

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton merupakan bahan yang sangat umum digunakan dalam pembangunan infrastruktur dan bangunan. Kekuatan beton menjadi parameter kritis untuk memastikan keberlanjutan dan keamanan struktur, penggunaan bahan lokal, seperti pasir dan air laut, sebagai bahan campuran beton menjadi perhatian karena ketersediaan, potensi ekonomi, dan dampak lingkungan yang rendah dibandingkan dengan sumber daya lainnya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kekuatan beton dengan menggunakan pasir dan air laut sebagai bahan campuran utamanya. (Dhondy et al., 2020)

Terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi dalam penelitian ini, Salah satunya adalah penyusunan formulasi campuran beton dengan karakteristik pasir dan air laut. Selain itu, perlu juga mempertimbangkan faktor lingkungan dan ketersediaan sumber daya lokal dalam mengembangkan formulasi beton yang optimal. (Monteiro et al., 2017)

Beton tersebut terdiri dari pencampuran antara agregat halus (pasir), agregat kasar (*split*), dengan menambahkan bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan. Beton merupakan konstruksi yang memiliki beberapa kelebihan diantaranya sangat kuat dalam menahan gaya tekan, tahan terhadap perubahan cuaca suhu tinggi, dan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan. (Trisnawati et al., 2024)

Peneletian ini dapat berujuk pada berbagai literatur terkait di bidang teknik sipil, konstruksi, dan material. Studi – studi sebelumnya yang melibatkan penggunaan pasir dan air laut dalam campuran beton dapat memberikan wawasan dan pemahaman yang lebih mendalam terkait karakteristik, kekuatan, dan kinerja beton tersebut. Selain itu panduan desain beton berdasarkan standar nasional dan internasional juga dapat menjadi acuan penting dalam penelitian ini. (Octavia Sarmauli Pangaribuan et al., 2022)

Penelitian ini memiliki relevansi yang tinggi dalam industri konstruksi saat ini, terutama mengingat tuntutan untuk menggunakan bahan yang lebih ramah lingkungan dan sumber daya lokal. Dengan memanfaatkan pasir dan air laut, dapat diperoleh keuntungan ekonomis dan pengurangan dampak lingkungan sekaligus memperluas pilihan bahan konstruksi. Hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan inovatif dalam industri Indonesia, mengingat keberlanjutan dan efisiensi sumber daya menjadi focus utama dalam pengembangan masa depan. (Cahyadi et al., 2016)

Berdasarkan dari latar belakang di atas tertarik untuk meneliti kuat beton air dan pasir laut Ujung lero Kab. Pinrang dengan judul “**Perilaku Mekanis Beton Campuran Pasir Dan Air Laut Pantai Ujung Lero Dengan Teknologi Self Compacting Concrete.**

B. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana penyusunan formulasi campuran beton dengan karakteristik air dan pasir laut dengan penambahan superplasticizer dan retarder.
2. Bagaimana mempertimbangkan faktor lingkungan dan ketersediaan sumber daya lokal dalam mengembangkan formulasi beton yang optimal.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui formulasi beton SCC menggunakan air dan pasir laut dengan penambahan super plasticizer dan retarder.
2. Untuk mengetahui perilaku mekanis beton SCC menggunakan air dan pasir laut dengan penggunaan super plastisiser dan retarder.

D. Batasan Masalah

Agar penulisan ini dapat terarah dan sesuai dengan tujuan, maka diperlukan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut :

1. Rancangan mix design (silinder beton 150 x 300 cm) dengan kuat tekan beton (asumsi rencana mutu beton) $f_c=25$ Mpa.
2. Material yang digunakan adalah pasir laut pantai Ujung lero Kab.Pinrang
3. Agregat kasar dan Agregat halus.
4. Super plasticizer (Addtive sika cim)
5. Retarder (Sika plastiment VZ)
6. air laut yang digunakan untuk perendaman adalah air pantai Ujung Lero Kab.Pinrang
7. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7,14 dan 28 hari.
8. Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 14 dan 28 hari.

9. Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang dilakukan penulis yaitu :

1. Memanfaatkan air dan pasir laut di pantai Ujung Lero sebagai material pengganti pada uji kuat beton.
2. Hasil penelitian ini dapat memberikan pengetahuan tambahan dengan memanfaatkan air dan pasir laut di pantai Ujung Lero sebagai alternative agregat pada campuran beton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1) Beton

Menurut SNI 2847-2019. Beton adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa campuran lain. Biasanya orang mempercayai bahwa beton mengering setelah pencampuran dan pengecoran, sebenarnya saat beton menjadi padat air tidak menguap, tetapi semen bereaksi terhadap air, merekat material lainnya bersama dan akhirnya membentuk seperti batu. Biasanya beton digunakan untuk membuat pekerjaan struktur bangunan, pondasi, jembatan, gedung, jalan dan lain-lain. (Rini et al., 2022)

Beton menjadi sangat kuat saat mengeras. Beton segar dapat berbentuk dengan berbagai macam dan dapat digunakan untuk tujuan dekorasi atau dalam seni arsitektur. Jika diolah dengan cara khusus, misalnya dengan menambahkan agregat yang memiliki bentuk berstruktur seni tinggi di letakkan di bagian luar, membuat beton tampak jelas pada permukaan. (Masgode et al., 2023)

Bagian penyusun beton, atau bahan dasar, bahan tambahan, teknik pembuatan, dan alat semuanya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitasnya. Beton akan memiliki kualitas yang lebih tinggi jika bahan yang digunakan, campuran, proses pembuatan, dan alat yang digunakan semuanya baik

dan berkualitas tinggi. Semen, agregat halus dan agregat kasar, air, dan bahan lain yang digunakan untuk tujuan tertentu merupakan komponen utama beton. (Zulkarnain et al., 2021)

Menurut Mulyono ada beberapa keuntungan dan kerugian pemakaian beton dalam suatu konstruksi dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya (Latri Nola Br Berutu, 2020: 6).

Keuntungan pemakain beton adalah sebagai berikut:

- a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
- b. Mampu menerima kuat tekan.
- c. Tahan terhadap temperature yang tinggi.
- d. Biaya pemeliharaan yang kecil.

Kerugianan pemakain beton adalah sebagai berikut:

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit untuk diubah.
- b. Beton menyusut bila mengalami kekeringan.
- c. Konstruksi yang menggunakan beton memiliki daya pantul suara yang besar.

2) Riwayat perkembangan beton

Penggunaan beton dan bahan-bahan vulkanik seperti abu *pozzolan* sebagai pembentukannya telah dimulai sejak zaman Yunani dan Romawi, bahkan mungkin sebelum itu (Nawy, 1985:2-3). Penggunaan bahan beton bertulang secara intensif diawali pada awal abad ke sembilan belas. Pada tahun 1801, F.Coignet menerbitkan tulisannya mengenai prinsip-prinsip kontruksi dengan meninjau kelembapan bahan beton terhadap taruknya. Pada tahun 1850, J.L.Lambot untuk

pertama kalinya membuat kapal kecil dari bahan semen untuk dipamerkan untuk pameran dunia tahun 1855 di Paris. J.Monier seorang ahli ditaman dari Paris, mematenkan rangka metal sebagai tulangan beton untuk mengatasi taruknya yang digunakan untuk tempat tanamannya. Pada tahun 1886, koenen menerbitkan tulisan mengenai teori dan perancangan struktur beton. C.A.P tumer mengembangkan plat slab tanpa balok pada tahun 1906. (Miswar, 2024)

Seiring dengan kemajuan besar yang terjadi dalam bidang ini, terbentuklah *German Committee Reinforce Concrete*, *Australian Concrete Committee*, *American Concrete Institute*, dan *British Concrete Institute*. Diindonesia sendiri, departemen pekerjaan umum selalu mengikuti perkembangan beton melalui Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan (LPMB). Melalui lembaga ini diterbitkan peraturan-peraturan standar beton yang biasanya mengadopsi peraturan internasional (*code standard international*) yang disesuaikan dengan kondisi bahan dan jenis bangunan diindonesia. (BSN, 2017)

Perkembangan yang cepat dalam bidang seni serta analisis perancangan dan konstruksi beton telah menyebabkan dibangunnya struktur-struktur beton yang sangat khas (Nawy, 1985) seperti auditorium kresge dibostom, Marina Tower, Lake Point Tower di Chicago, dan Keong Mas di Taman Mini Indonesia.

3) Kelebihan dan Kekurangan Beton

Dalam keadaan yang mengeras, beton bagaikan batu karang dengan kekuatan tinggi. Dalam keadaan segar, beton dapat diberi bermacam bentuk, sehingga dapat digunakan untuk membentuk seni asitektur atau semata-mata untuk tujuan dekoratif. Beton juga akan memberikan hasil akhir yang bagus jika

pengolahan akhir dilakukan dengan cara khusus, umpannya diekspose agregatnya (agregat yang mempunyai bentuk yang bertekstur seni tinggi diletakkan dibagian luar, sehingga Nampak jelas pada permukaan betonnya). Selain tahan terhadap serangan korosi, secara umum kelebihan dan kekurangan beton adalah:

a. Kelebihan Beton

- 1) Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
- 2) Mampu memikul beban yang berat.
- 3) Tahan temperature yang tinggi.
- 4) Biaya pemeliharaan yang kecil.

b. Kekurangan Beton

- 1) Bentuk yang telah dibuat sulit untuk diubah
- 2) Pelaksanaan pekerjaan memiliki ketelitian yang tinggi
- 3) Berat
- 4) Daya pantul suara yang besar

Sebagian besar bahan pembuat beton adalah bahan lokal (kecuali semen Portland atau bahan tambah kimia), sehingga sangat menguntungkan secara ekonomi. Namun, pembuatan beton akan menjadi mahal jika perencanaan tidak memahami karakteristik bahan-bahan penyusun beton yang harus disesuaikan dengan perilaku struktur yang akan dibuat. (Rangan, 2023)

Nilai kuat tekan beton dan kuat tariknya tidak berbanding lurus. Setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai oleh peningkatan yang kecil dari kuat tariknya. Menurut perkiraan kasar, nilai kuat tarik berkisar antara 9%-15% kuat tekannya. Nilai pastinya sulit diukur. Pendekatan hitungan biasanya dilakukan

dengan menggunakan *modulus of rupture*, yaitu tegangan tarik beton yang muncul pada saat pengujian tekan beton normal (normal concrete). Kecilnya kuat tarik beton ini merupakan salah satu dari beton biasa. Untuk mengatasinya beton dikombinasikan dengan tulangan beton dimana baja biasa digunakan sebagai tulangannya. Alasan penggunaan baja sebagai tulangan adalah koefisien baja hampir sama dengan koefisien beton. Beton tersebut didefinisikan sebagai beton yang ditulangi luas dan jumlah yang tidak kurang dari jumlah minimum yang diisyaratkan dalam pedoman perencanaan, dengan atau tanpa pratekan; dan direncanakan berdasarkan asumsi bahawa kedua material bekerja sama dalam menahan gaya yang bekerja (SKBI.1.4.53 1989:4). (Huang et al., n.d.)

