

PERBANDINGAN SIFAT-SIFAT MEKANIS BETON SCC (*SELF COMPACTING CONCRETE*) ANTARA PASIR MUNTILAN, PASIR CEPU, DAN PASIR PADAS GILING

Wiwit Wahyuningrum¹, Ova Hapsari Maharani², Sumirin³, Rinda Karlinasari⁴

^{1, 2, 3, 4} Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang

^{1, 2, 3, 4} Jl. Raya Kaligawe KM. 4 Semarang

¹Email: wiwitw967@gmail.com

Abstrak – Saat ini, pemanfaatan beton sebagai bahan konstruksi terus mengalami peningkatan. Dengan tingginya tingkat penggunaan beton, permintaan akan pasir sebagai komponen utama dalam pembuatannya juga mengalami peningkatan. Keanekaragaman jenis pasir yang tersedia dapat berdampak pada kualitas beton yang dihasilkan menyebabkan variasi kualitas produk akhir.

Salah satu pengaruh besarnya kuat tekan beton adalah jenis pasir yang dipakai. Hal ini menjadi salah satu alasan diadakannya penelitian tentang Perbandingan Sifat-Sifat Mekanis Beton SCC (*Self Compacting Concrete*) antara Pasir Muntilan, Pasir Cepu, Dan Pasir Padas Giling. Penelitian ini dilaksanakan guna mengetahui sifat-sifat mekanis pasir, dan mencapai kuat tekan maksimum pada beton. Untuk melakukan penelitian tersebut dilakukan dengan cara eksperimen membuat beton normal dan beton SCC (*Self Compacting Concrete*) menggunakan variasi 3 jenis agregat halus.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil perbandingan kuat tekan beton normal pada umur 7 hari dan 14 hari yang menghasilkan nilai tertinggi adalah Pasir Cepu, sedangkan diumur 28 hari paling besar adalah Pasir Muntilan. Hasil perbandingan rata-rata kuat tekan beton SCC (*Self Compacting Concrete*) paling besar ialah Pasir Cepu yaitu sebesar 35,581 MPa.

Kata Kunci: Beton; Sifat Mekanis; Kuat Tekan

Abstract – Currently, the use of concrete as a construction material continues to increase. With the high level of use of concrete, demand for sand as the main component in its manufacture has also increased. The diversity of types of sand available can have an impact on the quality of the concrete produced, causing variations in the quality of the final product.

One influence on the compressive strength of concrete is the type of sand used. This is one of the reasons for conducting research on the comparison of the mechanical properties of SCC (*Self Compacting Concrete*) between Muntilan Sand, Cepu Sand and Padas Giling Sand. This research was carried out to determine the mechanical properties of sand and achieve maximum compressive strength in concrete. To carry out this research, it was carried out by experimenting with making normal concrete and SCC concrete (*Self Compacting Concrete*) using a variety of 3 types of fine aggregate.

The results of this research show that the results of comparing the compressive strength of normal concrete at the age of 7 days and 14 days which produces the highest value is Pasir Cepu, while at the age of 28 days the highest is Pasir Muntilan. The comparison result of the largest average compressive strength of SCC (*Self Compacting Concrete*) concrete is Pasir Cepu, namely 35.581 MPa.

Keywords: Concrete; Mechanical Properties; Compressive Strength

I. PENDAHULUAN

Beton dibentuk melalui campuran agregat halus, agregat kasar, semen, dan air dalam proporsi yang ditentukan. sebagai bahan konstruksi umum dalam proyek struktural di Indonesia. Beton menawarkan sejumlah keunggulan, termasuk ketersediaan bahan baku yang mudah, kemudahan penggunaan, daya dukung beban berat, ketahanan terhadap suhu tinggi, dan biaya pemeliharaan rendah dibandingkan dengan umur pakainya. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sifat-sifat bahan penyusunnya, dengan gradasi agregat penyusun menjadi faktor penting. Penting untuk diingat bahwa kualitas beton sangat tergantung pada perencanaan komposisi campuran, yang secara signifikan memengaruhi kualitas keseluruhan struktur.

Guna memahami perilaku unsur-unsur penyusun beton, perlu diketahui sifat-sifat masing-masing komponennya, seperti: agregat halus, semen, agregat kasar, air. Kekuatan beton pada waktu tertentu ditentukan oleh perbandingan dari campuran berat air dengan berat semen. Dua sifat dasar yang dimiliki oleh beton adalah kuat terhadap tekanan dan kuat terhadap tarikan. Mutu beton dipengaruhi oleh jenis bahan pembuatnya. Bahan padat yang berkualitas tinggi akan mampu menghasilkan beton yang kuat tekan tinggi.

Jenis-jenis agregat halus yang diteliti dalam penelitian ini yaitu Pasir Muntitan, Pasir Cepu, dan Pasir Padas Giling. Pencampuran beton melibatkan perubahan pemilihan agregat yang berbeda dengan harapan menghasilkan variasi campuran terbaik yang dapat digunakan sebagai bahan untuk proyek beton lainnya.

Tujuan penelitian ini, berdasarkan pendahuluan dan pembahasan masalah, adalah untuk mengetahui sifat mekanis antara Pasir Muntitan, Pasir Cepu, dan Pasir Padas Giling dalam campuran Beton SCC (*Self Compacting Concrete*). Selain itu, tujuan penelitian juga mencakup pengkajian terhadap pengaruh Pasir Muntitan, Pasir Cepu, dan Pasir Padas Giling terhadap sifat mekanis Beton SCC. Adapun batasan-batasan penelitian ini mencakup praktikum yang dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Unissula, penggunaan Beton SCC, pengujian sifat mekanis berfokus pada kuat tekan dan berat volume beton dengan menggunakan silinder berukuran 150x300 mm sebagai benda uji. Selain itu, penelitian ini membatasi jenis semen yang digunakan sebagai *portland composite cement* tipe 1, serta menggunakan tiga variasi agregat halus, yaitu Pasir Muntitan, Pasir Cepu, dan Pasir Padas Giling. Penggunaan air dalam penelitian ini berasal dari Fakultas Teknik Unissula. Uji dilakukan dengan variasi waktu mulai dari 7, 14, dan 28 hari, dan beton yang diuji memiliki kekuatan rencana ($f'c$) lebih besar dari 25 MPa. Penelitian ini dilakukan secara eksklusif di laboratorium dan tidak melibatkan pelaksanaan di lapangan.

II. TINJAUAN PUSTAKA/ LANDASAN TEORI

A. Pengertian Umum Beton

Beton didefinisikan sebagai campuran yang berasal dari semen portland atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar, air, sesuai standar (SNI 03-2834-2000), dengan penambahan bahan lain sehingga membentuk suatu massa padat. Menurut ketentuan SNI 03-2847-2000, ukuran partikel agregat kasar adalah mulai dari 5,000 mm hingga 40 mm, sedangkan ukuran partikel agregat halus adalah 0,14 sampai 4,76 mm. Agregat kasar dan halus merupakan komponen terpenting dalam produksi beton.

