* dan *fluiditas* campuran beton. Serta adanya efek dari *superplasticizer* digunakan dalam campuran, bahan ini dapat meningkatkan

kelecakan beton secara signifikan, mengurangi viskositas campuran, dan meningkatkan nilai slump.

D. Kuat Tekan Beton

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan benda uji tersebut. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan sebanyak 36 sampel yang terdiri dari 4 variasi campuran yaitu beton normal, cangkang kerang 5% dan *superplasticizer* 0,5%; cangkang kerang 10% dan *superplasticizer* 0,5% cangkang kerang 15% dan *superplasticizer* 0,5%. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 9 sampel untuk kuat tekan 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 terdiri dari beton normal dan 3 variasi campuran limbah cangkang kerang adalah sebagai berikut :

1. Beton normal (0% limbah cangkang kerang dan 0% *superplasticizer*)

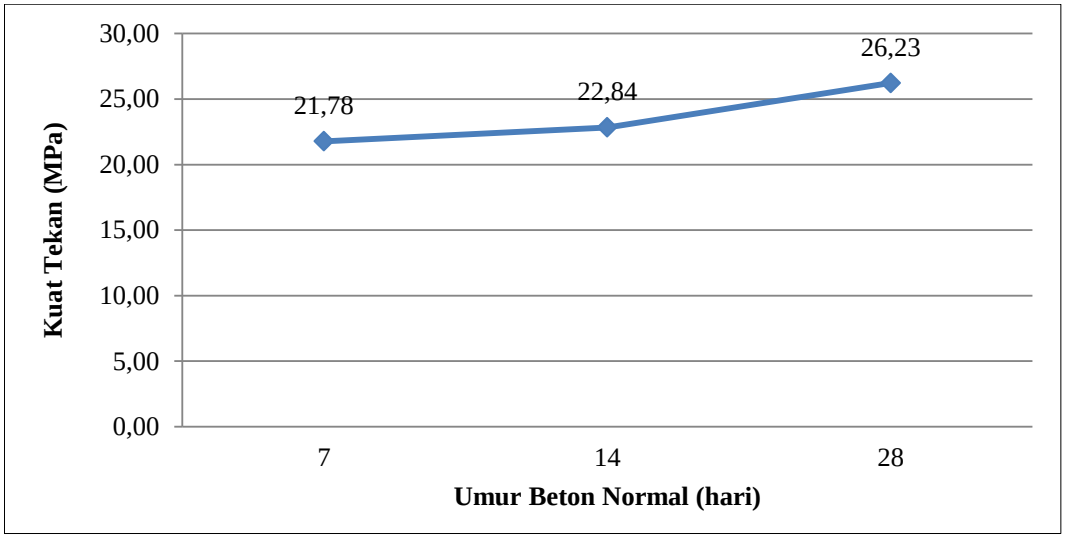
Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton normal yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Rekap hasil kuat tekan beton normal (*Sumber: Hasil pengolahan data, 2023*)

Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
7	12,23	267,61	22,21
	12,25	257,11	21,34
	12,03	262,36	21,78
Rata-rata	**12,17**	**262,36**	**21,78**

Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
14	12,02	267,43	22,20
	12,34	275,18	22,84
	12,03	282,93	23,48
Rata-rata	**12,13**	**275,18**	**22,84**
28	12,20	324,01	26,89
	12,24	306,96	25,48
	12,25	317,19	26,33
Rata-rata	**12,23**	**316,06**	**26,23**

Pada pengujian sampel uji dengan 0% limbah cangkang kerang dan 0% *superplasticizer* atau beton normal dengan silinder ukuran 15 x 30 cm sebanyak 3 buah sampel didapat kuat tekan dengan rata-rata 21,78 MPa untuk umur 7 hari, 22,84 MPa untuk umur 14 hari, dan 26,23 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang diinginkan pada umur 28 hari dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 2 Grafik pengujian kuat tekan beton normal
(*Sumber: Hasil pengolahan data, 2023*)

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton normal dengan 0% limbah cangkang kerang dan 0% *superplasticizer* mengalami peningkatan kuat tekan dari