Beton juga dapat dicampur dengan bahan lainnya seperti *composite* atau bahan lainnya sesuai dengan perilaku yang akan diberikan terhadap beton tersebut, misalnya beton pra-tekan atau beton pra-tegang (*pre-stressing*), beton pra-cetak (*pre-cast*). Beton juga dapat untuk struktur yang memerlukan bahan struktur yang ringan, misalnya beton ringan struktural (SKBI.1.4.53,1989:5) yaitu beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai massa kering udara yang sesuai dengan syarat seperti yang ditentukan oleh “ Testing Method for Unit Weight of Structural Lightweight Concrete” (ASTM C-567). Beratnya tidak lebih dari 1900 kg/m³. (Mulyati & Adman, 2019)

4) Beton *Self Compacting Concrete* (SCC)

Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan lebih besar dibandingkan beton normal biasa. *Self Compacting Concrete* (SCC) adalah beton baru yang dapat mengisi ruang secara padat tanpa menggunakan vibrator. Salah

satu cara untuk membuat beton SCC adalah penambahan superplasticizer. Penggunaan campuran limbah marmer sebagai pengganti sebagian agregat halus dapat memperkuat nilai kuat tekan beton. Sehingga pada penelitian ini digunakan superplasticizer dan limbah marmer dalam pembuatan beton SCC untuk mendapatkan beton mutu tinggi. Metode penelitian pembuatan beton sesuai SNI 03-2834-2000. Variabel pada penelitian ini yaitu terletak pada kadar campuran limbah marmer sebesar 0%, 20%, 30%, dan 40%. Benda uji direndam selama 28 hari kemudian dilakukan uji kuat tekan menggunakan Compression Testing Machine (CTM). Hasil penelitian kuat tekan rata-rata beton normal sebesar 36,542 MPa, beton normal dengan campuran limbah marmer dan superplasticizer sebesar 36,898 MPa, beton campuran limbah marmer 20% sebesar 40,692 MPa, beton campuran limbah marmer 30% sebesar 41,270 MPa, dan beton campuran limbah marmer 40% sebesar 41,948 MPa. Disimpulkan bahwa penambahan campuran limbah marmer dan superplasticizer pada beton SCC berpengaruh terhadap kenaikan laju kuat tekan beton seiring bertambahnya persentase limbah marmer.

Self Compacting Concrete atau yang umum disingkat dengan istilah SCC adalah beton segar yang sangat plastis dan mudah mengalir karena berat sendirinya mengisi keseluruhan cetakan yang dikarenakan beton tersebut memiliki sifat-sifat untuk memadatkan sendiri tanpa adanya bantuan alat penggetar untuk pemadatan. Beton SCC yang baik harus tetap homogen, kohesif, tidak terjadi segregasi, blocking, dan bleeding.

5) Kinerja Beton

Sampai saat ini beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur. Selain karena kemudahan dalam mendapatkan material penyusunnya, hal itu juga disebabkan oleh penggunaan tenaga yang cukup besar sehingga dapat mengurangi masalah penyediaan kerja. Selain dua kinerja utama yang telah disebutkan diatas, yaitu kekuatan yang tinggi dan kemudahan pengerjaannya, kelangsungan proses pengadaan beton dalam proses produksinya juga menjadi salah satu hal yang dipertimbangkan.

Sifat-sifat dan kareteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat. Kinerja beton ini harus disesuaikan dengan kategori bangunan yang dibuat. ASTM (*American Standard Testing and Material*) membagi bangunan menjadi tiga kategori yaitu: rumah tinggal, perumahan, dan struktur yang menggunakan beton mutu tinggi.

Menurut SNI T.15-1990-03 beton yang digunakan pada ruamah tinggal atau untuk penggunaan beton dengan kekuatan tekan tidak melebihi 10 MPa boleh menggunakan campuran 1 semen: 2 pasir: 3 batu pecah dengan *slump* untuk mengukur kemudahan pengerjaannya tidak lebih dari 100 mm. Pengerjaan beton dengan kekuatan tekan hingga 20 MPa boleh menggunakan penakaran volume, tetapi pengerjaan beton dengan kekuatan lebih besar dari 20 MPa harus menggunakan campuran berat.

Tiga kinerja yang dibutuhkan dalam pembuatan beton adalah(STP 169C, *Concrete and concerete-making materials*):

- a. Memenuhi kriteria konstruksi yaitu dapat dengan mudah dikerjakan dan dibentuk serta mempunyai nilai ekonomis.
- b. Kekuatan tekan.
- c. Durabilitas atau keawetan.

Kinerja yang dihasilkan pada proses pengadaan beton haruslah seragam. Secara umum, prosedur untuk mendapatkan kinerja yang seragam dalam pengerjaan beton dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 1.1 (Fioroto., Anthony E, 1994: 32). Survei yang dilakukan ASTM mengenai pengaruh bahan-bahan yang digunakan terhadap kinerja beton dilakukan pada 27 responden. Kriteria penilaian variable menggunakan skala 1-10, dimana 10 merupakan pengaruh tertinggi terhadap kinerja yang dihasilkan. Penilaian ini didasarkan pada pentingnya penggunaan bahan tersebut untuk menghasilkan kinerja tertentu dalam beton yang dibuat.

Secara praktis, penilaian mengenai penggunaan bahan untuk menghasilkan kinerja tertentu akan bergantung pada tujuan beton tersebut dibuat. Penggunaan semen untuk rumah tinggal akan lebih banyak jika dibandingkan untuk penggunaan perumahan komersil atau beton mutu tinggi. Jadi, komposisi bahan penyusun juga harus dilihat berdasarkan tujuan pembuatan beton tersebut. Berdasarkan kategori rumah tinggal, perumahan dan beton mutu tinggi. (Fioroto., Anthony E, 1994: 32).

6) Material pembentuk beton

Beton dihasilkan dari kumpulan beberapa material. Material-material ini saling mengikat untuk membentuk unsur padat yang kokoh. Material pembentuk beton yaitu :

a. Semen *portland*

SNI 15-2049-2004 mendefinisikan semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silika hidrolis. Semen hidrolis adalah semen yang mengeras bila bereaksi dengan air dan membentuk produk yang kedap air sedangkan klinker merupakan butiran berdiameter 5-25 mm yang dihasilkan saat campuran bahan mentah dari komposisi awal dipanaskan dengan suhu tinggi. Semen berfungsi sebagai pengikat antara butiran-butiran agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butiran-butiran agregat.

Semen Portland tersusun atas 4 senyawa utama yaitu Trikalsium Silikat (C_3S), Dikalsium Silikat (C_2S), Trikalsium Aluminat (C_3A), Tetrakalsium Aluminoferrite (C_4AF). Sifat-sifat senyawa dalam semen sangat penting untuk dikaji. Senyawa C_2S dan C_3S biasanya menempati 70-80% dari proporsi semen sehingga mendominasi sifat dan kinerja semen. Bila semen tercampur dengan air dan menghasilkan panas, maka C_3S akan segera berhidrasi dan menyumbangkan kontribusi besar dalam pengerasan semen sebelum umur 14 hari.

Dalam proses hidrasi, senyawa C_2S lebih lambat bereaksi dengan air sehingga hanya berpengaruh terhadap perkerasan semen setelah berumur 7 hari. Senyawa C_2S membuat semen lebih tahan terhadap serangan kimia dan dapat mengurangi susut akibat pengeringan.

Untuk senyawa C_3A , hidrasi secara isotermis dan bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan setelah 1 hari setelah bereaksi dengan air sebanyak kurang lebih 40% dari beratnya. Jumlah unsur ini relatif sedikit sehingga sedikit pula

berpengaruh pada jumlah air. Semen yang mengandung senyawa C_3A lebih dari 10% akan rentan terhadap serangan sulfat dan akan menyebabkan retak-retak pada beton maupun mortar. Senyawa yang paling kurang berpengaruh terhadap proses pengerasan semen adalah C_4AF . Selain 4 senyawa pokok yang terdapat dalam semen, terdapat beberapa senyawa lain dalam semen yang memberikan pengaruh terhadap kinerja hidrasi maupun pengerasan semen, yaitu MgO , SO_3 , NaO dan K_2O sehingga dilakukan beberapa pembatasan. Selain dari sifat kimia yang telah dijelaskan diatas, semen juga memiliki sifat fisik semen yaitu ditinjau dari kehalusan butiran semen dan pengikatan dan pengerasan semen.

Kehalusan butiran semen memberikan pengaruh pada proses hidrasi semen. Reaksi antara semen dan air dimulai dari permukaan butir-butir semen, sehingga makin luas permukaan butir-butir semen (dari berat semen yang sama) makin cepat hidrasinya. Hal ini berarti bahwa, butir-butir semen yang halus akan menjadi kuat dan menghasilkan panas hidrasi yang lebih cepat daripada semen dengan butir-butir yang lebih kasar sedangkan pengikatan dan pengerasan semen (*Setting* dan *Hardening*) adalah saat tercampurnya air dan semen sehingga terjadi proses hidrasi yang secara fisik akan nampak terjadi pasta yang plastis dan dapat dibentuk, sampai beberapa waktu, lalu terjadi pengerasan. Pengikatan semen dapat dibagi atas dua bagian, yaitu :

- 1) Pengikatan awal (*Initial Time*), adalah waktu dari pencampuran semen dan air sampai kehilangan sifat keplastisannya.
- 2) Pengikatan akhir adalah waktu dari pencampuran semen dan air sampai mencapai pastinya menjadi massa yang keras.

Berikut beberapa jenis semen dan penggunaannya berdasarkan SNI 15-2049-2004 seperti diuraikan dibawah ini:

- 1) Jenis I, yaitu semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
- 2) Jenis II, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- 3) Jenis III, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.
- 4) Jenis IV, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut panas hidrasi yang rendah.
- 5) Jenis V, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat yang sangat baik.

Proses hidrasi pada semen terjadi apabila semen dicampur dengan air, dimana hidrasi berlangsung dalam 2 arah, ke luar dan ke dalam, hasil hidrasi akan mengendap secara bertahap dibagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi dibagian dalam. Proses hidrasi sangat rumit, sehingga tidak semua reaksi dapat diketahui secara detail dan mendalam. Reaksi kimia dari proses hidrasi dari senyawa C_2S dan C_3S dapat dinyatakan sebagai berikut :



Kinerja semen dalam hal kemudahan pengerjaan (*Workability*), pengerasan, dan kekuatan tergantung pada beberapa parameter kontrol kualitas yang meliputi kehalusan

semen, kehilangan pengapian, alkalis dari klinker dan SO_3 , klinker bebas kapur, komposisi senyawa klinker, SO_3 dari semen dan bentuk SO_3 .

b. Agregat (Nurfitriana et al., 2023)

Menurut PBI agregat adalah butiran-butiran mineral yang dicampurkan dengan semen Portland dan air menghasilkan beton (Latri Nola Br Berutu, 2020: 10). Agregat merupakan material pembentuk beton yang memiliki jumlah yang paling banyak dibanding dengan material lainnya.

Menurut Lubis didalam beton agregat halus dan kasar mengisi sebagian besar volume beton, sehingga sifat-sifat dan mutu agregat sangat mempengaruhi sifat dan mutu beton. Menurut Lubis dalam Latri Nola Br Berutu (2020: 11) penggunaan Agregat dalam beton adalah:

- 1) Untuk menghemat penggunaan semen portland,
- 2) Untuk menghasilkan kekuatan yang besar pada beton,
- 3) Untuk mengurangi susut pengerasan beton,
- 4) Untuk mencapai susunan padat pada beton,dengan gradasi agregat yang baik akan didapat beton yang padat pula,
- 5) Mengontrol sifat dapat dikerjakan (*workability*) adukan beton.

Secara umum agregat terbagi atas dua yaitu : agregat kasar (kerikil dan batu pecah) dan agregat halus (pasir alami dan buatan).

1) Agregat kasar

Menurut SNI 03-2834-1993 (1993:1) agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm.

Persyaratan agregat kasar secara umum menurut SK SNI S-04-1989-F (Ahmad Dumyati, 2015:4) adalah sebagai berikut :

- a) Butir-butir tajam dan keras dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$.
 - b) Kekal tidak pecah atau hancur oleh cuaca (terik matahari dan hujan), jika diujidengan larutan garam natrium sulfat bagian yang hancur maksimal 12%, sedangkan dengan larutan garam magnesium sulfat maksimum 18%.
 - c) Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 5%.
 - d) Tidak mengandung zat organis terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan 3% *NaOH*, yaitu warna cairan diatas endapan agregat kasar tidak boleh lebih gelap dari pada warna standar gradasi.
 - e) Modulu halus butir antara 5 - 8 dan variasi butir sesuai standar gradasi
- 2) Agregat halus

Menurut SNI 03-2834-1993 (1993:1) agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm.