Menurut PBI 1971, beton diklasifikasikan menjadi tiga kelas. Pertama, Beton kelas I, digunakan untuk pekerjaan nonstruktural tanpa memerlukan keahlian khusus, dan pengendalian mutunya hanya melibatkan pemeriksaan ringan terhadap mutu bahan. Kedua, Beton kelas II, digunakan untuk pekerjaan struktur umum dengan penerapan yang memerlukan keterampilan tingkat tinggi dan pengawasan oleh tenaga profesional. Beton kelas II diklasifikasikan berdasarkan standar kualitas seperti B1, K125, K175, dan K225, dengan pengendalian mutu yang bervariasi, termasuk pengawasan ringan hingga pemeriksaan berkala terhadap mutu material dan kuat tekan beton. Ketiga, Beton kelas III, digunakan pada pekerjaan struktur dengan karakteristik kuat tekan lebih tinggi dari 225 kg/m², memerlukan laboratorium beton lengkap dan dilakukan oleh tenaga berkeahlian khusus di bawah pengawasan tenaga profesional untuk pengendalian mutu secara berkala.

B. Beton SCC (*Self Compacting Concrete*)

Beton SCC, atau yang dikenal sebagai Beton *self compacting* merupakan jenis beton yang dapat mengalir secara alami tanpa perlu ditumbuk atau diratakan secara manual. Sifat beton SCC ini berbeda dengan beton konvensional dan menawarkan banyak keuntungan penting, termasuk penghematan waktu dan biaya dalam proses pengecoran. Penggunaan beton SCC memerlukan perhitungan desain campuran yang cermat dan pemilihan bahan adiktif pengontrol kekentalan yang tepat untuk memastikan mutu dan kekuatan beton SCC mencapai tingkat optimal. Proses pengujian beton SCC sendiri juga menjadi aspek penting untuk menjamin kualitas dan ketahanan beton SCC yang dihasilkan.

Beton SCC memiliki kemampuan untuk memadat sendiri dengan tingkat *slump flow test* yang cukup tinggi. Ketika ditempatkan di bekisting dan proses pemadatan, Beton SCC penggetaran tidak diperlukan seperti yang umumnya diperlukan pada beton konvensional. Kelebihan Beton SCC terletak pada kemampuan alir yang tinggi, memungkinkannya untuk mengisi bekisting dengan sendirinya dan mencapai tingkat kepadatan tertingginya secara otomatis (EFNARC 2005).

Perbedaan mendasar dengan beton konvensional, beton SCC diuji dengan metode *slump flow test*. Pengujian ini memiliki tujuan untuk mengevaluasi hasil desain campuran dari beton dengan penekanan pada kapasitas pengisian dan kemampuan mengalir. Singkatnya, prosedur pengujian melibatkan penempatan beton segar SCC ke dalam corong pengujian *slump flow test*, mirip dengan pengujian beton konvensional. Namun, perbedaannya terletak pada kemampuan Beton SCC untuk langsung mengalir dan membentuk lingkaran, yang kemudian diukur menggunakan meteran. Diameter lingkaran yang terbentuk harus mencapai ukuran minimal 650 mm dan maksimal 800 mm.

C. Sifat-sifat Teknis Beton

Secara umum, sifat teknis beton cenderung dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk kualitas bahan, metode pengerjaan, dan proses perawatan. Kualitas bahan yang optimal tergantung pada pemilihan bahan dasar yang berkualitas tinggi dan komposisi yang tepat antara komponen penyusun beton. Proses pengerjaan beton juga memiliki peran krusial dalam menentukan apakah campuran beton sesuai dengan kebutuhan dan standar yang

ditetapkan. Pemeliharaan beton setelah tahap perawatan diperlukan untuk mencegah hilangnya kelembaban secara cepat dan menjaga kelembaban dan suhu beton untuk mencapai kualitas yang diinginkan.

Karakteristik semen juga memiliki dampak terhadap kecepatan pengerasan dan kualitas beton secara keseluruhan. Agregat kasar dapat mempengaruhi kekuatan beton, sedangkan agregat halus dapat mempengaruhi alur kerja. Kualitas dan kuantitas air yang digunakan dapat memberikan dampak terhadap pengerasan dan kekuatan beton (Murdock dan Brook, 2003). Saat merencanakan dan melaksanakan struktur beton, pengetahuan mendalam tentang sifat-sifat beton setelah pengerasan sangatlah penting. Beberapa sifat beton antara lain:

1. Tahan Lama (*Durability*)

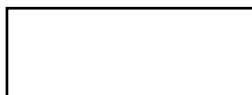
Daya tahan jangka panjang mengacu pada kemampuan beton untuk tetap tahan terhadap kondisi tertentu tanpa mengalami korosi dalam jangka waktu yang direncanakan. Dalam keadaan demikian, batasan nilai faktor udara maksimum semen dan takaran minimum semen perlu diterapkan sesuai dengan karakteristik lingkungan yang ada. Sifat ketahanan beton dalam jangka panjang melibatkan beberapa faktor. Pertama, kemampuan menahan kondisi cuaca jangka panjang, termasuk pengaruh unsur alam seperti hujan, pembekuan selama musim dingin, dan kontraksi serta pemuaian akibat pergantian kondisi basah dan kering akibat paparan sinar matahari. Kedua, ketahanan terhadap berbagai zat kimia, termasuk dampak korosif yang disebabkan oleh air rawa, air hujan, limbah, bahan kimia industri, dan air limbah kota, menjadi faktor penting dalam menjaga keawetan beton. Ketiga, ketahanan terhadap erosi juga krusial, di mana beton harus mampu menahan abrasi yang mungkin terjadi akibat pasang surut air laut, butiran yang dibawa air laut, dan pengaruh angin laut

2. Kuat Tekan

Pemeriksaan sampel benda uji merupakan strategi penting dalam pengelolaan mutu beton, terutama terkait kuat tekan. Kuat tekan beton, mencerminkan kemampuan benda uji beton dalam menahan tekanan minimal 95%, diukur sesuai Standar Perhitungan Nasional Indonesia (SNI) T-15-1991. Parameter ini menjadi kunci dalam mengevaluasi kinerja beton. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan beton mencakup kemampuan menahan kondisi cuaca jangka panjang, ketahanan terhadap zat kimia, dan ketahanan terhadap erosi. Proses pengujian dilakukan pada umur 28 hari dan bergantung pada standar mutu beton. Beberapa faktor seperti nilai faktor air semen, rasio agregat-semen, derajat kepadatan, dan metode perawatan juga memengaruhi kekuatan beton. Adapun uji kekuatan beton di Indonesia harus mempertimbangkan berbagai variabel, termasuk ukuran sampel, kondisi kelembaban, dan orientasi beban relatif.

3. Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas Mengacu pada rasio antara tekanan yang diberikan dan persentase perubahan panjang beton sehubungan dengan kuat tekan beton, yang biasanya diukur dalam kisaran 25% - 50% dari kuat tekan beton (Murdock & Brook, 1991). Untuk menghitung Modulus Elastisitas beton dapat digunakan rumus yang dijelaskan melalui ASTM C1469-02 sebagai berikut:



Dimana:

= Modulus Elastisitas beton (kg/m^2)

= Tegangan pada 40% tegangan runtuh (kg/m^2)

= Tegangan pada saat nilai kurva regangan (kg/m^2)

= Nilai awal regangan yang terjadi pada saat (kg/m^2)

= Regangan sebesar 0.00005 (m^3)

4. Rangkak (*Creep*)

Rangkak beton mengacu pada nilai regangan tambahan yang terjadi setelah beton mengalami tegangan tetap, diukur dari munculnya tegangan elastik hingga regangan pada suatu periode tertentu. Beberapa faktor mempengaruhi nilai rangkakan, termasuk pemilihan bahan seperti jenis semen, persentase agregat kasar dan halus, jumlah kadar air, serta *water content/cement ratio*. Selain itu, tingkat kelembaban relatif, suhu beton selama proses pengeringan, dimensi struktur seperti ketebalan dan perbandingan volume terhadap permukaan, umur beton saat waktu pembebanan, dan nilai slump juga dapat memengaruhi deformasi rangkakan beton.

5. Susut (*Shrinkage*)

Penyusutan merupakan sifat beton yang mengakibatkan penurunan volume selama proses pengerasan karena kelembaban dan berkurangnya kadar air. Secara umum, penyusutan pada beton dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu susut pengeringan dan susut plastis. Susut pengeringan terjadi setelah beton mencapai titik pengerasan saat proses hidrasi selesai, sementara susut plastis terjadi secara cepat setelah beton dicor. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai penyusutan meliputi kadar agregat dalam beton, dimana kandungan agregat yang tinggi dapat mengurangi penyusutan; kadar Faktor Air Semen, dimana semakin tinggi kadar Faktor Air Semen akan meningkatkan penyusutan; dimensi struktur, di mana nilai penyusutan akan semakin kecil pada struktur yang lebih besar; dan faktor lingkungan, di mana kelembaban relatif di sekitar beton juga berperan, dengan kelembaban tinggi mengurangi nilai penyusutan.

6. *Workability*

Kemampuan kerja (*Workability*) merujuk pada kemudahan pencampuran, pencorcoran, dan pemadatan beton tanpa mengalami kehilangan homogenitas atau pemisahan yang berlebihan (*bleeding*) untuk mencapai kekuatan beton yang diinginkan. Secara umum, kemampuan kerja diklasifikasikan sebagai tiga karakteristik independen, yaitu kelecakan (*Consistency*) yang melibatkan komposisi dan persentase penyusun beton segar, mobilitas (*Mobility*) yang terkait dengan peralatan dalam proses pencampuran, pemindahan, dan pemadatan beton, serta *compactibility* yang mengacu pada bentuk dan dimensi struktur yang menerima beban. Untuk mencapai kinerja optimal, diperlukan campuran semen yang cukup, bahan berkualitas, penggunaan agregat yang baik, dan jumlah air yang sesuai.

C. Material Beton

Beton merupakan hasil gabungan aspek mekanik dan kimia dari berbagai komponen pembentuknya, seperti agregat kasar, agregat halus, semen, dan air. Sekitar 70% hingga 80% dari volume total beton diisi oleh agregat, yang memainkan peran penting dalam integritas, homogenitas, kepadatan, dan konsistensi beton. Agregat halus, dengan partikel berukuran lebih kecil dari 4,75 mm, dapat berasal dari sungai, tanah galian, atau pecahan batuan. Pada penelitian ini, digunakan dua jenis agregat halus, yaitu Pasir Muntilan dan Pasir Cepu, yang memiliki kualitas unggul dan tekstur halus.

Adanya agregat kasar dalam beton memenuhi sekitar 70% hingga 80% volume totalnya. Agregat kasar harus memenuhi persyaratan tertentu, termasuk ketahanan dan keberlanjutan, serta bebas dari bahan yang merusak beton. Dalam penelitian ini, digunakan tiga jenis agregat kasar, yaitu Pasir Muntilan, Pasir Cepu, dan Pasir Padas Giling, yang memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda. Semen Portland berperan sebagai pengikat utama dalam beton, membentuk struktur yang kuat. Jenis semen Portland, seperti Tipe I, Tipe II, Tipe III, dan Tipe IV, memiliki karakteristik dan kegunaan yang berbeda. Air juga memainkan peran penting dalam beton, dan air yang digunakan seharusnya memenuhi standar air minum, tidak mengandung zat berbahaya, dan memiliki kualitas yang baik.

Bahan tambahan (*admixture*) dapat ditambahkan dalam jumlah tertentu ke dalam campuran beton untuk memperbaiki atau mengubah sifat beton. *Admixture* dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti mempercepat atau mengurangi waktu pengawetan, meningkatkan kelenturan campuran, atau mengurangi retakan pengawetan. *Test Angularity Agregat* (FAA) digunakan untuk mengukur sudut agregat halus, yang mempengaruhi sifat keseluruhan campuran beton. Penelitian ini juga mencakup penilaian agregat berdasarkan kandungan logam, seperti pada pasir Merapi (Pasir Muntilan) yang menunjukkan kualitas tinggi. Keseluruhan, pemilihan dan karakteristik bahan beton tersebut memainkan peran kunci dalam mencapai performa beton yang diinginkan.

III. METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

A. Persiapan

Dalam penelitian ini, skala laboratorium diterapkan dengan menggunakan metode eksperimen laboratorium, dengan pembuatan benda uji berupa silinder beton berukuran 150 x 300 mm. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Unissula. Sejumlah langkah persiapan dilakukan sebelum melaksanakan survei, antara lain: (1) Mempersiapkan alat tulis, skema kerja, dan logbook untuk pencatatan rutin data selama penelitian; (2) Membersihkan semua peralatan dari kotoran sebelum digunakan; (3) Menimbang dan menyiapkan semua bahan yang diperlukan sesuai kebutuhan; (4) Memastikan ruang cetakan beton bebas dari kotoran; (5) Memeriksa timbangan digital dengan ketelitian 1 gram; (6) Memeriksa kesesuaian dan kelayakan semua peralatan dengan standar laboratorium sebelum digunakan. Tahapan persiapan ini menjadi kunci untuk memastikan validitas dan akurasi hasil penelitian yang akan dilakukan.