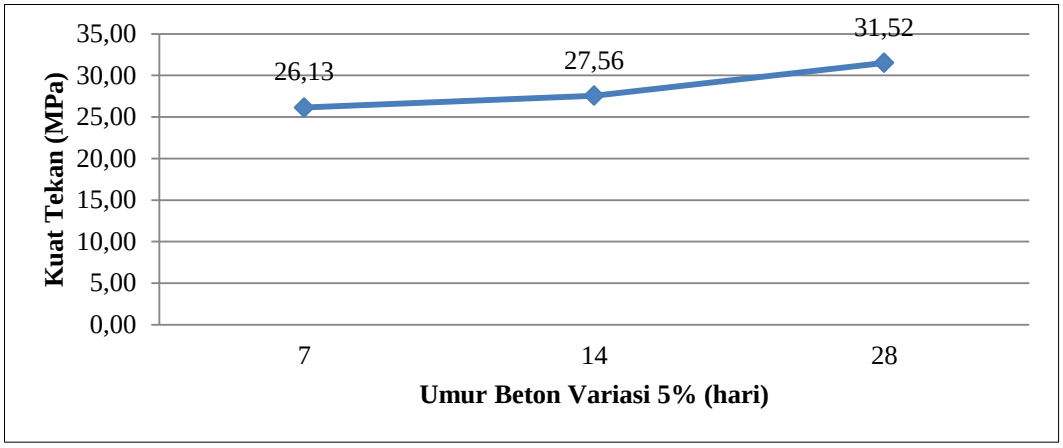
umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 1,06 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 3,39 MPa.

2. Variasi 5% (5% limbah cangkang kerang dan 0,5% *superplasticizer*)

Tabel 4. 7 Rekap hasil kuat tekan variasi 5% (*Sumber: Hasil pengolahan data, 2023*)

Umur (Hari)	**Berat (Kg)**	**Beban (KN)**	**Kuat Tekan f'c (MPa)**
7	11,76	320,08	26,57
	11,99	309,58	25,70
	11,99	314,83	26,13
Rata-rata	**11,91**	**314,83**	**26,13**
14	12,09	321,69	26,70
	12,00	333,32	27,67
	12,61	341,07	28,31
Rata-rata	**12,23**	**332,02**	**27,56**
28	12,48	388,82	32,27
	12,25	368,35	30,57
	12,25	382,00	31,71
Rata-rata	**12,33**	**379,72**	**31,52**

Pada pengujian sampel uji dengan 5% limbah cangkang kerang dan 0,5% *superplasticizer* dengan silinder ukuran 15 x 30 cm sebanyak sampel 3 buah sampel didapat kuat tekan dengan rata-rata 26,13 MPa untuk umur 7 hari, 27,56 MPa untuk umur 14 hari, dan 31,52 MPa untuk umur 28 hari.



Gambar 4. 3 Grafik pengujian kuat tekan variasi 5%
(*Sumber: Hasil pengolahan data, 2023*)

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 5% limbah cangkang kerang dan 0,5% *superplasticizer* mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 1,43MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 3,96 MPa.