Persyaratan agregat halus secara umum menurut SK SNI S-04-1989-F (Ahmad Dumyati, 2015:4) adalah sebagai berikut :

- a) Butir-butirnya keras dan tidak berpori.
- b) Kekal tidak pecah atau hancur oleh cuaca (terik matahari dan hujan), jika diujidengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimal

12%, sedangkan dengan larutan garam Magnesium Sulfat maksimum 18%.

- c) Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 5%.
- d) Tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
- e) Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20%.
- f) Modulus halus butir antara 1,5 - 3,8 dan dengan variasi sesuai standar gradasi.

c. Air laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pesisir pantai. (Adnan et al., 2017) Butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena kandungan garam-garamnya. Garam ini menyerap air dari udara dan menyebabkan pasir selalu agak basah dan menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan (Anonim, 2012)

British Code CP 110:1972 memberikan batasan maksimum kandungan garam NaCl (Natrium Chloride) dari agregat laut sebesar 1 % dari berat semen yang digunakan, bahkan untuk penggunaan semen alumina atau beton prategang hanya 0,1 %. Hal ini disebabkan kandungan garam yang ada bila berhubungan dengan udara akan menimbulkan senyawa kimia yang kurang baik terhadap beton (Siregar, dkk. 2008) dalam (Silaskandi, J. 2012)

d. Retarder

Retarder adalah bahan tambahan yang digunakan dalam campuran beton untuk memperlambat proses pengikatan semen. Dengan menggunakan retarder,

waktu kerja beton menjadi lebih lama, yang memungkinkan para pekerja memiliki lebih banyak waktu dalam pengadukan, transportasi, dan penempatan beton.

a. Tujuan penggunaan Retarder

- 1) Memperpanjang Waktu Kerja : Memperlambat memperlambat proses pengikatan semen, memberikan lebih banyak waktu untuk pengadukan, transportasi, dan penempatan beton.
- 2) Pencegahan Retak : Dalam kondisi cuaca panas, perlambat.
- 3) Meningkatkan Kualitas Beton : Dengan memberikan waktu yang cukup untuk proses *hidr.*
- 4) Mengoptimalkan Pekerjaan Konstruksi : Memudahkan pekerja.
- 5) Mendukung Penerapan dalam Berbagai Kondisi : Retarder sangat berguna dalam kondisi lingkungan.

b. Kelebihan Retarder

- 1) Memperlambat Setting Time: Retarder memperpanjang waktu pengikatan beton, yang berguna terutama dalam kondisi cuaca panas atau ketika waktu pengangkutan beton lebih lama. Ini mencegah beton mengeras terlalu cepat sebelum selesai dicetak atau ditempatkan.
- 2) Meningkatkan Workability: Dengan waktu pengerasan yang lebih lama, pekerja memiliki lebih banyak waktu untuk menuang, menempatkan, dan memadatkan beton, yang pada akhirnya meningkatkan kemudahan pekerjaan (*workability*).
- 3) Mencegah Cold Joint: Retarder membantu menghindari pembentukan cold joint, yaitu ketika lapisan beton lama mulai mengeras sebelum

lapisan baru dituang. Hal ini penting untuk memastikan kekuatan dan keseragaman beton.

- 4) Mengurangi Risiko Keretakan: Pada cuaca panas, beton dapat mengalami hidrasi lebih cepat yang mengakibatkan penguapan air yang tinggi, dan dapat memicu retak pada permukaan beton. Dengan penggunaan retarder, proses pengerasan yang lebih lambat membantu mengurangi risiko retak.
- 5) Cocok untuk Pengecoran Massal: Retarder sangat bermanfaat dalam proyek pengecoran beton skala besar atau massal, di mana waktu pengerasan yang lebih panjang diperlukan untuk memastikan hasil yang seragam.

c. Kekurangan retarder

- 1) Terlalu Banyak Retarder: Penggunaan retarder yang berlebihan dapat menyebabkan waktu pengikatan beton terlalu lama, yang berpotensi memperlambat proyek atau mempengaruhi kekuatan beton secara negatif.
- 2) Pengaruh pada Kuat Tekan Awal: Penggunaan retarder dapat sedikit mengurangi kekuatan awal beton, meskipun kekuatan akhir biasanya tetap sesuai spesifikasi.

e. *Superplasticiser* (Sulaiman & Fisur, 2020)

Super plasticiser adalah bahan tambahan yang digunakan dalam campuran beton untuk mempercepat proses pengikatan semen. Dengan menggunakan Superplasticiser, waktu kerja beton menjadi lebih cepat. (Adnan Adnan et al., 2024)

a. Fungsi Utama Superplasticizer

- 1) Meningkatkan Daya Alir: Memungkinkan beton lebih mudah dicor dan ditempatkan.
- 2) Mengurangi Kebutuhan Air: Membantu mencapai campuran yang lebih kental tanpa mengorbankan workability.
- 3) Meningkatkan Kekuatan Akhir: Dengan mengurangi air, beton yang dihasilkan memiliki densitas dan kekuatan yang lebih tinggi.
- 4) Mempercepat Proses Pengerasan: Dapat mempercepat waktu pengeringan dan pengerasan beton.
- 5) Superplasticiser sering digunakan dalam proyek-proyek yang memerlukan beton berkualitas tinggi, seperti gedung pencakar langit dan struktur jembatan.

b. Kelebihan Superplasticizer

- 1) Peningkatan Workability: Mempermudah proses pencampuran, pengecoran, dan pemadatan beton.
- 2) Pengurangan Kebutuhan Air: Mengurangi jumlah air yang diperlukan tanpa mengorbankan fluiditas, menghasilkan beton yang lebih kuat.
- 3) Meningkatkan Kekuatan: Beton yang lebih padat dan lebih kuat berkat pengurangan kandungan air.
- 4) Mempercepat Pengerasan: Dapat mempercepat waktu pengeringan dan pengerasan, mempercepat jadwal konstruksi.
- 5) Mengurangi Retak: Mengurangi kemungkinan retak akibat penyusutan, menghasilkan permukaan yang lebih halus.

- 6) Peningkatan Durabilitas: Meningkatkan ketahanan terhadap pengaruh lingkungan, seperti korosi dan pengaruh kimia.
- 7) Superplasticiser sangat berguna dalam aplikasi beton berkualitas tinggi dan dalam kondisi yang menantang.

c. Kekurangan Superplasticizer

- 1) Biaya Tambahan: Penggunaan superplasticiser dapat meningkatkan biaya keseluruhan proyek karena harga aditif yang lebih tinggi.
- 2) Pengaruh pada Waktu Pengaturan: Beberapa jenis superplasticiser dapat mempercepat waktu pengaturan, yang mungkin tidak diinginkan dalam beberapa aplikasi.
- 3) Risiko Segregasi: Jika digunakan dalam jumlah berlebih, dapat menyebabkan segregasi partikel dalam campuran beton.
- 4) Keterbatasan dalam Kondisi Tertentu: Efektivitas superplasticiser dapat dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban, sehingga memerlukan penyesuaian.

7) Kuat tekan pada beton

Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima tekanan yang berupa gaya tekan per satuan luasnya. Kuat tekan beton dapat diketahui dengan pengujian dengan menggunakan sampel beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kuat tekan beton dapat diketahui dalam umur 28 hari dan dinyatakan dalam satuan Mpa. Selama 28 hari, beton disimpan dan dirawat dengan suhu dan kelembaban yang tetap.

Berikut adalah beberapa poin penting mengenai kuat tekan beton berdasarkan standar SNI:

1. **Pengujian Kuat Tekan:** Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji berbentuk kubus, silinder, atau prisma, yang umum dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari setelah pencampuran. Pengujian dilakukan menggunakan mesin tekan yang mengukur beban maksimum yang bisa ditahan beton sebelum hancur. Biasanya, beton diuji pada umur 28 hari, yang dianggap sebagai masa kekuatan maksimal yang dicapai beton.
2. **Metode Pengujian:** SNI 1974:2011 mengatur standar metode pengujian, termasuk cara mencetak, merawat, dan menguji benda uji. Beton harus disiapkan dengan perawatan yang benar di lingkungan yang terkontrol untuk mencapai hasil yang representatif. Kondisi suhu dan kelembaban sangat berpengaruh pada kekuatan yang dicapai.
3. **Klasifikasi Mutu Beton:** SNI membagi mutu beton dalam beberapa kelas berdasarkan kuat tekannya, misalnya K-225, K-250, hingga K-500, yang mengindikasikan kuat tekan beton tersebut (dalam MPa). Nilai ini biasanya digunakan dalam desain struktur untuk menentukan kapasitas beton dalam mendukung beban sesuai kebutuhan proyek.
4. **Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan:**
 - a. **Proporsi Campuran:** Kualitas semen, agregat, air, dan aditif yang digunakan dalam campuran beton sangat menentukan kuat tekan yang dihasilkan.
 - b. **Perawatan Beton:** Perawatan yang tepat seperti curing (perawatan lembab) sangat penting untuk mencapai kuat tekan yang optimal.

c. Lingkungan Uji: Suhu dan kelembaban lingkungan selama proses pengeringan beton akan berpengaruh pada kekuatannya.

5. Syarat-syarat Kuat Tekan Minimum: Untuk beton struktural, SNI juga memberikan panduan minimum kuat tekan yang harus dipenuhi berdasarkan fungsi struktur. Misalnya, struktur beton bertulang harus memenuhi nilai kuat tekan tertentu agar aman digunakan.

Adapun kuat tekan beton dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$f'c = \sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

$f'c = \sigma$ = Kuat tekan Beton (Mpa)

P = Beban maksimum (kN)

A = Luas permukaan sampel (cm²)

Menurut SNI 2847:2013, Untuk beton struktur, Kuat tekan $f'c$ tidak boleh kurang dari 17 MPa. Nilai maksimum $f'c$ tidak dibatasi kecuali bilamana dibatasi oleh ketentuan standar tertentu.

8) Kuat Tarik Belah Beton (Chen et al., 2020)

Kuat tarik belah beton adalah salah satu parameter penting yang menggambarkan kemampuan beton untuk menahan gaya tarik, meskipun beton pada dasarnya lebih kuat dalam menahan gaya tekan. Kuat tarik belah beton biasanya diuji dengan metode pembebanan tak langsung pada benda uji berbentuk silinder. SNI 03-2491-2002 mengatur tata cara pengujian kuat tarik belah pada beton.

Berikut adalah poin-poin utama mengenai kuat tarik belah beton menurut SNI:

1. Definisi dan Pentingnya Kuat Tarik Belah: Kuat tarik belah merupakan kekuatan beton dalam menahan gaya tarik, yang penting untuk mencegah retak atau keretakan pada beton akibat beban tarik yang mungkin terjadi dalam kondisi struktural tertentu, seperti pada bagian balok dan pelat yang mengalami tegangan lentur.
2. Metode Pengujian (Split Tensile Test): Berdasarkan SNI 03-2491-2002, pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan memberikan beban tak langsung pada benda uji beton berbentuk silinder, yang diletakkan mendatar di antara plat pembebanan mesin tekan. Pembebanan ini menghasilkan gaya tarik di sepanjang diameter silinder, sehingga benda uji cenderung retak di sepanjang sumbu pembebanan.
3. Proses Pengujian:
 - a) Benda uji yang digunakan biasanya memiliki diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.
 - b) Beban diberikan secara perlahan-lahan hingga benda uji retak. Kuat tarik belah dihitung dari beban maksimum yang dicapai hingga terjadi keretakan pada silinder, menggunakan rumus yang mempertimbangkan diameter dan tinggi benda uji.
4. Faktor yang Mempengaruhi Kuat Tarik Belah: (Octavia Sarmauli Pangaribuan et al., 2022)

- a) Campuran Beton: Komposisi dan kualitas material beton, seperti semen, agregat, air, dan bahan tambahan, memengaruhi kekuatan tarik belah beton.
- b) Perawatan Beton (Curing): Beton yang dirawat dengan benar selama periode awal akan memiliki kekuatan tarik belah yang lebih optimal.
- c) Umur Beton: Beton yang diuji pada umur tertentu, seperti 7 atau 28 hari, akan menunjukkan kekuatan tarik belah yang berbeda, dengan umur 28 hari sering digunakan sebagai standar pengujian.