B. Bahan

Bahan material yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan beberapa komponen utama, yaitu: (1) Semen Gresik sebanyak 40 kg; (2) Agregat halus, terdiri dari Pasir Muntilan, Pasir Cepu, dan Pasir Padas Giling; (3) Agregat kasar menggunakan batu pecah dengan ukuran 20-30 mm; (4) Air berasal dari sumber air laboratorium Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung; dan (5) Bahan tambah berupa *Super Plasticizer – concrete admixture* dengan proporsi sebanyak 2% dari kadar semen. Kombinasi material-material ini diharapkan dapat menghasilkan beton dengan karakteristik yang sesuai dengan tujuan penelitian, dan setiap komponen dipilih dengan cermat untuk memastikan kecocokan dan kualitas campuran beton yang dihasilkan.

C. Peralatan

Penelitian ini menggunakan berbagai alat untuk keperluan eksperimen laboratorium, termasuk timbangan untuk mengukur berat agregat dan beton, saringan untuk menyeleksi agregat dengan variasi ukuran lubang, gelas ukur untuk mengukur volume udara dalam proses pembuatan silinder beton, piknometer untuk menentukan persentase kandungan lumpur dalam agregat, oven untuk mengeringkan agregat agar memenuhi persyaratan yang diperlukan, cetakan beton silinder yang berperan sebagai cetakan setelah campuran beton membentuk beton silinder, mesin uji tekan untuk menentukan nilai tekan beton yang sedang diuji, serta alat pendukung seperti ember, sekop, dan selang air. Kehadiran dan penggunaan alat-alat ini sangat penting untuk menjamin akurasi dan keberhasilan penelitian dalam mencapai tujuan yang diinginkan.

D. Pelaksanaan

Sebelum memulai proses pembuatan benda uji, tahapan pemeriksaan bahan diperlukan untuk memastikan bahwa beton yang dihasilkan memenuhi standar mutu yang tinggi. Pada tahap pemeriksaan bahan, agregat halus menjadi fokus utama, dan pengujian dilakukan dengan menggunakan tiga metode yang berbeda. Pertama, pengujian kadar air dilakukan dengan rumus yang melibatkan berat cawan, agregat sebelum dan setelah di oven. Langkah-langkah pengujian ini mencakup penimbangan benda uji hingga mencapai 0,1% dari massa terdekat, pengeringan benda uji di oven, dan penimbangan kembali setelah pengeringan. Selanjutnya, pengujian kadar lumpur pada agregat halus melibatkan perhitungan volume pasir dan lumpur, serta analisis saringan menggunakan rumus terkait. Proses pengujian ini memastikan kualitas agregat halus sebelum digunakan dalam pembuatan beton. Adapun agregat kasar, pengujian kadar air, kadar lumpur, dan analisis saringan juga dilakukan dengan metode yang serupa untuk memverifikasi kualitasnya.

Dalam perancangan campuran beton (*Job Mix Design*) sesuai standar SNI 03-2834-2000, langkah-langkah mencakup menentukan nilai target kuat tekan, menghitung simpangan baku, dan menghitung deviasi standar. Persyaratan deviasi standar harus memenuhi kriteria, seperti menyajikan informasi bahan, merujuk kuat tekan beton yang dibutuhkan, dan melibatkan hasil uji dalam jumlah minimal serta rentang waktu tertentu. Setelah itu, penentuan nilai tambah sesuai dengan ketentuan SNI 03-2834-2000 dilakukan dengan rumus tertentu. Proses selanjutnya melibatkan perhitungan nilai target rata-rata kuat tekan beton dan pemilihan jenis semen serta jenis agregat kasar dan halus. Menentukan faktor air semen, nilai slump beton, dimensi maksimum agregat, dan nilai kadar air bebas juga merupakan bagian dari langkah-langkah perancangan campuran beton.

Penyesuaian perbandingan campuran diperhatikan agar agregat memiliki kondisi permukaan yang benar-benar kering. Adanya perhitungan dan penyesuaian berkala berdasarkan kadar air dalam agregat memastikan bahwa campuran beton dipertahankan dalam kondisi optimal selama proses pembuatan. Dengan langkah-langkah ini, penelitian ini memastikan bahwa setiap tahapan dipersiapkan secara teliti untuk mendapatkan hasil uji yang akurat dan kualitas beton yang tinggi. Pada tahapan Siapkan campuran uji dan ukur serta catat kemerosotan dan kuat tekan aktual, pertimbangan terhadap hasil yang dicapai menjadi krusial. Jika hasil sesuai dengan yang dikehendaki, komposisi campuran beton dianggap memadai. Namun, jika kurang pas, penyesuaian campuran diperlukan. Tingkat deformasi subsidensi yang terlalu tinggi atau rendah membutuhkan penyesuaian kadar air atau semen untuk menjaga rasio air-semen agar tetap stabil. Jika kekuatan beton terlalu tinggi atau rendah, perubahan pada rasio air-semen sesuai dengan Grafik 1 atau 2 juga dapat diperlukan.

Pembuatan Beton SCC (*Self Compacting Concrete*) dimulai dengan penakaran, di mana takaran dari komposisi campuran beton diukur dengan teliti. Pencampuran dilakukan dalam mixer beton dengan penambahan air secara bertahap. Uji *Slump Flow Test* dilaksanakan setelah beton diaduk homogen menggunakan kerucut Abrams dan alat pemadat. Proses ini melibatkan beberapa langkah, termasuk pengukuran nilai slump untuk menentukan kekentalan campuran beton. Pengecoran dan pemadatan dilakukan dalam cetakan silinder berukuran 150 x 300 mm. Setiap lapisan beton dicor dan ditusuk sebanyak 25 kali untuk pemadatan. Perawatan (*Curing*) dilakukan dengan merendam beton setelah dua hari dari pelepasan cetakan, diikuti perawatan bertahap pada hari ketujuh dan hari keempat belas. Pengukuran berat volume menggunakan persamaan khusus, dan uji kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 14 hari dengan menggunakan mesin cetak beton (*Concrete Pressure Machine*). Prosedur pengujian melibatkan pemberian beban secara terus-menerus hingga benda uji mengalami kerusakan, dengan pencatatan nilai beban maksimal dan kondisi visual benda uji beton. Tahapan ini memastikan kualitas dan kekuatan beton yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ditetapkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Agregat

Setelah melewati serangkaian pemeriksaan dalam tahap uji bahan, diperoleh hasil pemeriksaan untuk agregat halus dan agregat kasar. Pemeriksaan agregat melibatkan penentuan kadar air, analisis saringan, dan penentuan kadar lumpur. Rincian perhitungan dan hasil pengujian dapat ditemukan pada lampiran.