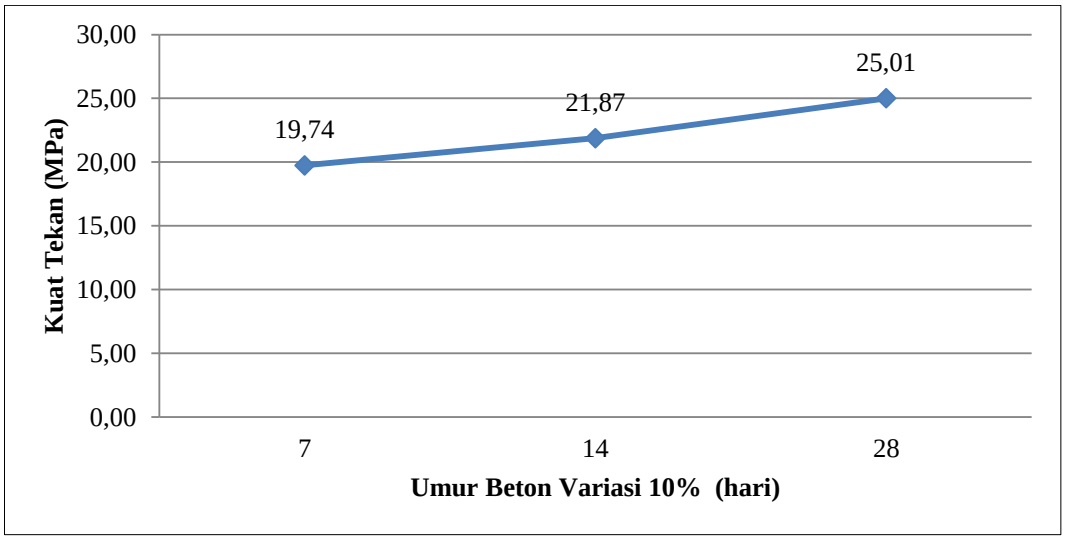
3. Variasi 10% (10% limbah cangkang kerang dan 0,5% *superplasticizer*)

Tabel 4. 8 Rekap hasil kuat tekan variasi 10% (*Sumber: Hasil pengolahan data, 2023*)

Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
7	11,80	236,12	19,60
	11,98	246,62	20,47
	12,65	230,88	19,16
Rata-rata	**12,14**	**237,87**	**19,74**
14	12,15	255,80	21,23
	12,22	263,55	21,87
	12,25	271,30	22,52
Rata-rata	**12,21**	**263,55**	**21,87**
28	12,05	306,96	25,48
	12,04	293,32	24,35
	12,18	303,55	25,19

Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
Rata-rata	**12,09**	**301,28**	**25,01**

Pada pengujian sampel uji dengan 10% limbah cangkang kerang dan 0,5% *superplasticizer* dengan silinder ukuran 15 x 30 cm sebanyak sampel 3 buah sampel didapat kuat tekan dengan rata-rata 19,74 MPa untuk umur 7 hari, 21,87 MPa untuk umur 14 hari, dan 25,01 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang diinginkan pada umur 28 hari dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 4 Grafik pengujian kuat tekan variasi 10%
(*Sumber: Hasil pengolahan data, 2023*)

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 10% limbah cangkang kerang dan 0,5% *superplasticizer* mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 2,13 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 3,13 MPa.

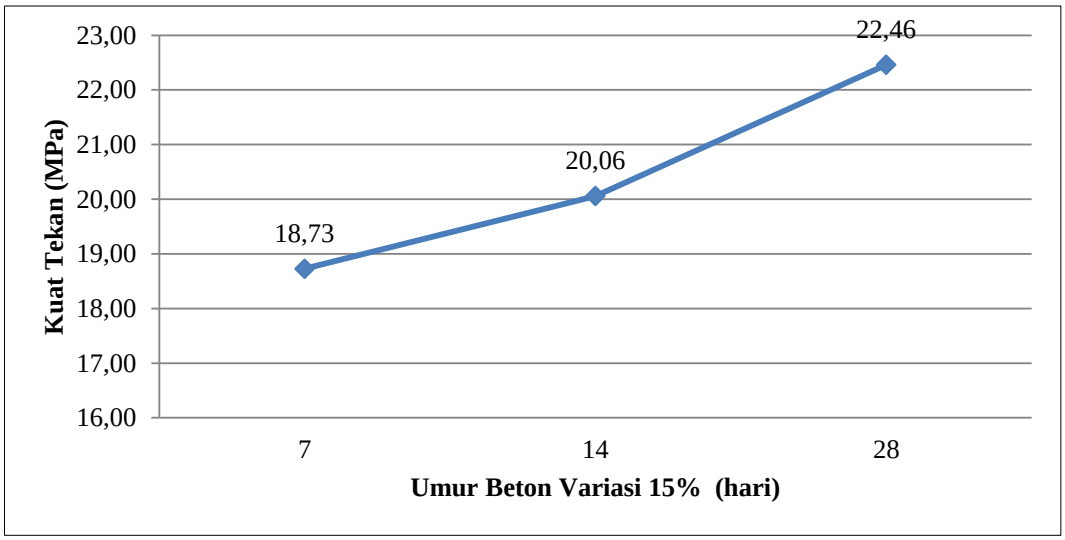
4. Variasi 15% (15% limbah cangkang kerang dan 0,5% *superplasticizer*)