5. Klasifikasi dan Aplikasi Kuat Tarik Belah: Hasil kuat tarik belah berguna untuk perancangan struktur beton yang lebih efisien, terutama dalam menentukan kekuatan lentur elemen struktural seperti balok dan pelat.

Kuat tarik belah biasanya berkisar antara 8-12% dari kuat tekan beton, bergantung pada jenis dan kualitas campuran beton yang digunakan. Panduan SNI ini penting bagi insinyur sipil dan praktisi konstruksi untuk memastikan bahwa beton yang digunakan memenuhi standar keamanan dan kekuatan yang diperlukan dalam berbagai aplikasi struktural.

Rumus empiris yang digunakan untuk menghitung kuat tarik belah beton berdasarkan kuat tekan beton (f'_c) adalah:

$$F_t = 0.07 \cdot f'_c \dots\dots\dots(2)$$

Di mana:

f_t = kuat tarik belah beton (MPa)

f'_c = kuat tekan beton (MPa)

B. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang penggunaan pasir laut dan air laut dengan menambahkan Superplasticiser dan Retarder dalam pembuatan beton. Berikut adalah penjelasan singkat tentang penelitian tersebut:

1. Rusvita, Dkk .(2024) "Analisa Pasir Pantai Bawasalo Sebagai Material Pengganti Pada Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton.

Hasil uji karakteristik pasir pantai bawasalo telah memenuhi spesifikasi untuk dijadikan agregat pasir sungai campuran beton. Pengaruh kuat tekan beton mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya presentase variasi agregat pasir sungai pasir pantai bawasalo. Pada beton normal umur 7 hari dengan sebesar 17,55 MPa dan pengujian 28 hari dengan sebesar 27,55 MPa. pengujian 28 hari dengan sebesar 22,08 MPa. Sedangkan kuat tarik belah mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya presentasi variasi agregat pasir pantai bawasalo pada pengujian benton normal umur 28 hari 10,370 MPa, pada pengujian 50% sebesar 5,407 MPa dan pada 100% dengan sebesar 4,00 MPa.

2. Widyaningsih. Euneke, Dkk (2023) "Analisis Pengaruh Penggunaan Retarder pada Mortas Geopolimer.

Penelitian ini dapat memberikan kesimpulan bahwa bahan tambah retarder mampu memberikan pengaruh dalam desain campuran geopolimer. Pengaruh yang diberikan yaitu, sesuai dengan teori umum dari bahan tambah retarder; waktu ikat material geopolimer dapat meningkat dari 420 detik; menjadi 600

detik dengan ditambahkan 2,5% retarder dari berat fly ash. Namun, peningkatan waktu ikat ini memiliki efek samping yakni penurunan kuat tekan dari desain campuran geopolimer. Pada usia 28 hari, halmana diasumsikan reaksi polimerisasi pada campuran mortar telah terjadi secara sempurna, dapat terlihat bahwa dengan semakin banyaknya persentase retarder yang ditambahkan, kuat tekan mengalami penurunan.

3. Muhammad Buttomi Masgode, Dkk .(2023) Uji Kuat Tekan Beton Pada Material Alam Pasir Pantai Muara Lapao-Pao

Sesuai hasil pengujian Pasir Pantai Muara Lapao-pao, Penulis menyimpulkan perbedaan tegangan tekan beton dengan pemakaian pasir Pantai Muara Lapao-Pao lebih kuat 24,38% dengan perilaku tanpa dicuci dibanding pasir pantai yang dicuci saat umur 28 hari. Kuat Tekan pasir pantai tanpa dicuci sebesar 21,23 Mpa sedangkan pasir pantai yang dicuci hanya sebesar 16,84 Mpa. Dengan hasil ini maka pemakaian pasir pantai Muara Lapao-Pao untuk bangunan rumah bisa diaplikasikan dengan beberapa ketentuan diantaranya melakukan pelapisan pada baja tulangan untuk menghindari percepatan korosi yang diakibatkan oleh garam yang terkandung didalam pasir pantai.

4. Angga, and teguh rizul rachmadi. (2023) "analisis kuat tekan beton menggunakan agregat halus pasir pantai jawai dan agregat kasar batu pecah di kabupaten sambas kalimantan barat.

Berdasarkan hasil dari analisa perhitungan dan data pengujian dalam penelitian yang sudah selesai dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut;

- a) Hasil uji kadar garam pasir pantai tanpa dicuci (0,004%) dan pasir pantai dicuci (0%).
 - b) Hasil perhitungan kebutuhan semen (19,50 kg), kebutuhan pasir pantai tanpa dicuci dan dicuci (27,2870 kg), agregat kasar (63,670 kg) dan kebutuhan air (10,50 L).
 - c) Nilai slump beton 14 cm.
 - d) Hasil uji kuat tekan beton pada umur 7 hari untuk bahan pasir pantai tanpa dicuci rata-rata 114,0514kg/cm² dan pasir pantai yang dicuci 153,9535kg/cm². Sementara hasil pengujian pada umur 14 hari untuk bahan pasir pantai tanpa dicuci rata-rata 142,6046 kg/cm² dan pasir pantai yang dicuci 209,8392 kg/cm².
 - e) Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan pasir pantai yang dicuci menunjukkan hasil yang lebih besar dari menggunakan pasir pantai tanpa dicuci. hasil uji kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 14 hari untuk bahan pasir pantai yang dicuci memenuhi syarat sesuai dengan mutu K225 yang direncanakan berdasarkan hasil konversi ke umur 28 hari dengan menggunakan faktor yang sudah disebutkan dalam PBI.
5. Rini, Sheila Hani, and Dirifandi Laia, (2022),"Analisis Eksperimental Penggunaan Pasir Laut Sorake dan Pasir Sungai Gomo pada Campuran Beton Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:,

- a) Nilai kuat tekan beton dengan menggunakan Pasir Laut Sorake dan Pasir Sungai Gomo dengan variasi di cuci dan tidak dicuci memiliki nilai rata-rata sebesar adalah Pasir Laut di cuci 19,26 Mpa, Pasir Laut tidak cuci 20,55 Mpa, Pasir Sungai Cuci 17,93 Mpa, Pasir Sungai tidak cuci 16,74 Mpa.
 - b) Nilai kuat tekan beton yang paling besar dengan menggunakan Pasir Laut tidak cuci adalah 20,55 Mpa
 - c) Setelah dievaluasi dan diuji dengan beberapa pengujian sifat fisik material, maka agregat halus dari dua wilayah tidak layak untuk struktur beton
6. Raidyarto dan adri. (2021). Perilaku mekanik self compacting concrete (scc) menggunakan air laut dan pasir laut yang diperkuat dengan serat baja.

Dalam kehidupan sehari-hari kebutuhan air bersih semakin meningkat namun potensi sumber air bersih semakin kecil, sehingga perlu memikirkan alternatif penggunaan air bersih pada konstruksi beton. Berkaitan dengan hal ini, maka dilakukan penelitian yang menggunakan air laut sebagai bahan campuran dan sebagai curing. Beton memiliki kekurangan yang tidak mampu menahan gaya tarik sehingga pada perkembangannya diberikan baja tulangan dengan tujuan mampu menahan gaya tarik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh serat baja pada sifat mekanik beton SCC yang terbuat dari material laut (air laut dan pasir laut) dan merumuskan model hubungan sifat mekanik beton SCC (kuat tekan dan kuat tarik belah) yang menggunakan air laut dan pasir laut diperkuat dengan serat baja. Penelitian ini berbentuk

eksperimental di laboratorium. Kadar serat baja yang digunakan yaitu 0,0, 0,5, 1,0, 1,5 dan 2,0% dari berat semen. Dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur untuk mengevaluasi perilaku mekanik beton yang dibuat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat mekanik beton SCC (kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur) berbahan material laut (air laut dan pasir laut) semakin meningkat seiring dengan peningkatan kadar serat baja yang digunakan. Kurva hubungan kuat tarik belah dengan kuat tekan yang cenderung membentuk persamaan fungsi power eksponensial. Dengan persamaan regresi, untuk seluruh penggunaan serat baja sebagai bahan perkuatan dapat ditulis $TSCC - 0\% SB = 0,0911 (fc)^{1,0074}$; $TSCC - 0,5\% SB = 0,0950 (fc)^{0,9906}$; $TSCC - 1\% SB = 0,0886(fc)^{1,0045}$; $TSCC - 1,5\% SB = 0,0934 (fc)^{1,0189}$ dan $TSCC - 2\% SB = 0,0843 (fc)^{1,0076}$. Terjadi peningkatan beban seiring dengan meningkatnya orientasi serat, dimana serat yang berada didalam beton tidak patah selama proses pengujian baik kuat tekan, kuat tarik belah maupun kuat lentur terjadi melainkan serat menjadi lurus akibat proses interlocking yang terjadi antara beton dan serat baja. Hal ini disebabkan oleh karena adanya kuat lekat adhesi, friksi dan interlocking.

7. Pazlan, Dkk. (2019). Pengaruh substitusi aditif dan agregat terhadap kuat tekan beton mutu tinggi yang direndam pada air asin.

Tulisan ini menyajikan hasil penelitian pengaruh substitusi aditif dan agregat terhadap kuat tekan beton mutu tinggi yang direndam pada air asin. Beton yang digunakan adalah beton dengan campuran abu pozzolan alam (10%), fly ash batu bara (15%), abu cangkang sawit (15%) sebagai substitusi

semen, pasir pozzolan alam (10%), kerak boiler cangkang sawit (20%) sebagai substitusi agregat halus, kerak boiler cangkang sawit (40%) sebagai substitusi agregat kasar dan beton tanpa material substitusi (normal). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton benda uji silinder berukuran 15 x 30 cm yang direndam pada air asin. Lama perawatan adalah 56 hari, 84 hari dan 112 hari. Hasil penelitian menunjukkan, untuk perawatan di air asin nilai kuat tekan beton mutu tinggi menggunakan campuran abu pasir pozzolan sebagai substitusi semen meningkat sebesar sebesar 4, 9% pada umur perawatan 84 hari terhadap beton tanpa material substitusi (normal).

8. Tata, Arbain. (2019). "Sifat mekanis beton dengan campuran pasir pantai dan air laut.

gregat halus dari pasir pantai sebagai komponen beton telah banyak digunakan di daerah kepulauan. Pasir pantai sebagai salah satu jenis agregat halus tersedia dalam jumlah banyak tetapi kualitas disetiap daerah masih perlu diteliti. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan sifat mekanis beton campuran pasir pantai dengan variasi quarry yang berbeda.

9. Ali, ferawati. (2018). Pengaruh metode perawatan dan penggunaan sika plastiment-vz terhadap kuat tekan beton. Diss. Politeknik negeri manado,

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kuat tekan beton dengan dua metode perawatan beton yaitu dengan curing perendaman dan curing karung goni. Jenis additive yang digunakan adalah plastiment-vz dari Produk PT. Sika Indonesia. Variasi dosis yang dicoba yaitu 0, 15 % dan 0, 25 % terhadap berat semen. Penelitian bersifat uji laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Uji

Bahan dan Material Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado. Penelitian yang dilakukan mulai dari perencanaan sampai pengerjaan campuran beton menggunakan acuan Standar Nasional Indonesia (SNI 4810-20013) tentang Spesifikasi Tatacara Pembuatan dan Perawatan Specimen Uji Beton di Lapangan (ASTM C31-10, IDT). Untuk Pekerjaan Pasangan (SNI 2834-2000) tentang Tatacara Pembuatan Rencana Beton normal, Standar Nasional Indonesia (SNI 03-1974-1990) tentang Kuat Tekan Beton. Berdasarkan hasil penelitian pada tiga komposisi campuran yang diuji yaitu: 1 pc: 1 pasir: 2 kerikil untuk beton normal, plastiment-vz 0, 15 % dan 0,25 % untuk beton campuran dengan zat additive. Kuat tekan beton yang dihasilkan dari campuran zat additive 0,15% memiliki nilai presentase yaitu 2,96% terhadap beton normal direndam, curing karung goni 11,9% terhadap beton normal, untuk variasi plastiment-vz 0,25% dengan cara direndam mendapatkan nilai presentase 1,64 % terhadap beton normal dan curing karung goni yaitu 17,1% terhadap beton normal.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penyusunan skripsi dan 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 dengan gambar, table, grafik, atau tampilan lainnya. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian dilaboratorium. Strategi penelitian ini menggunakan strategi penelitian eksperimental yaitu untuk membandingkan antara beberapa variasi dengan menambahkan bahan alternatif pada beton.