1. Agregat Halus

a. Pemeriksaan Kadar Air

Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini:

Tabel 4.1- Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat halus

No	Jenis Pasir	Berat cawan (a) (gram)	Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) (gram)	Berat cawan + agregat setelah dioven (c) (gram)	Kadar air (%)
1	Pasir Muntilan	50	550	545	0.92
2	Pasir Cepu	45	545	545	0.00

3	Pasir Padas Giling	35	535	420	2.88
---	--------------------	----	-----	-----	------

Sumber: *Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang*

Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar air agregat halus didapatkan pasir padas giling memiliki kadar tertinggi dengan persentase 2,88 % dan pasir cepu memiliki presentase kadar air terendah yaitu 0,00%.

b. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini:

Tabel 4.2 - Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

No	Jenis Pasir	Volume Pasir (	Volume Lumpur (V ₂)	Kadar Lumpur (%)	Kadar air (%)
1	Pasir Muntitan	500 ml	25 ml	4.76	4,76
2	Pasir Cepu	500 ml	10 ml	1.96	1,96
3	Pasir Padas Giling	500 ml	30 ml	5.66	5,66

Sumber: *Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang*

Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar Lumpur agregat halus didapatkan pasir padas giling memiliki kadar tertinggi dengan persentase 5,66 % dan pasir cepu memiliki presentase kadar air terendah yaitu 1,69%.

c. Berat Uji SSD

Hasil pemeriksaan uji SSD agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.3 di bawah ini:

Tabel 4.3- Hasil Pemeriksaan uji SSD Agregat halus

No	Jenis Pasir	Berat contoh SSD (gram)	Berat contoh kering oven (gram)	Berat piknometer + air (gram)	Berat piknometer + air + contoh (gram)	Berat Jenis SSD (gram)
1.	Pasir Muntitan	500	487	669	967	2,475
2.	Pasir Cepu	500	491	669	967	2,439
3.	Pasir Padas Giling	500	454	669	967	2,252

Sumber: *Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang*

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji SSD agregat halus didapatkan Pasir Muntitan dengan presentase 2,475%, Pasir Cepu dengan presentase 2,439% dan Pasir Padas Giling dengan persentase 2,252 %.

d. Pemeriksaan Analisa Saringan

Hasil perhitungan analisa saringan Pasir Muntitan dapat dilihat pada Tabel 4.4 di bawah ini:

Tabel 4 - Hasil Perhitungan Analisa Saringan Pasir Muntitan

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Agregat (g)	Prosentase Agregat Tertinggal (%)	Kumulatif Agregat Tertinggal (%)	Present Finer (%)	Spesifikasi (SNI 03-2834-2000) & ASTM C-33 (%)	
						Min	Max
1.	2.36	135	13.64	13.64	86,36	75	100
2.	2	93	9.39	23.03	76.97	60	100
3.	1.19	96	9.70	32.73	67.27	55	100
4.	0.85	219	22.12	54.85	45.15	45	90
5.	0.6	374	37.78	92.63	7.37	35	59
6.	0.3	66	6.67	99.29	0.71	8	30

7.	0.15	6	0.61	100	0	0	10
Jumlah		990	99,91	416,17	283,83	-	-

Sumber::Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Dari hasil perhitungan analisa saringan Pasir Muntitan di atas didapatkan hasil Modulus Halus Butir sebesar 4,16. Berdasarkan ketentuan dan persyaratan dari SNI ASTM C136:2012 "Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregPasir cepu

Hasil perhitungan analisa saringan Pasir Cepu dapat dilihat pada Tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5- Hasil Perhitungan Analisa Saringan Pasir Cepu

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Agregat (g)	Prosentase Agregat Tertinggal (%)	Kumulatif Agregat Tertinggal (%)	Present Finer (%)	Spesifikasi (SNI 03-2834-2000) & ASTM C-33 (%)	
						Min	Max
1.	2.36	71	7.16	7.16	92,84	7	93
2.	2	25	2.52	9.68	90.32	9.68	90.32
3.	1.19	9	0.91	10.58	89.42	10.58	89.42
4.	0.85	164	16.53	27.12	72.88	27.12	72.88
5.	0.6	112	11.29	38.41	61.59	38.41	61.59
6.	0.3	299	30.14	68.55	31.45	68.55	31.45
7.	0.15	136	13.71	82	18	82	18
Jumlah		992	82,26	243,5	456,5	-	-

Sumber: Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Dari hasil perhitungan analisa saringan Pasir Cepu di atas didapatkan hasil Modulus Halus Butir sebesar 2,43. Berdasarkan ketentuan dan persyaratan dari SNI ASTM C136:2012 "Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar".

Hasil perhitungan analisa saringan Pasir Padas Giling dapat dilihat pada Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel4.6- Hasil Perhitungan Analisa Saringan Pasir Padas Giling

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Agregat (g)	Prosentase Agregat Tertinggal (%)	Kumulatif Agregat Tertinggal (%)	Present Finer (%)	Spesifikasi (SNI 03-2834-2000) & ASTM C-33 (%)	
						Min	Max
1.	2.36	0	0	0	100	75	100
2.	2	61	6.19	6.19	93.81	60	100
3.	1.19	233	23.65	29.85	70.15	55	100
4.	0.85	198	20.10	49.95	50.05	45	90
5.	0.6	267	27.11	77.06	22.94	35	59
6.	0.3	162	16.45	93.50	6.50	8	30
7.	0.15	38	3.86	97	3	0	10
Jumlah		985	97,36	353,91	346	-	-

Sumber: Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Dari hasil perhitungan analisa saringan Pasir Padas Giling di atas didapatkan hasil Modulus Halus Butir sebesar 3,53. Berdasarkan ketentuan dan persyaratan dari SNI ASTM C136:2012 "Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar".