Tabel 4. 9 Rekap hasil kuat tekan variasi 15% (*Sumber: Hasil pengolahan data, 2023*)

Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
7	12,23	230,88	19,16
	12,25	220,38	18,29
	12,25	225,63	18,73
Rata-rata	**12,24**	**225,63**	**18,73**
14	12,08	248,05	20,59
	11,98	236,42	19,62
	12,61	240,49	19,96
Rata-rata	**12,22**	**241,65**	**20,06**

Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
28	11,96	276,26	22,93
	11,98	266,03	22,08
	12,10	269,44	22,36
Rata-rata	**12,01**	**270,58**	**22,46**

Pada pengujian sampel uji dengan 15% limbah cangkang kerang dan 0,5% *superplasticizer* dengan silinder ukuran 15 x 30 cm sebanyak sampel 3 buah sampel didapat kuat tekan dengan rata-rata 18,73 MPa untuk umur 7 hari, 20,06 MPa untuk umur 14 hari, dan 22,46 MPa untuk umur 28 hari, tidak memenuhi kuat tekan yang diinginkan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Grafik pengujian kuat tekan variasi 15%
(*Sumber: Hasil pengolahan data, 2023*)

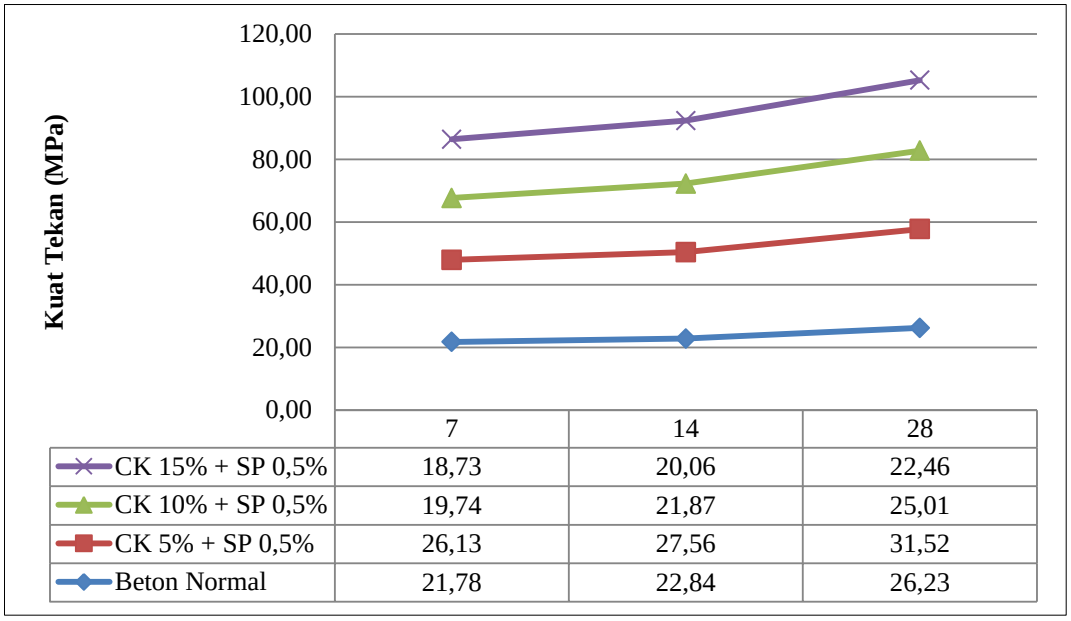
Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 15% limbah cangkang kerang dan 0,5% *superplasticizer* mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 1,33 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 2,40 MPa.