B. Lokasi Dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare

C. Bahan dan Alat Penelitian

1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

a. Semen

Semen berfungsi sebagai bahan pengikat pada adukan beton. Pada penelitian ini digunakan semen portland (PC) tipe I, dengan merk Bososwa dengan satuan 50 kg/zak.

b. Air laut

Air laut yang digunakan dari pantai Ujung Lero Kabupaten Pinrang.

c. Agregat Halus (Pasir)

Pasir laut yang digunakan dari pantai Ujung Lero Kabupaten Pinrang.

d. Agregat Kasar (Batu Pecah)

Sebelum dilaksanakan pembuatan beton dilakukan analisa saringan, penyerapan air, berat jenis, dan pemeriksaan berat satuan agregat (memenuhi standar SNI).

e. Oli

Dalam penelitian ini, oli digunakan sebagai bahan pendukung penelitian seperti belerang. Berdasarkan SNI 6369-2008 tentang pembuatan capping untuk benda uji selinder, oli digunakan sebagai pelumas pelat capping agar benda uji mudah untuk dilepas. Selain itu oli juga digunakan sebagai pelumas cetakan beton.

f. Retarder

Bahan ini yang digunakan untuk memperlambat proses pengerasan campuran beton.

h. Superplasticizer

Bahan ini dalam campuran beton yang di gunakan untuk meningkatkan *workability* atau kemudahan pengerjaan tanpa menambah jumlah air.

2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Oven
- b. Timbangan
- c. Piknometer
- d. Ayakan/saringan
- e. Kompor Gas
- f. Alat Capping Silinder Beton
- g. Ceatakan Beton Silinder dengan ukuran (15 x 30 cm)
- h. Kerucut Abrams
- i. Plat Capping dan Alat Pelurusnya
- j. Cetok
- k. Penggaris
- l. Kuas
- m. Cawan
- n. Sendok
- o CTM (Compression Testing Machine) dengan kapasitas 2000 KN

q. Besi 6 mm

D. Variable Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan percobaan secara langsung dilaboratorium. Eksperimen dilakukan dengan memberikan perlakuan terhadap variabel yang diteliti yaitu

uji kuat tekan beton pada beton normal dengan variasi 7,14 dan 28, Dan pada Beton Superplasticiser dan Retarder dengan variasi 7,14 dan 28. Pengujian beton normal yang dilakukan dengan uji kuat tarik belah pada usia 28 hari. Dan pada beton Superplasticiser dan Retarder uji kuat tarik belah pada usia 28 hari.

Sampel benda uji pada penelitian sebanyak 24 (dua empat) sampel dengan cetakan selinder ukuran 150 X 300 mm.

1. Data Primer

Data yang diperoleh melalui eksperimen di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Penelitian ini berfokus pada variasi campuran dari limbah beton yang akan dijadikan sebagai pengganti sebagian agregat kasar. Jumlah sampel yang dibutuhkan pada setiap variasi adalah:

- a. Beton Normal 12 buah
- b. Beton dengan menggunakan Superplasticiser dan Retarder 12 buah

Tabel 3.1 Jumlah Sampel Beton Normal

Jenis Pengujian Beton Normal	Umur beton (hari)			Jumlah
	7	14	28	
Kuat Tekan	3	3	3	9
Kuat Tarik Belah	-	-	3	3
Total				12

Tabel 3. 2 Jumlah Sampel Beton Superplasticiser dan Retarder

Jenis Pengujian Beton Superplasticiser dan Retarder	Umur beton (hari)			Jumlah
	7	14	28	
Kuat Tekan	3	3	3	9
Kuat Tarik Belah	-	-	3	3
Total				12

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-data diperoleh dari tulisan seperti buku-buku teori, buku laporan, peraturan-peraturan, dan dokumen baik yang berasal dari instansi terkait maupun hasil kajian literature

Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan dan perawatan benda uji

adalah sebagai berikut :

1. Bahan dan alat-alat yang akan digunakan untuk pembuatan beton (benda uji) telah disiapkan terlebih dahulu.
2. Dilakukan pemeriksaan laboratorium terhadap material yang akan digunakan agar mutu beton yang direncanakan mencapai kekuatan maksimal sesuai dengan perhitungan, yaitu pemeriksaan agregat yang meliputi kadar lumpur, pemeriksaan berat jenis, pemeriksaan berat isi agregat, Analisa saringan dan kadar air.
3. Merencanakan campuran beton (mix design).
4. Menimbang bahan yang dibutuhkan sesuai dengan yang telah ditentukan dalam perencanaan.
5. Pengadukan bahan didahului dengan memasukkan pasir dan semen portland kemudian diaduk, bahan tambah superplasticizer dan retarder secara bergantian sampai semua bahan habis, masukkan kerikil, dan air.
6. Setelah adukan homogen, tuang adukan ke alas campuran beton.
7. Diukur nilai slump dari adukan tersebut, jika belum sesuai dengan nilai slump yang direncanakan masukkan kembali ke dalam bak pengadukan untuk dilakukan penyesuaian dengan penambahan air.
8. Setelah slump yang didapat sesuai dengan rencana, kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan silinder. Pengisian adukan dilakukan tiga tahap, masing-masing $\frac{1}{3}$ dari tinggi cetakan. Setiap tahap dipadatkan dengan tongkat baja (dengan ukuran diameter 16 mm dan panjang 60 cm yang ujungnya dibulatkan) sebanyak 25 kali.

9. Setelah padat dan cetakan penuh , kemudian permukaannya diratakan.
10. Setelah itu simpan cetakan ditempat yang sejuk, diletakan ditempat yang rata dan bebas dari getaran dan gangguan lain dan dibiarkan 24 jam. Setelah 24 jam benda uji dikeluarkan dari cetakan. Diukur tinggi, diameter dan beratnya serta beri tanda seperlunya. Perawatan dilakukan dengan merendam benda uji di dalam kolam perendaman selama 28 hari.
11. Pengujian dilakukan dengan mesin kuat tekan beton sesuai dengan umur yang telah ditentukan.

E. Pemeriksaan Slump Test

Langkah-langkah pengujian Slump Test : (SNI 1969, 2008)

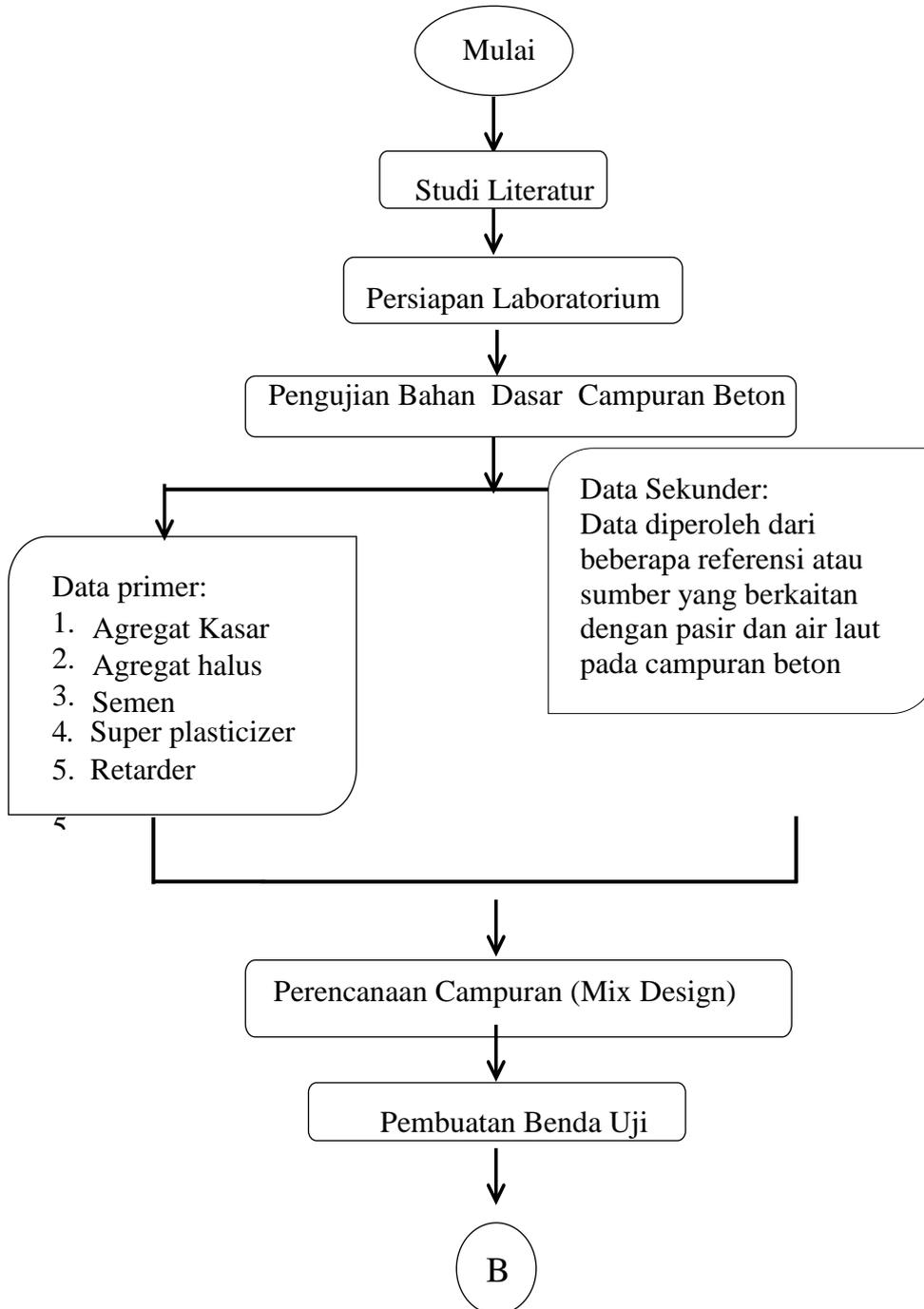
1. Basahi kerucut Abrams, seng plat, dan tropol dengan air.
2. Letakan seng plat dan kerucut pada tempat yang datar, kerucut Abrams ditahan dengan tangan agar tidak terjadi pergeseran.
3. Tuangkan campuran beton kedalam kerucut Abrams dengan membagi 3 lapisan, tiap lapisan diberikan tusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi.
4. Ratakan permukaan kerucut Abrams yang sudah berisi campuran beton dengan tropol lalu bersihkan daerah sekitar kerucut.
5. Angkat kerucut Abrams secara tegak lurus secara perlahan-lahan.
6. Kemudian tempatkan kerucut di samping campuran beton secara terbalik, lalu ukur tinggi penurunan dengan mistar ukur besi.
7. Tinggi penurunan menunjukkan besar kecilnya nilai slump yang terjadi pada campuran beton