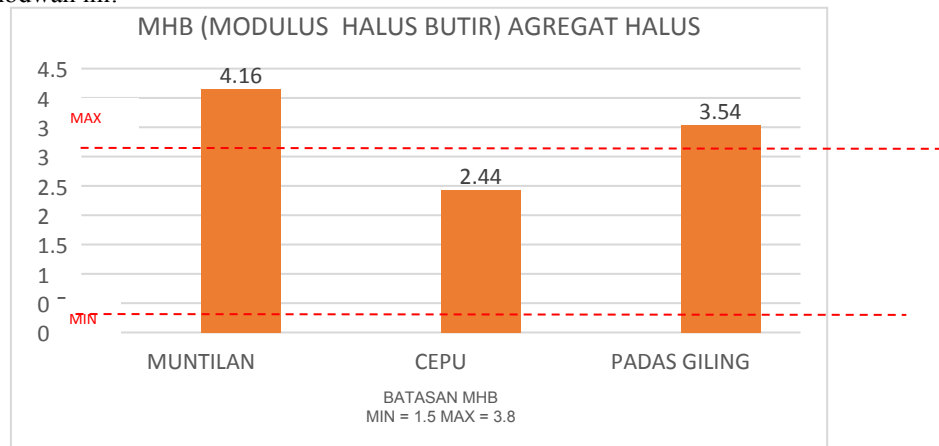
Hasil perhitungan MHB (Modulus Halus Butir) dapat dilihat pada Tabel 4.7 dibawah ini:

Tabel 4.7- Hasil Modulus Halus Butir

No	Jenis Pasir	Modulus Halus Butir
1.	Pasir Muntitan	4,16
2.	Pasir Cepu	2,43

3.	Pasir Padas Giling	3,53
----	--------------------	------

Perbandingan MHB (Modulus Halus Pasir) antara Pasir Muntilan, Pasir Cepu, dan Pasir Paadas Giling dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 4.1 - Grafik Modulus Halus Butir

Pasir Muntilan memiliki gradasi yang cukup kasar dengan MHB sebesar 4,16. Pasir Cepu memiliki MHB paling rendah sebesar 2,44. Dan Pasir Padas Giling memiliki MHB sebesar 3,64.

2. Agregat Kasar

a. Pemeriksaan Kadar Air

Perhitungan kadar air agregat kasar menggunakan Persamaan rumus di bawah ini:

Hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.8 di bawah ini.

Tabel 4.8 - Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

No	Ukuran Saringan	Berat cawan (a)(gram)	Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) (gram)	Berat cawan + agregat setelah dioven (c) (gram)	Kadar air (%)
1	½	95	1095	1075	1.86
2	¾	80	1080	1063	1.60

Sumber: Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar diperoleh hasil agregat kasar dengan ukuran ½ dengan presentase 1,86% dan agregat kasar dengan ukuran ¾ dengan presentase 1,60%.

b. Berat Uji SSD

Hasil pemeriksaan uji SSD agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 9- Hasil Pemeriksaan uji SSD Agregat Kasar

No	Ukuran Saringan	Berat agregat (gram)	Berat contoh uji kering oven (gram)	Berat contoh uji kering permukaan jenuh (gram)	Berat contoh uji dalam air (gram)	Berat jenis agregat kasar
1	½	500	460	516	400	4.448
2	¾	500	499	502	392	4.546

Sumber: Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang

c. Pemeriksaan Analisa Saringan

Hasil perhitungan analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.10 di bawah ini.

Tabel 4.10 - Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Kasar

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Agregat (g)	Prosentase Agregat Tertinggal (%)	Kumulatif Agregat Tertinggal (%)	Present <i>Finer</i> (%)	Spesifikasi (SNI 03-2834-2000) & ASTM C-33
-----	----------------------	-------------------	-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------	--

						(%)	
						Min	Max
1.	25	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2.	19	0	0.00	0.00	100.00	90.00	100.00
3.	12.5	632	63.90	63.90	36.10	20.00	55.00
4.	9.6	352	35.59	99.49	0.51	0.00	15.00
5.	4.8	5	0.51	100.00	0.00	0.00	5.00
6.	2.4	0	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
7.	1.2	0	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
8.	pan	0	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Jumlah		989	100	563,40	236,61	-	-

Sumber: Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Perhitungan analisis saringan agregat kasar di atas menghasilkan koefisien halus sebesar 5,63. Berdasarkan ketentuan dan persyaratan SNI ASTM C136: 2012 “Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar”.

B. Mix Design Beton

Mutu beton normal yang digunakan sebagai acuan adalah beton K-350 atau f_c' 31 MPa dengan perancangan bahan penyusun beton mengacu SNI 03-2834-2000. Beton uji yang dibuat ada 3 jenis pasir berbeda yaitu: Pasir Muntilan, Pasir Cepu, dan Pasir Padas Giling. Alat cetak yang dipergunakan merupakan cetakan silinder berukuran 150 mm x 300 mm. Rasio proporsi campuran beton yang diproduksi tercantum dalam tabel berikut.

Tabel 4.11 – Proporsi Campuran Beton Normal

No	Nama	Proporsi campuran	Proporsi campuran silinder 1
1.	Air	273,37 liter	1,593 liter
2.	Semen	456,99 Kg	2,664 Kg
3.	Agregat Halus	605,30 Kg	3,528 Kg
4.	Agregat Kasar	936,34 Kg	5,458 Kg
Jumlah		2.272 Kg	13,243 Kg

Tabel 4.12 – Proporsi Campuran Beton SCC

No	Nama	Proporsi campuran	Proporsi campuran silinder 1
1.	Air	246,03 liter	1,424 liter
2.	Semen	447,85 kg	2,610 Kg
3.	Agregat Halus	605,30 kg	3,528 Kg
4.	Agregat Kasar	936,34 kg	5,458 Kg
5.	Superplastizer 2%	8,957 kg	0,053 Kg
Jumlah		2.235,52 kg	13,030 Kg

C. Pemeriksaan Uji Slump

Penurunan beton mempengaruhi jumlah air yang dibutuhkan dalam campuran beton. Kuantifikasi jumlah air yang dibutuhkan dalam campuran beton ditentukan berdasarkan *slump*. Nilai *slump* rencana yang diambil pada beton normal adalah 80 - 120 mm yang menghasilkan kebutuhan air 273,37 kg/m³. Sedangkan rencana nilai *slump* yang diambil pada beton SCC adalah 650 - 700 mm yang menghasilkan kebutuhan air 246,03 kg/m³. Pemeriksaan *slump* beton pada benda uji ditunjukkan pada Tabel 4.13 dan 4.14 di bawah ini.

Tabel 4.13-Hasil Pemeriksaan Uji Slump Beton Normal

No.	Nama	Nilai Slump test Beton (cm)
1.	Pasir Muntilan	10 cm
2.	Pasir Cepu	10 cm
3.	Pasir Padas Giling	11 cm

Tabel 4.14 - Hasil Pemeriksaan Uji Slump Beton SCC

No.	Nama	Nilai Slump flow test Beton (cm)
1.	Pasir Muntilan	70 cm

2.	Pasir Cepu	70 cm
3.	Pasir Padas Giling	75 cm

D. Pemeriksaan Berat Volume

Pengukuran berat volume beton dilakukan sebanyak tiga kali setelah beton mencapai tingkat kekerasan tertentu. Beton dalam keadaan keras tersebut merujuk pada saat beton telah dikeluarkan dari silinder mulai dari umur 7, 14, dan 28 hari.