Adapun hasil gabungan dari pengujian kuat tekan yang terdiri dari beton normal dan 3 variasi campuran limbah cangkang kerang adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 10 Gabungan kuat tekan variasi cangkang kerang (*Sumber: Hasil pengolahan data, 2023*)

Umur (Hari)	**Kuat Tekan Variasi Cangkang Kerang (MPa)**			
	0%	**5%**	**10%**	**15%**
7	22,21	26,57	19,60	19,16
	21,34	25,70	20,47	18,29
	21,78	26,13	19,16	18,73
Rata-rata	**21,78**	**26,13**	**19,74**	**18,73**
14	22,20	26,70	21,23	20,59
	22,84	27,67	21,87	19,62
	23,48	28,31	22,52	19,96
Rata-rata	**22,84**	**27,56**	**21,87**	**20,06**
28	26,89	32,27	25,48	22,93
	25,48	30,57	24,35	22,08
	26,33	31,71	25,19	22,36
Rata-rata	**26,23**	**31,52**	**25,01**	**22,46**

Dari tabel diatas, hasil pengujian menunjukkan bahwa beton dengan komposisi 5% limbah cangkang kerang dan 0,5% superplasticizer menghasilkan kuat tekan yang optimal, dengan peningkatan signifikan dari 26,13 MPa pada 7 hari menjadi 31,52 MPa pada 28 hari. Sebaliknya, penggunaan 10% limbah cangkang kerang masih memenuhi standar kuat tekan pada 28 hari, meskipun sedikit lebih rendah dari beton normal. Namun, substitusi 15% limbah cangkang kerang mengakibatkan penurunan signifikan dalam kuat tekan, tidak memenuhi standar yang diinginkan.



	7	14	28
CK 15% + SP 0,5%	18,73	20,06	22,46
CK 10% + SP 0,5%	19,74	21,87	25,01
CK 5% + SP 0,5%	26,13	27,56	31,52
Beton Normal	21,78	22,84	26,23

Gambar 4. 6 Grafik gabungan kuat tekan variasi cangkang kerang (*Sumber: Hasil pengolahan data, 2023*)

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton umur 28 hari mengalami peningkatan dan penurunan kuat tekan dari beton normal ke beton variasi cangkang kerang dan penambahan *superplasticizer*. Kuat tekan beton normal ke variasi cangkang kerang 5%; *superplasticizer* 0,5% mengalami peningkatan sebesar 5,29 MPa, sedangkan dari variasi cangkang kerang 5%; *superplasticizer* 0,5% ke cangkang kerang 10%; *superplasticizer* 0,5% mengalami penurunan sebesar 6,51 MPa dan dari variasi cangkang kerang 10%; *superplasticizer* 0,5% ke cangkang kerang 15%; *superplasticizer* 0,5% mengalami penurunan sebesar 2,55 MPa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian penggunaan limbah cangkang kerang dan *superplasticizer*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan beton mengalami peningkatan dan penurunan nilai seiring bertambahnya jumlah cangkang kerang yang disubstitusikan. Pada kuat tekan beton normal dengan rata-rata 21,78 MPa untuk umur 7 hari, 22,84 MPa untuk umur 14 hari, dan 26,23 MPa untuk umur 28 hari. Kuat tekan variasi 5% limbah cangkang kerang dan 0,5% *superplasticizer* dengan rata-rata 26,13 MPa untuk umur 7 hari, 27,56 MPa untuk umur 14 hari, dan 31,52 MPa untuk umur 28 hari. Kuat tekan variasi 10% limbah cangkang kerang dan 0,5% *superplasticizer* dengan rata-rata 19,74 MPa untuk umur 7 hari, 21,87 MPa untuk umur 14 hari, dan 25,01 MPa untuk umur 28 hari. Kuat tekan variasi 15% limbah cangkang kerang dan 0,5% *superplasticizer* dengan rata-rata 18,73 MPa untuk umur 7 hari, 20,06 MPa untuk umur 14 hari, dan 22,46 MPa untuk umur 28 hari.
2. Substitusi cangkang kerang hingga 5% meningkatkan kuat tekan beton, dan kadar 10% adalah optimal, mencapai nilai maksimum tanpa penurunan signifikan. Disarankan penggunaan cangkang kerang sebagai substitusi agregat kasar tidak melebihi 10% untuk hasil optimal dan memenuhi kuat tekan rencana 25 MPa.