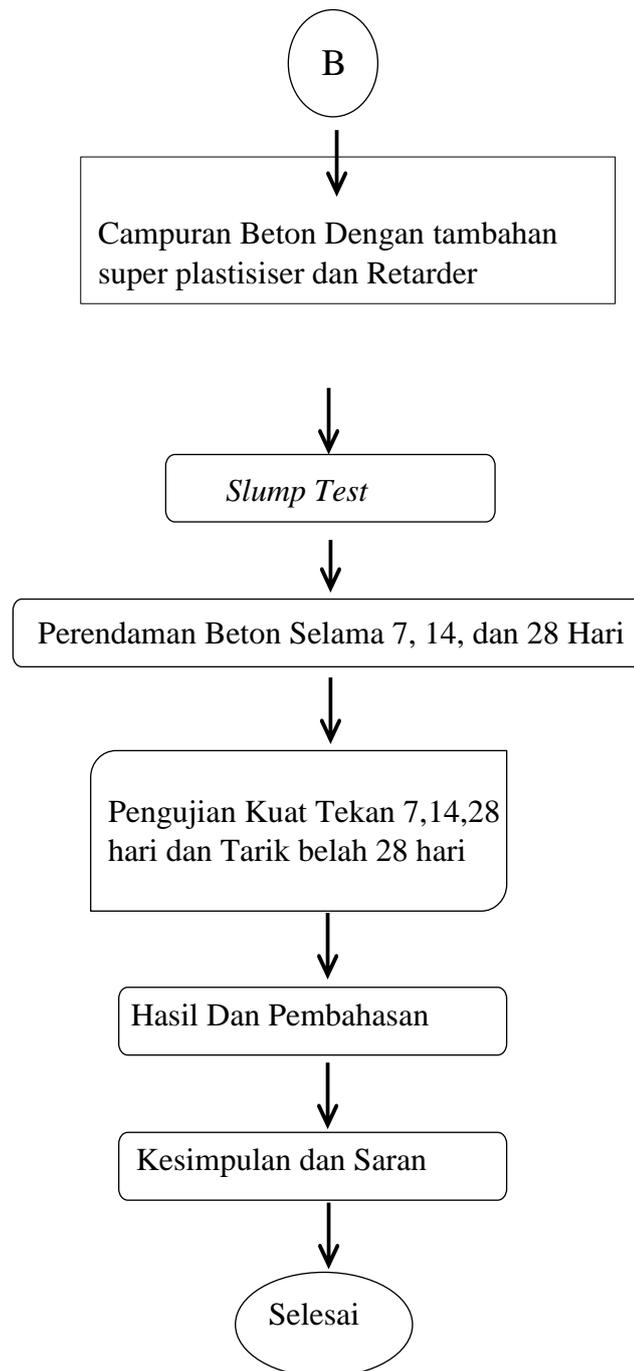
F. Tahap Pengujian Kuat Tekan Beton (SNI 7656:2012, 2012)

Pengujian dilakukan menggunakan alat uji kuat tekan terhadap benda uji mortar berbentuk selinder yang berukuran 150 x 300 mm pada umur 28 hari. Pelaksanaan pengujian sebagai berikut :

1. Benda uji dikeluarkan dari bak perendaman dan dikeringkan dengan cara diangin-anginkan selama 24 jam hingga kering permukaan jenuh (SSD)
2. Benda uji yang sudah dikeringkan kemudian ditimbang dan dicatat hasilnya.
3. Letakkan benda uji ditengah mesin penguji kuat tekan secara simetris.
4. Pembebanan dilakukan sampai benda uji mencapai beban maksimum dan menjadi hancur.
5. Catat hasil beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.

G. Diagram alir





BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar dan agregat halus. Hasil rekapitulasi masing-masing pengujian ditunjukkan dalam tabel di bawah ini.

1. Agregat Kasar (Hakzah et al., 2021)

Tabel 4.1 Rekapitulasi has pengujian agregat kasar (Sumber : Hasil Olah Data (2024))

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KET.
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks1 %	4,2%	3,6%	3,90%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	22,7%	22,0%	22,3%	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	3,09%	3,95%	3,52%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1,38	1,51	1,45	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1,89	1,90	1,89	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2 % -2%	1,01%	1,83%	1,42%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	2,25	2,38	2,32	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,20	2,28	2,24	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,22	2,33	2,27	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50- 3,80	3,31	3,28	3,29	Memenuhi

Dari pengujian agregat kasar diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar Lumpur

Dari pengujian kadar lumpur agregat kasar diatas didapatkan hasil 4,30% yang nilainya lebih kecil dari 1% sehingga agregat kasar perlu dicuci sebelum dijadikan bahan campuran beton.

b. Keausan Agregat

Dari pengujian tingkat keausan agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeles* diatas didapatkan hasil 22,3% yang nilainya lebih kecil dari 50% sehingga aregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar Air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil 1,01% yang nilainya lebih kecil dari 2 % sehingga aregat kasar dapat digunakan pada campuran beton.

d. Berat Volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar didapatkan hasil 1,32 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,64 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 1,9 kg/liter sehingga aregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

e. Penyerapan Air

Dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil 2,98% yang nilainya masih dalam interval maksimum 4 % sehingga aregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

f. Berat Jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil 3,22. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,94. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 3,03 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 6,59 adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran beton.

2. Agregat Halus

Tabel 4.2 Rekapitulasi pengujian agregat halus (Sumber :Hasil Olah Data (2024))

NO	KARAKTERISTI K AGREGAT	INTERVA L	HASIL PENGAMATA N		NILAI RATA- RATA	KET.
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	4,2%	3,6%	3,90%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	No. 1	No. 1	1	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	3,09%	3,95%	3,52%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1,38	1,51	1,45	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1,89	1,90	1,89	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1,01%	1,83%	1,42%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					

Lanjutan tabel 4.2

	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	2,25	2,38	2,32	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,20	2,28	2,24	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,22	2,33	2,27	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	3,31	3,28	3,29	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 4,50%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 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.1 pada standar warna yang menunjukkan bahwa material agregat halus 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 halus di atas yaitu 4,61%, 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 1,73 sedangkan pengujian berat volume agregat halus kondisi padat yaitu 1,56, 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 (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

e. Penyerapan air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian penyerapan air agregat halus di atas yaitu 1,53%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval dari 0,2%-2% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

f. Berat jenis agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat jenis nyata diatas yaitu 2,61, berat jenis kering yaitu 2,51 dan berat jenis kering permukaan yaitu 2,55, dari ke 3 (tiga) hasil tersebut 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.

g. Modulus kehalusan agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian modulus kehalusan agregat halus diatas yaitu 2,95, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,50-3,80 yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut

B. Perencanaan Adukan Beton (Mix Design)

Perencanaan adukan beton dihitung menggunakan metode (SNI 7656:2012, 2012) dengan hasil data sebagai berikut :

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

Mutu beton	= 25
<i>Slump</i>	= 75 - 100
Ukuran agregat maksimum	= 20
Berat kering oven agregat kasar	= 1,863
BJ semen tanpa tambahan udara	= 3,15
Modulus kehalusan agregat halus	= 3,29
Berat jenis (SSD) agregat halus	= 2,27
Berat jenis (SSD) agregat kasar	= 2,96
Penyerapan air agregat halus	= 1,42%
Penyerapan air agregat kasar	= 2,25%
Kadar Air agregat halus	= 3,52%
Kadar Air agregat kasar	= 1,94%
Berat Volume Pasir Laut	= 1,79

Perhitungan

1. Deviasi standard

$$F_c' = 25 \text{ Mpa}$$

2. Deviasi Standard

Tabel 4. 3 Tabel nilai deviasi (kg/cm²) 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)

$$\begin{aligned}
 M &= 1,64 \times SR \\
 &= 1,64 \times 7 \\
 &= 11,48 \text{ Mpa} \cong 12 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

4. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan

$$\begin{aligned}
 f_c \text{ target} &= f'c + m \\
 &= 25 + 12 \\
 &= 37
 \end{aligned}$$

5. Jenis Semen

Semen Portland Tipe 1

6. Jenis Agregat

Agregat Halus = Pasir Laut

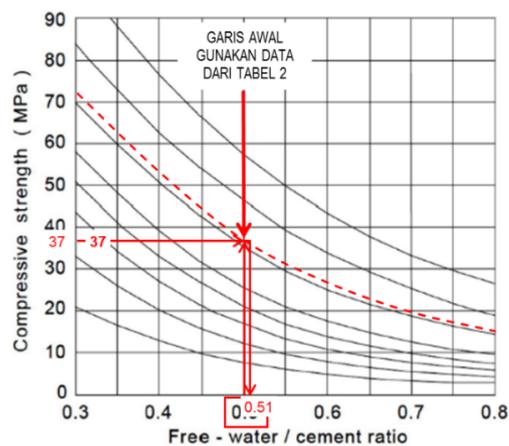
Agregat Kasar = Batu Pecah

7. Faktor Air Semen Bebas

FAS 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 Uji
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe 1	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulvat Tipe II, V	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	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

$$f'c \text{ rencana} = 25 \text{ Mpa}$$

$$f'c \text{ target} = 36,48 \text{ Mpa}$$

$$f_{as} \text{ pakai} = 0,51$$

8. Faktor Air Semen Maksimum

$$FAS \text{ max} = 0,50$$

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		Lihat Tabel 6
b. air laut		Lihat Tabel 6

9. Slump

Biasanya untuk pengecoran di dalam indor slump yang mudah dikerjakan adalah 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

$$= 20 \text{ mm}$$

Tabel 4. 6 Perkiraan kadar air bebas (Kg/m³) 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

$$W_h = 195$$

$$W_k = 225$$

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus, sedangkan w_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

$$W = \frac{2}{3} \times W_h + \frac{1}{3} \times W_k$$

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

$$W = 205,00 \text{ kg/m}^3$$

12. Kadar Semen

$$\begin{aligned} \text{Kadar semen} &= \frac{\text{Kadar air bebas (Wf)}}{\text{Faktor air semen (fas)}} = \frac{205,00}{0,50} \\ &= 410 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$

13. Kadar Semen Minimum

$$= 300,00 \text{ Kg/m}^3$$

14. Susunan Besar Butir Agregat Halus

Jenis pasir = Sedang

15. Berat Jenis Agregat

$$\text{Berat Jenis Agregat Halus} = 2,27$$

$$\text{Berat Jenis Agregat Kasar} = 2,96$$

16. Berat Jenis Relatif Agregat Gabungan

Berat jenis agregat gabungan dihitung dengan persamaan

$$B_j \text{ Ag.Gab} = (\text{Persen Ag.Halus} \times B_j \text{ Ag.Halus}) + (\text{Persen Ag.Kasar} \times B_j \text{ Ag.Kasar})$$

$$= 271\%$$

$$= 2,71$$

17. Berat Isi Beton

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

Gambar 4. 2 Grafik perkiraan berat isi beton *Sumber : (SNI 03-2834:2000)*
Berat isi beton= 2.350 kg/m³

18. Koreksi Terhadap Kadar Air

Pengujian kadar air terhadap material dilakukan sebelum hendak melakukan proses pencampuran untuk pengujian kadar air bisa dilihat pada SNI 03-1971-19990.