Tabel 4.15 - Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Normal

No.	Nama	-L7-Hari- (Kg)	-14-Hari- (Kg)	-28-Hari- (Kg)
1.	Pasir Muntlan	12,40	12,64	12,70
2	Pasir Cepu	12,34	12,20	12,30
3	Pasir Padas Giling	11,52	11,38	12,32

Tabel 16 - Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton SCC

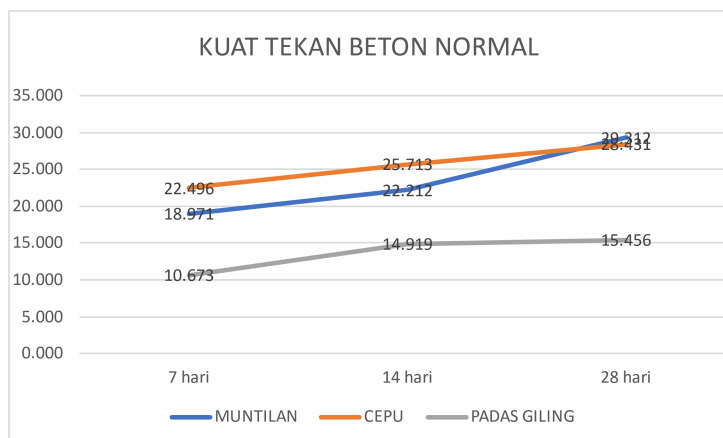
No.	Nama	7 Hari (Kg)
1.	Pasir Muntlan	12,73
2.		12,88
3.		12,70
4.	Pasir Cepu	12,60
5.		12,69
6.		13,00
7.	Pasir Padas Giling	11,94
8.		12,38
9.		12,20

E. Uji Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton dihitung menggunakan persamaan 2.2 yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Uji kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan *pressure test* beton CO-320. Hasil pengujian dari alat ini menunjukkan beban maksimum (P) dan kekuatan maksimum (f_c). Pengolahan data hasil uji kuat tekan beton disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.17 - Hasil Uji Kuat Tekan Beton Normal

No.	Sampel	Umur (Hari)	Luas Penampang (cm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Konversi umur 28 Hari (MPa)
1.	Pasir Muntlan	7	176,78	18,971	27,10
2.	Pasir Cepu	7	176,78	22,496	32,13
3.	Pasir Padas Giling	7	176,78	10,73	15,24
4.	Pasir Muntlan	14	176,78	22,212	25,241
5.	Pasir Cepu	14	176,78	25,713	29,219
6.	Pasir Padas Giling	14	176,78	14,919	16,953
7.	Pasir Muntlan	28	176,78	29,312	29,312
8.	Pasir Cepu	28	176,78	28,431	28,431
9.	Pasir Padas Giling	28	176,78	15,456	15,456

**Gambar 4.2-** Grafik Kuat Tekan Beton Normal

Grafik tersebut menunjukkan bahwa Pasir Muntilan memiliki kuat tekan sebesar 27,10 MPa pada umur 7 hari dan 29,312 MPa pada umur 28 hari. Pasir Cepu menunjukkan kuat tekan sebesar 32,13 MPa pada umur 7 hari dan 28,431 MPa pada umur 28 hari. Sementara itu, Pasir Padas Giling memiliki kuat tekan sebesar 15,24 MPa pada umur 7 hari dan 15,456 MPa pada umur 28 hari. Oleh karena itu, benda uji yang menggunakan Pasir Muntilan memperoleh kuat tekan tertinggi pada umur 28 hari dibandingkan dengan benda uji lainnya yang menggunakan jenis pasir yang berbeda.

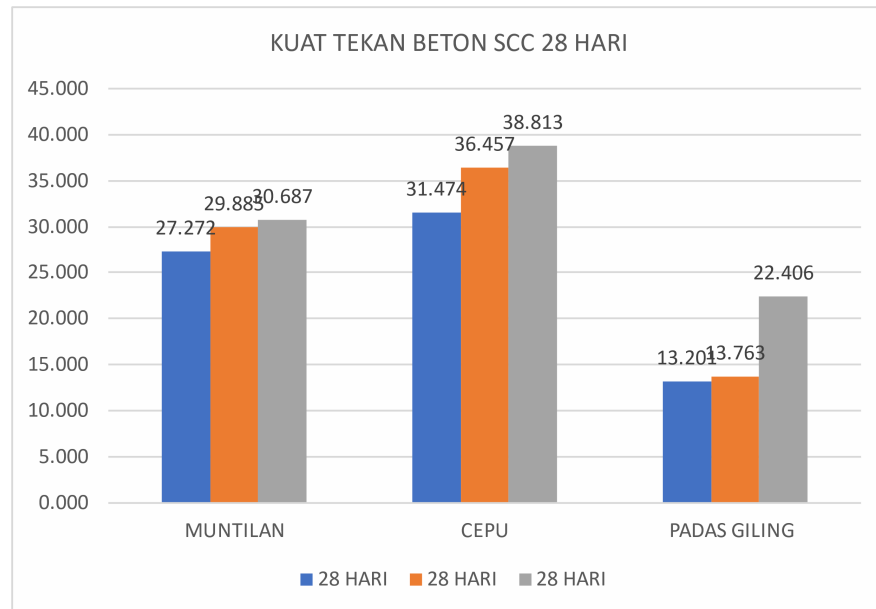
Tabel 4.18 –Faktor Umur Hasil Tes Kuat Tekan

No.	Umur (Hari)	Pasir Muntilan (MPa)	Pasir Cepu (MPa)	Pasir Padas Giling (MPa)
1.	7	27,10	32,13	15,24
2.	14	25,241	29,219	16,953
3.	28	29,312	28,431	15,456

Pada umur 7 dan 14 hari, pasir cepu menunjukkan hasil uji kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pasir Muntilan dan pasir Padas Giling. Namun setelah 28 hari, pasir Muntilan menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih unggul dibandingkan kedua pasir lainnya. Hal ini dikarenakan pasir Muntilan yang digunakan berkualitas kurang baik dan memiliki ukuran partikel yang agak kasar.

Tabel 4.19 - Hasil Uji Kuat Tekan Beton SCC

No.	Sampel	Umur (Hari)	Luas Penampang (cm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Konversi umur 28 Hari (MPa)	Rata-rata
1.	Pasir Muntilan 1	7	176.78	19.089	27.272	29,281
2.	Pasir Muntilan 2	7	176.78	20,920	29,885	
3.	Pasir Muntilan 3	7	176.78	21.481	30.687	
4.	Pasir Cepu 1	7	176.78	22.032	31.474	35,581
5.	Pasir Cepu 2	7	176.78	25.520	36.457	
6.	Pasir Cepu 3	7	176.78	27,169	38,813	
7.	Pasir Padas Giling 1	7	176.78	9.241	13.201	16,457
8.	Pasir Padas Giling 2	7	176.78	9.634	13.763	
9.	Pasir Padas Giling 3	7	176.78	9,634	22,406	



Gambar 4.3 - Grafik Kuat Tekan Beton SCC

Dari grafik tersebut terlihat Pasir Muntilan mempunyai kuat tekan minimum sebesar 27,272 MPa dan kuat tekan maksimum sebesar 30,687 MPa. Pasir Cepu mempunyai kuat tekan minimum sebesar 31,474 MPa dan kuat tekan maksimum sebesar 36,457 MPa. Dan kuat tekan minimum pasir Padas Giling sebesar 13,201 MPa dan kuat tekan maksimum sebesar 22,406 MPa. Beton SCC mencapai kuat tekan tertinggi pada umur 7 hari pada benda uji yang menggunakan pasir Cepu.

Hasil pengujian kuat tekan beton normal dan beton SCC adalah sebagai berikut.

Tabel 4.20 – Perbandingan Antara Kuat Tekan Beton Normal dan SCC

No.	Nama	Beton Normal (Mpa)	Beton SCC (Mpa)	SCC/ Normal
1.	Pasir Muntilan	29.312	30.687	1.05
2.	Pasir Cepu	28.431	38.813	1.37
3.	Pasir Padas Giling	15.456	22.406	1.45

V. SIMPULAN

Setelah melanjutkan analisis dan peninjauan lebih lanjut terhadap data, beberapa kesimpulan dapat diambil. Pertama, terkait sifat-sifat mekanis agregat halus, Pasir Muntilan menunjukkan kadar air 0,92%, sementara Pasir Cepu memiliki kadar air terendah (0,00%) dan Pasir Padas Giling memiliki kadar air tertinggi (2,88%). Adapun kadar lumpur tertinggi ditemukan pada Pasir Padas Giling (5,66%), sedangkan Pasir Cepu memiliki kadar lumpur terendah (1,96%). Modulus Halus Butir (MHB) tertinggi terdapat pada Pasir Muntilan (4,16), sedangkan Pasir Cepu memiliki MHB terendah (2,43), dan Pasir Padas Giling memiliki MHB sebesar 3,53. Kedua, dalam hal kekuatan tekan, beton normal dengan Pasir Muntilan mencapai kuat tekan tertinggi sebesar 29,312 MPa, sementara beton normal dengan Pasir Cepu memiliki kuat tekan terendah (28,431 MPa), dan Pasir Padas Giling terendah (15,456 MPa). Untuk beton SCC (*Self Compacting Concrete*), Pasir Muntilan mencapai kuat tekan 30,687 MPa dengan rata-rata 29,281 MPa, Pasir Cepu mencapai kuat tekan tertinggi (38,813 MPa) dengan rata-rata 35,581 MPa, dan Pasir Padas Giling mencapai 22,406 MPa dengan rata-rata 16,457 MPa. Ketiga, kuat tekan beton normal mencapai nilai tertinggi, yaitu 29,312 MPa pada umur 28 hari dengan menggunakan Pasir Muntilan. Sementara itu, beton SCC mencapai kuat tekan tertinggi, yaitu 38,813 MPa, setelah 28 hari dengan menggunakan Pasir Cepu. Terakhir, Pasir Cepu dapat direkomendasikan untuk beton struktural, sementara Pasir Padas Giling tidak disarankan untuk penggunaan tersebut karena tidak memenuhi syarat beton struktural yang mengharuskan kuat tekan minimal sebesar 17 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abidin, A. N., Panolas, Y. B., Budirahardjo, S., & Kristiawan, A. (n.d.). PENGARUH PEMAKAIAN AGREGAT HALUS (MUNTILAN, KALI BODRI, SINGOROJO) TERHADAP KUAT TEKAN BETON PADA VARIASI GEOMETRI SILINDER.
- [2] Adeputra, R., Marthin, P., Sumajouw, D. J., & Windah, R. S. (2015). KUAT TEKAN BETON DENGAN VARIASI AGREGAT YANG BERASAL DARI BEBERAPA TEMPAT DI SULAWESI UTARA. *Jurnal Sipil Statik*, 3(3), 206–211.

- [3] Aulia Rofi, D., Arakhamia, B., Setiyawan, P., Dian Asfari, G., Sultan Agung Semarang, I., & Raya Kaligawe, J. K. (n.d.). ISBN : 978-623-7097-15-0 Prosiding Seminar Nasional Konferensi Ilmiah Mahasiswa UNISSULA 2 (KIMU 2) Sifat-Sifat Teknis Beton Dengan Agregat Kasar Pecahan Genting Dibandingkan Dengan Agregat Normal.
- [4] Hadi, A. K., Supardi, S., Maruddin, M., Alal, A., Yusuf, A., Samsuddin, R. H., & Kunci, K. (2021). Metode Self Compacting Concrete (Scc) Terhadap Sifat Mekanis Beton. In Maret (Vol. 6, Issue 1). <https://ojs.unanda.ac.id/index.php/jiit/index>
- [5] Hasanr, H., Tatong, B., & Tole, J. (n.d.). PENGARUH PENAMBAHAN POLYPROPYLENE FIBER MESH TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON.
- [6] Penggunaan, P., Putih, P., Bahan, S., Beton, C., Meisye, M. T., Siranga, M., Rapang Tonapa, S., & Phengkarsa, F. (2021). Paulus Civil Engineering Journal (PCEJ).
- [7] Rahamudin, R. H., Manalip, H., & Mondoringin, M. (2016). PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH DAN KUAT TARIK LENTUR BETON RINGAN BERAGREGAT KASAR (BATU APUNG) DAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN. Jurnal Sipil Statik, 4(3), 225–231.
- [8] Standardisasi, B., & Bsn, N. (n.d.). Standar Nasional Indonesia Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.
- [9] Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan ICS 93.020 Badan Standardisasi Nasional. (2011). www.bsn.go.id
- [10] sni-1970-2016-metode-uji-berat-jenis-dan-penyerapan-air-agregat-halus_compress. (n.d.).
- [11] Standardisasi, B., & Bsn, N. (n.d.). Standar Nasional Indonesia Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.
- [12] Standar Nasional Indonesia. (2012). www.bsn.go.id
- [13] Standar Nasional Indonesia Metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. (2016). www.bsn.go.id
- [14] ASTM C 33-03. Standard Specification for Concrete Aggregates. United States: Association of Standard Testing Materials.
- [15] Nawy, Edward G.. 1985. Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar. Terjemahan oleh Ir. Bambang Suryoatmono, M. Sc.. PT. ERESCO. Bandung.
- [16] S. Mindess, Francis Y, D. Darwin. 2003. Concrete 2nd Edition, New Jersey: Prentice Hall.
- [17] SNI 03-4431-1997. Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Titik Pembebanan. Badan Standardisasi Nasional.
- [18] Tjokrodinuljo, Kardiyono 2007. Teknologi Beton. Biro Penerbit KMTS Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.