B. Saran

1. Pemakaian cangkang kerang disarankan pada persentase 15% sebagai pengganti agregat kasar. Penggunaan diatas 15% tidak disarankan karena dapat menyebabkan penurunan kuat tekan.
2. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan pada konsentrasi kimia terhadap cangkang kerang untuk mengetahui pengaruh kuat tekan beton yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

Abdillah, S. R., Zulfikar, S., & Prima, Y. (2023). Pengaruh Limbah Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Krisna*, *9*(1), 39–48. https://doi.org/10.61488/sipilkrisna.v9i1.250

Alma Esa, D., Agus Setiawan, A., & Wulandari Subagyo, G. (2021). Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Subtitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton. *Rancang Bangun*, *07*, 55–61.

Fajar, M. N., Purwantoro, D. S., Arifin, H., Sutiono, W., & Fajri, F. (2024). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Anadara Granosa Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, *6*(1), 67–72. https://doi.org/10.26740/proteksi.v6n1.p67-72

Fawaid, M. Y. N., Qomariah, Q., & Riyanto, S. (2021). Analisa Pemanfaatan Cangkang Kerang Dan Pasir Besi Sebagai Subtitusi Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal JOS-MRK*, *2*(4), 189–194. https://doi.org/10.55404/jos-mrk.2021.02.04.189-194

Firatama, A. D., Qomariah, Q., & Sugiharti, S. (2020). Analisis Pemanfaatan Cangkang Kerang Sebagai Subtitusi Pasir Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Beton Normal. *Jurnal JOS-MRK*, *1*(September), 8–11. https://doi.org/10.55404/jos-mrk.2020.01.02.8-11

Irwanto, T. J., & Irmawan, A. (2021). Pengaruh Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Bambu Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Penggunaan Agregat Kasar Madura. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, *4*(1), 21–26. https://doi.org/10.25139/jprs.v4i1.3360

Jonizar, J., Massri, M., & Muammar, U. (2022). Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kerang Hijau Dan Zat Adiktif Superplasticizer Sebagai Bahan Tambah Campuran Semen Terhadap Kuat Tekan Beton K-400. *Bearing : Jurnal Penelitian Dan Kajian Teknik Sipil*, *7*(3), 146. https://doi.org/10.32502/jbearing.4643202273

Karimah, R., Rusdianto, Y., & Susanti, D. P. (2020). Pemanfaatan Serbuk Kulit Kerang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil : Rancang Bangun*, *6*(1), 17. https://doi.org/10.33506/rb.v6i1.1146

Ragilia, H. P. (2016). *Pengaruh Bahan Tambah Superplasticizer Dengan Kadar*

Variasi 0,25%; 0,3%; 0,35% Untuk Beton Dengan Campuran Agregat Halus Cangkang Kerang Sebesar 10%. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Rahmawati, N., Lakawa, I., & Sulaiman, S. (2021). Pengaruh Cangkang Kerang Laut Terhadap Kuat Tekan Beton. *Sultra Civil Engineering Journal*, *2*(1), 46–54. https://doi.org/10.54297/sciej.v2i1.167

Tamimah, K. N., Bahar, F. F., & Nuklirullah, M. (2022). Pemanfaatan Tumbukan Cangkang Kerang sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar pada Campuran Beton. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, *11*(2), 108. https://doi.org/10.36055/fondasi.v11i2.16623

Tilik, L. F., Firdausa, F., Agusri, M. R., & Hartoyo, P. (2021). Pengaruh Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dengan Bahan Tambah Superplasticizer Pada Kuat Tekan Beton. *Jurnal Deformasi*, *6*(2), 80. https://doi.org/10.31851/deformasi.v6i2.6638

Umiati, S., Thamrin, R., & Harti, N. (2020). *Pengaruh Penambahan Superplasticizer Terhadapkuat Tekan Beton*.

Wibowo, H. S., & Rochmah, N. (2024). Pengaruh Variasi Abu Cangkang Kerang Terhadap Sifat Resapan Beton Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Journal of Scientech Research and Development*, *6*(1), 187–193.