Misal, kadar air yang didapat :

$$\text{Ag.Kasar} = 1,94\%$$

$$\text{Ag.Halus} = 3,52\%$$

Sehingga berat massa penyesuaian berdasarkan kadar air adalah :

$$\text{Ag.Kasar (Basah)} = 1,94 \% \times 1101,61 = 21,378 \text{ kg}$$

$$\text{Ag.Halus (Basah)} = 3,52\% \times 633,610 = 22,312 \text{ kg}$$

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

$$\text{Air yang diberikan Ag.kasar} = 1,42\% \times 1101,61 = 15,660 \text{ kg}$$

$$\text{Air yang diberikan Ag.halus} = 2,25\% \times 633,610 = 14,256 \text{ kg}$$

Dengan demikian kebutuhan air adalah sebagai berikut :

$$203,0 - 43,690 + 29,916 = 189,225 \text{ kg}$$

Maka perkiraan 1 m³ beton adalah sebagai berikut :

$$\text{Air (yang ditambahkan)} = 189,225 \text{ kg}$$

Semen	= 383,843 kg
Ag.Kasar	= 1107,324 kg
Ag.Halus	= 641,666 kg

19. Kebutuhan campuran bahan untuk 1 m³ beton

Tabel 4. 7 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk 1 m³ beton (Sumber : Hasil olah data 2024)

	Berdasarkan Koreksi terhadap kadar air (kg)	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolute (kg)
Air (berat bersih)	189,2	203.0	203.0
Semen	383,8	411,8	411,8
Ag. Kasar (kering)	1107,3	1101,6	1101,6
Ag. Halus (kering)	641,7	633,6	626,5

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

1	1.52	2.68	0.49
---	------	------	------

20. 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 = $\frac{1}{4}\pi d^2 h$

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

$$= 0.00530144 \text{ m}^3$$

Volume total silinder silinder = Volume 1 silinder \times Jumlah beton

$$= 0,00530144 \text{ m}^3 \times 9$$

$$= 0,04771294 \text{ m}^3$$

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

$$\begin{aligned} \text{Volume tambahan} &= \text{vol. 9 silinder} \times 15\% \\ &= 0,04771294 \text{ m}^3 \times 15\% \\ &= 0,05486988 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. total} &= \text{Vol. total silinder} + \text{Vol. Tambahan} \\ &= 0,04771294 \text{ m}^3 + 0,05486988 \text{ m}^3 \\ &= 0,10258282 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tabel 4. 8 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk 9 silinder beton (Sumber : Hasil olah data 2024)

	Berdasarkan Koreksi terhadap kadar air (kg)	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolute (kg)
W semen	21,06 Kg	22,59 kg	22,59 kg
W pasir	35,21 Kg	34,77 kg	34,38 kg
W kerikil	60,76 Kg	60,44 kg	60,44 kg
W air	10,38 Kg	11,14 kg	11,14 kg

Tabel 4. 9 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk beton normal (Sumber : Hasil olah data 2024)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 9 Silinder
W semen	411,78 kg	2,51 kg	22,59 kg
W pasir	633,61 kg	3,86 kg	34,77 kg
W kerikil	1101,61 kg	6,72 kg	60,44 kg
W air	203,00 kg	1,24 kg	11,14 kg

Untuk Beton Superplasticiser dan retarder

$$\begin{aligned} \text{Berat Air Laut} &= \text{Vol. Air Laut} \times 0,85 \\ &= 203,0 \times 0,85 \\ &= 172,55 \text{ kg} \end{aligned}$$

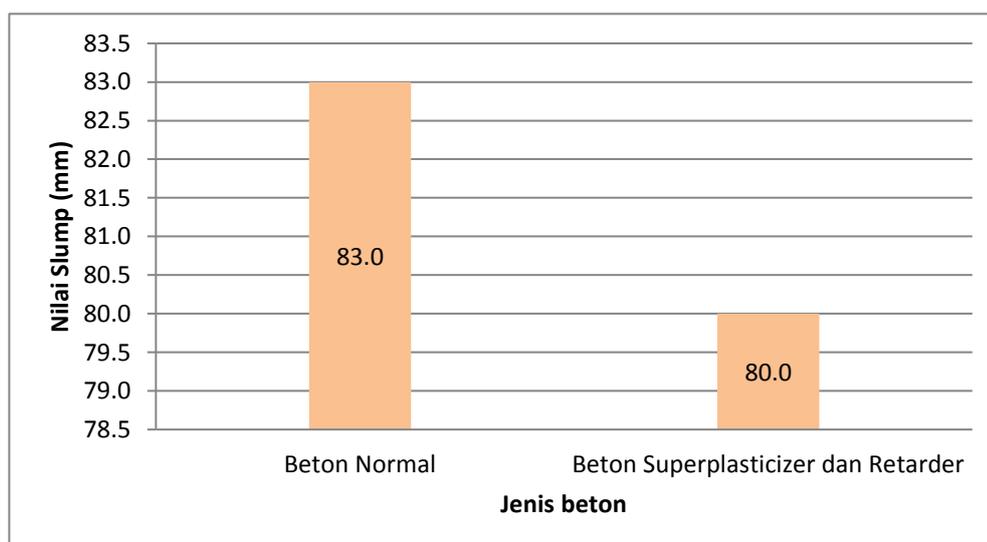
$$\begin{aligned}
 \text{Berat Superplasticiser dan retarder} &= 172,55 \quad \times \quad 2,0\% \\
 &= 172,55\text{m}^3 \quad \times \quad 2,0\% \\
 &= 3,451 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.10 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk beton Additive (Sumber : Hasil olah data 2024)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 9 Silinder
W semen	411,78 kg	2,51 kg	22,59 kg
W kerikil	1101,61 kg	6,72 kg	60,44 kg
W pasir laut	633,61 kg	3,86 kg	34,77 kg
W air laut	172,55 kg	1,05 kg	9,47 kg
W Superplasticiser dan Retarder	3,45 kg	0,02 kg	0,19 kg

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 beton dicampurkan ke dalam adukan beton, maka nilai *workability* akan semakin menurun.



Gambar 4.3 Hubungan antara variasi campuran dengan nilai slump

Dari pengujian slump diatas, tampak bahwa nilai slump turun dengan bertambahnya jumlah Superplaticizer dan retarder dalam campuran, hal ini dikarenakan Superplaticizer dan retarder yang tidak memiliki permukaan yang beraturan dan berongga sehingga pada saat dilakukan pencampuran, rongga pada Superplaticizer dan retarder saling mengisi atau saling mengikat sehingga nilai slump atau kelecakan pada campuran beton berkurang.

D. Kuat Tekan

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 sampel. Yang terdiri beton normal dan beton Superplaticizer dan retarder. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 12 sampel untuk kuat tekan silinder dengan ukuran benda uji 15 x 30 cm. 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 adalah sebagai berikut :

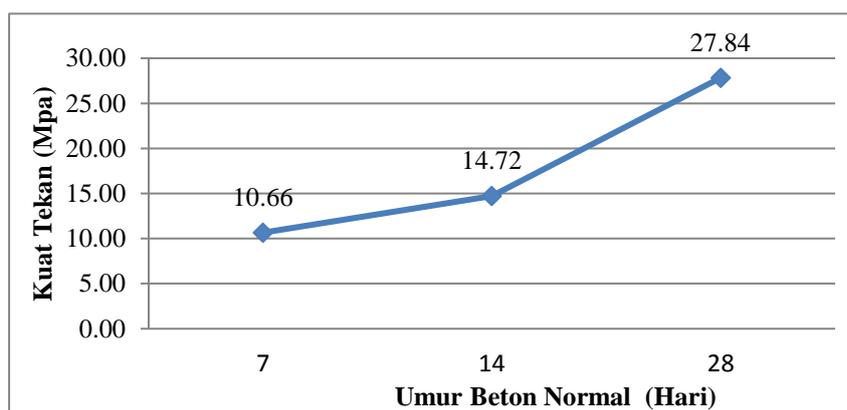
1. Beton normal

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

Tabel 4.11 Rekap hasil kuat tekan beton normal (Sumber :Olah Data (2024))

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12,45	188,33	10,66
2	14 Hari	12,51	250,00	14,72
3	28 Hari	12,16	491,67	27,84

Pada pengujian sampel uji kuat tekan beton normal dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 10,66 MPa untuk umur 7 hari, 14,72 MPa untuk umur 14 hari, dan 27,84 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang diinginkan dengan grafik sebagai berikut:

**Gambar 4.4** 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 12,44 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatankuat tekan sebesar 4,74 Mpa.

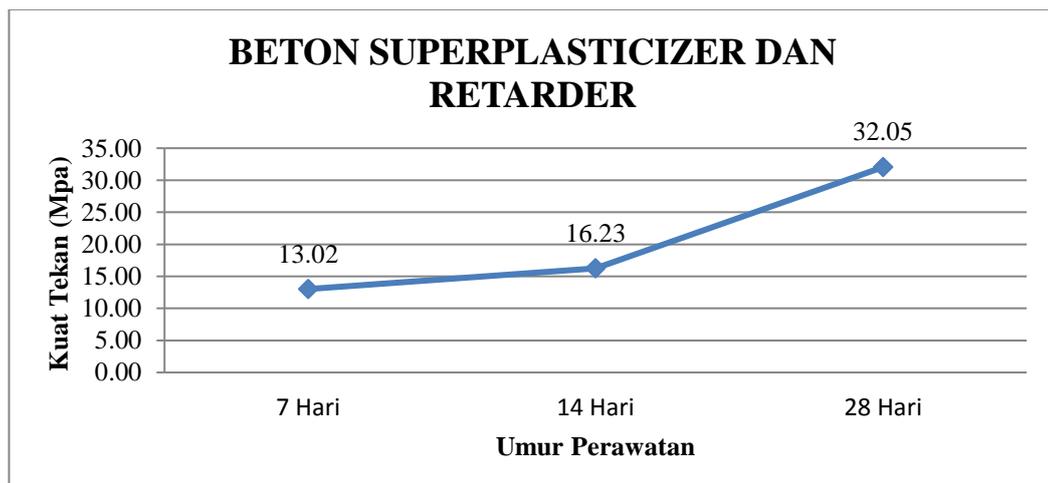
2. Beton Superplasticizer dan Retarder

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

Tabel 4. 12 Rekap hasil kuat tekan beton Superplasticizer dan retarder (Sumber :Hasil Olah Data (2024)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12,46	230	13,02
2	14 Hari	12,48	286	16,23
3	28 Hari	12,36	565	32,05

Pada pengujian sampel uji beton Additive dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 13,02 MPa untuk umur 7 hari, 16,23 MPa untuk umur 14 hari, dan 32,05 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang diinginkan dengan grafik sebagai berikut



Gambar 4. 5 Grafik pengujian kuat tekan beton Superplasticiser dan Retarder

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton Superplasticiser dan Retarder mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 3,21 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 15,82 Mpa.

E. Kuat Tarik Belah

Setelah melalui proses pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tarik belah terhadap benda uji tersebut. Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada saat benda uji berumur 14 dan 28 hari dengan menggunakan benda uji berupa silinder dengan ukuran panjang 30 cm dan diameter 15 cm sebanyak 12 buah sampel, yang terdiri dari beton normal dan Beton Superplasticiser dan Retarder. Untuk masing-masing variasi campuran disiapkan 3 sampel silinder, kemudian setiap benda uji yang akan dilakukan pengujian kuat tarik belah beton ditimbang terlebih dahulu.

Adapun hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dengan umur perawatan 14 dan 28 hari terhadap beton normal, dan Beton Superplasticiser dan Retarder adalah sebagai berikut:

1. Beton normal

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton normal dilakukan pada saat benda uji berumur 14 dan 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 13 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton normal (Sumber: Hasil Pengolahan data (2024))

No.	Sampel	Umur Hari	Berat (Kg)	Tinggi (mm)	Luas (mm)	Berat isi (kg/m ³)	P.Maks (Kn)	Kuat Tarik Belah (Mpa)	Kuat Tarik Rata-rata (Mpa)
1	Silinder	14	12,260	300	150	1735,31	170	7,556	7,926
2		28	12,390	300	150	1753,72	185	8,222	
3		28	12,020	300	150	1701,34	180	8,000	

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton normal didapatkan nilai kuat tarik belah rata-rata 7,926 MPa. Berdasarkan sumber nilai kuat tarik belah berkisar antara 9 -15%. Sehingga nilai pengujian kuat tarik belah sudah sesuai dengan nilai kuat tarik belah teoritis.

Dari hasil pengujian kuat tarik belah pada benda uji, tidak mengalami segregasi (penyebaran tidak merata agregat pada beton) karena agregat pada benda uji tersebar merata dalam campuran, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 6 Gambar tarik belah beton normal (Sumber : Dokumentasi pribadi)

2. Beton Superplasticizer dan Retarder

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton Superplasticizer dan Retarder dilakukan pada saat benda uji berumur 14 dan 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut :

Tabel 4. 14 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton Superplasticiser dan Retarder (Sumber:Hasil Pengolahan data (2024))

No.	Sampel	Umur Hari	Berat (Kg)	Tinggi (mm)	Luas (mm)	Berat isi (kg/m ³)	P.Maks (Kn)	Kuat Tarik Belah (Mpa)	Kuat Tarik Rata-rata (Mpa)
1	Silinder	14	12,430	300	150	1759,38	185	8,222	8,415
2		28	12,250	300	150	1733,90	196	8,711	
3		28	12,300	300	150	1740,98	187	8,311	

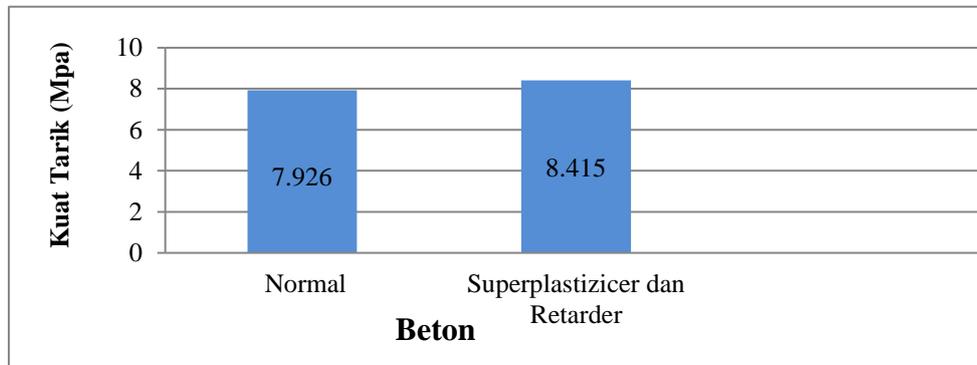
Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton normal didapatkan nilai kuat tarik belah rata-rata 8,415 MPa. Berdasarkan sumbevr nilai kuat tarik belah berkisar antara 9 -15%. Sehingga nilai pengujian kuat tarik belah sudah sesuai dengan nilai kuat tarik belah teoritis.



Gambar 4. 7 Gambar tarik belah beton Superplasticiser dan Retarder (Sumber : Dokumentasi pribadi)

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

Gambar 4.6 Perbandingan kuat tarik belah beton normal dengan beton Superplasticizer dan Retarder



Pada grafik diatas menunjukkan bahwa kuat tarik belah beton meningkat seiring dengan penambahan Superplasticizer dan Retarder. Hal ini menunjukkan bahwa bahan Superplasticizer dan Retarder meningkatkan kekuatan beton. Ketika persentase kuat tarik belah beton menggunakan bahan Superplasticizer dan Retarder, mengalami peningkatan terhadap kuat tarik belah beton normal menjadi 2,025 Mpa. Namun perlu menjaga penambahan bahan Superplasticizer dan Retarder secara berlebihan agar tidak dapat menyebabkan konsentrasi serat yang tinggi, yang dapat mengurangi kekuatan ikatan antara serat dan matriks beton. Distribusi serat: Distribusi serat yang tidak merata dapat menciptakan titik lemah dalam beton, yang dapat memengaruhi kekuatannya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian, penyusunan formulasi campuran beton dengan menggunakan pasir laut, air laut, serta penambahan superplasticizer dan retarder dapat menghasilkan beton dengan kualitas yang baik jika diperhatikan komposisi bahan dan rasio air-semen yang tepat. Penggunaan pasir laut dan air laut mempengaruhi ketahanan beton terhadap korosi, sementara penambahan superplasticizer berfungsi untuk meningkatkan workability beton tanpa menambah jumlah air, dan retarder membantu memperlambat waktu pengerasan beton, sangat berguna dalam kondisi cuaca panas atau pengecoran dengan waktu transportasi yang lebih lama. Dengan mempertimbangkan komposisi yang sesuai, beton yang dihasilkan dapat memiliki kekuatan tekan yang memadai serta kemampuan untuk bertahan dalam kondisi yang menantang, meskipun tetap perlu pengujian lebih lanjut untuk memastikan durabilitas jangka panjangnya. Pada pengujian sampel uji kuat tekan beton normal dengan beton Superplasticizer dan Retarder didapat perbedaan kuat tekan dengan masing masing mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari sebesar 2,36 umur 14 hari sebesar 6,87 MPa sedangkan untuk umur 28 hari sebesar 4,21 Mpa. Pada pengujian kuat tarik belah menunjukkan bahwa bahan Superplasticizer dan Retarder meningkatkan kekuatan beton. Hal ini dapat

ditunjukkan dari hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa penambahan Superplasticizer dan Retarder meningkatkan kekuatan beton. Pada pengujian sampel uji kuat tarik belah beton normal dengan beton Superplasticizer dan Retarder didapat perbedaan kuat tarik dengan masing masing mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 14 hari sebesar 0,667 MPa sedangkan untuk umur 28 hari sebesar 0,400 Mpa.

2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan bahan baku beton harus memperhatikan keberlanjutan dan dampak lingkungan. Penggunaan sumber daya lokal, seperti pasir laut, dapat mengurangi biaya transportasi dan meningkatkan efisiensi penggunaan bahan, namun harus tetap mempertimbangkan dampak negatifnya terhadap lingkungan, seperti potensi peningkatan kadar garam yang dapat mempengaruhi ketahanan beton. Selain itu, pemilihan bahan tambahan yang ramah lingkungan dan dapat mengurangi jejak karbon, seperti bahan aditif yang efisien, perlu diperhatikan dalam merancang campuran beton yang optimal. Dengan mengintegrasikan faktor lingkungan dan sumber daya lokal dalam perencanaan formulasi beton, dapat dihasilkan beton yang tidak hanya berkualitas tinggi, tetapi juga berkelanjutan dan ramah lingkungan.

B. Saran

1. Berdasarkan hasil penelitian, penting untuk menggabungkan dan mengontrol waktu pengerasan beton ketika menggunakan kombinasi retarder dan superplasticizer. Penelitian menunjukkan bahwa retarder efektif dalam memperlambat waktu pengerasan, terutama pada suhu tinggi, yang

memberikan waktu lebih banyak untuk transportasi dan pengecoran. Namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan dosis optimal agar tidak terjadi over-retardation yang dapat menyebabkan masalah seperti pengerasan yang terlalu lambat pada suhu rendah.

2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan pasir dan air laut dengan penambahan Superplasticizer dan retarder, Dengan mutu tertentu agar hasil yang didapatkan bisa lebih optimal dan dapat lebih terkontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan Adnan, Muh. Faridh Wajeni R, & Mustakim Mustakim. (2024). Kekuatan Tekan Beton Berpori Additive Sika Fume Mix Self Compacting Concrete. *Manufaktur: Publikasi Sub Rumpun Ilmu Keteknikan Industri*, 2(2), 134–148. <https://doi.org/10.61132/manufaktur.v2i2.363>
- Adnan, Parung, H., Tjaronge, M. W., & Djamaluddin, R. (2017). Compressive strength of marine material mixed concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 271(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/271/1/012066>
- BSN. (2017). Baja Tulangan Beton. *Sni 2052-2017*, 13.
- Cahyadi, D., Lasino, Amir Husein, A., Santoso, W., & Sudaryanto. (2016). Pedoman Tata Cara Penentuan Campuran Beton Normal Dengan Semen OPC PPC dan PCC. In *Pupr* (pp. 1–36).
- Chen, G., Liu, P., Jiang, T., He, Z., Wang, X., Lam, L., & Chen, J. F. (2020). Effects of natural seawater and sea sand on the compressive behaviour of unconfined and carbon fibre-reinforced polymer-confined concrete. *Advances in Structural Engineering*, 23(14), 3102–3116. <https://doi.org/10.1177/1369433220920459>
- Dhondy, T., Remennikov, A., & Neaz Sheikh, M. (2020). Properties and Application of Sea Sand in Sea Sand–Seawater Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 32(12), 1–11. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0003475](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0003475)
- Hakzah, A, S., & Yulianti. (2021). Studi Kelayakan Sifat Fisik Agregat Untuk Struktur Perkerasan Jalan (Quarry Gunung Lakera Bum, Gunung Lompongang, Dan Gunung Benderae Kab. Pinrang). *Jurnal Karajata Engineering*, 1(1), 1–6. <http://jurnal.umpar.ac.id/index.php/karajata-1>
- Huang, Y., Wang, T., Sun, H., Li, C., Yin, L., & Wang, Q. (n.d.). *Mechanical properties of fibre reinforced seawater sea-sand*. 1–45.
- Masgode, M. B., Hidayat, A., & Rusli, R. (2023). Uji Kuat Tekan Beton Pada Material Alam Pasir Pantai Muara Lapao-Pao. *Journal of Sustainable Civil Engineering (JOSCE)*, 5(01), 54–62. <https://doi.org/10.47080/josce.v5i01.2505>
- Miswar, T. (2024). Studi Eksprimental Kekuatan Tekan Beton Material Pasir Laut Sebagai Bahan Penyusun Beton Di Daerah Pesisir Dan Pulau-Pulau Terisolir. *Journal of International Multidisciplinary Research*, 2(5), 283–293.
- Monteiro, P. J. M., Miller, S. A., & Horvath, A. (2017). Towards sustainable concrete. *Nature Materials*, 16(7), 698–699.

<https://doi.org/10.1038/nmat4930>

- Mulyati, M., & Adman, A. (2019). Pengaruh Penambahan Cangkang Kemiri dan Sikacim Concrete Additive terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 6(2), 38–45. <https://doi.org/10.21063/jts.2019.v602.01>
- Nurfitriana, Hakzah, & Hamsyah. (2023). Studi Kelayakan Agregat Kasar Dari Gunung Buccumpare Dan Agregat Halus Dari Sungai Lasape. *Jurnal Karajata Engineering*, 3(1), 52–58. <http://jurnal.umpar.ac.id/index.php/karajata>
- Octavia Sarmauli Pangaribuan, G., Ika Silalahi, P., Ginting, R., & Sidjabat, R. (2022). Pengujian Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Dengan Menggunakan Agregat Dari Benteng Huraba, Batang Angkola, Tapanuli Selatan Untuk Mutu f_c 30 MPa. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 10(1), 31–39.
- Rangan, P. R. (2023). Pengaruh Pemanfaatan Cornice Adhesive Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tarik Belah Beton Berpori. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(1), 2981–2991.
- Rini, R., Hani, S., & Laia, D. (2022). Analisis Eksperimental Penggunaan Pasir Laut Sorake dan Pasir Sungai Gomo pada Campuran Beton. *All Fields of Science Journal Liaison Academia and Society*, 2(2), 413–418. <https://doi.org/10.58939/afosj-las.v2i2.272>
- SNI 1969. (2008). SNI 1969:2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 20.
- SNI 7656:2012. (2012). Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa. *Badan Standarisasi Nasional*, 52.
- Sulaiman, L., & Fisu, A. A. (2020). Pengaruh Campuran Air Laut Terhadap Kuat Tekan Beton Agregat Recycle. *Rekayasa Sipil*, 14(1), 35–42. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2020.014.01.5>
- Trisnawati, I., Suanto, P., & Hidayat, I. (2024). Analisa Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Superplasticizer Concrete Admixture Pada Mutu Beton Standar f_c ' 19 , 3 Mpa Abstrak. 14(1), 36–40.
- Zulkarnain, F., Kamil, B., Utara, S., & Kapten Mukhtar Basri No, J. (2021). Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ Website: <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit> Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Sungai sebagai Agregat Halus Dengan Variasi Bahan Tambah Sica Fume Pada Perendaman Air Laut. *Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Sungai Sebagai Agregat Halus Dengan Variasi Bahan Tambah Sica Fume Pada Perendaman Air Laut*, 1–10. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit>