

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Beton

Menurut Tri Mulyono, Ir (2004) Beton merupakan fungsi dari bahan penyusun yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). Dalam pembuatannya, beton dapat direncanakan dengan menyusun komposisi dari bahan-bahan yang terdapat pada beton agar menghasilkan spesifikasi campuran yang telah ditentukan dan direncanakan. Setiap bahan dasar pembentuk beton sangat mempengaruhi sifat-sifat dan nilai karakteristik mutu beton, sehingga perlu dilaksanakannya penelitian secara berkelanjutan demi tercapainya hasil yang lebih baik dalam pembuatan campuran beton menurut Standart Nasional Indonesia (SNI).

Akhir-akhir ini, telah banyak perkembangan mengenai penggunaan jenis beton di lapangan seperti beton SCC. Biasanya pada struktur bangunan seperti gedung, jembatan, perumahan, bendungan dan bangunan lainnya menggunakan jenis beton SCC. Beton SCC adalah suatu beton yang ketika masih berbentuk beton segar mampu mengalir melalui tulangan dan memenuhi seluruh ruang yang ada dalam cetakan secara padat tanpa harus dipadatkan manual atau memakai getaran mekanik. (Tjaronge et.al 2006 dan Hartono, et.al 2007).

2.2 Beton Self Compacting Concrete (SCC)

Beton *self compacting concrete* (SCC) adalah beton SCC itu sendiri adalah campuran beton yang dapat memadat sendiri tanpa menggunakan alat pemadat (vibrator) untuk memperoleh konsolidasi yang baik, atau SCC adalah beton yang dapat berkonsolidasi dengan baik karena kondisi dan beratnya sendiri. Dengan kata lain beton *Self Compacting Concrete* (SCC) merupakan beton yang mampu mengalir dibawah beratnya sendiri, dan mampu memenuhi atau mengisi bekisting

(formwork) dan mencapai kepadatan tertingginya. Beton memadat sendiri pertama kali dikembangkan di Jepang pada tahun 1990-an sebagai upaya untuk mengatasi persoalan pengecoran komponen gedung artistik dengan bentuk geometri tergolong rumit bila dilakukan pengecoran beton normal. Riset tentang beton memadat mandiri masih terus dilakukan hingga sekarang dengan banyak aspek kajian, misalnya ketahanan (durability), permeabilitas dan kuat tekan (compressive strength). Kekuatan tekan beton kering > 300 Mpa sudah dapat dicapai karena penggunaan admixture superplastizer yang memungkinkan penurunan rasio air-semen (w/c) hingga nilai $w/c = 0,3$ atau lebih kecil. (Juvas, 2004).

Beton dapat dikategorikan Self Compacting Concrete (SCC) apabila beton tersebut memiliki sifat-sifat tertentu. Diantaranya memiliki slump yang menunjukkan campuran atau pasta beton yang memiliki kuat geser dan lentur yang rendah sehingga dapat masuk dan mengalir dalam celah ruang dalam formwork dan tidak diizinkan memiliki segregasi akibat nilai slump yang tinggi. Karakteristik Self Compacting Concrete (SCC) adalah memiliki nilai slump berkisar antara 500-700 mm (Nagataki dan Fujiwara 1995). Kriteria workability dari campuran beton yang baik pada Self Compacting Concrete (SCC) adalah mampu memenuhi kriteria berikut : Fillingability, kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan. Passingability, kemampuan campuran beton untuk melewati struktur ruangan yang rapat. *Segregation resistance*, ketahanan campuran beton segar terhadap efek segregasi..

Dari pembahasan beton SCC yang akan diteliti terdapat beberapa batasan masalah yaitu agregat halus dan kasar berasal dari kota Padang semen yang digunakan adalah semen Padang, Mutu beton direncanakan $f'c = 25$ MPa diambil dari referensi jurnal peneliti sebelumnya, metode perencanaan campuran menggunakan SNI (Standar Nasional Indonesia) nilai faktor air semen (fas) = 0,51. Pengujian dalam penelitian ini meliputi pengujian Kuat tekan dengan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan pengujian

beton pada umur 3, 7, 28 dan 90 hari sesuai dengan toleransi waktu umur uji yang diizinkan pada SNI 1974 – 2011.

2.3 Sifat Beton Self Compacting Concrete (SCC)

Suatu campuran beton dapat dikatakan Self Compacting Concrete (SCC) maka memiliki sifat-sifat seperti terlihat pada Table 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.1 Sifat – Sifat Beton SCC

Beton Segar	Beton Keras
Filling ability, kemampuan campuran beton segar untuk dapat mengisi ruangan tanpa vibrasi	Memiliki tingkat absorpsi dan preabilitas yang rendah
Passing ability, kemampuan dari campuran beton segar untuk dapat melewati tulangan	Memiliki tingkat durabilitas yang tinggi
Segregation resistance, campuran beton yang tidak mengalami segregasi	Mampu membentuk campuran beton yang homogen

Sumber: Okamura & Ozawa, 1994

Adapun kelebihan dan kekurangan dari penggunaan beton Self Compacting Concrete ini sendiri adalah seperti tabel 2.2 dibawah:

Tabel 2.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton SCC

Kelebihan	Kekurangan
Tidak memerlukan pemadatan dengan menggunakan vibrator	Beton SCC lebih mahal dari segi biaya dibandingkan dengan beton konvensional
Tenaga kerja yang diperlukan menjadi sedikit	Pembuatan bekisting harus benar benar diperhatikan karena mudah terjadi kebocoran campuran beton SCC
Mengurangi kebisingan yang mengganggu lingkungan sekitar	Beton tidak boleh mengalami segregasi namun tetap memenuhi flowability

Sumber: Herbudiman & Siregar, 2013

2.4 Sejarah Pengembangan *Self Compacting Concrete* (SCC)

Pengenalan konsep modern dari beton adalah self compacting concrete (SCC) atau beton pemadatan mandiri, dikembangkan untuk menuju kualitas yang lebih baik dari beton di Jepang pada akhir tahun 1980-an, di mana kurangnya seragam dan pemadatan yang kurang telah diidentifikasi sebagai faktor utama yang bertanggung jawab dari buruknya kinerja struktur beton.

Tidak ada cara praktis dimana pemadatan beton itu pernah akan dijamin sepenuhnya, sebaliknya fokus ke kebutuhan untuk kompak, dengan getaran atau cara lain. Hal ini menyebabkan pengembangan SCC praktis pertama oleh peneliti (Okamura, Ozawa et al.) Di Universitas Tokyo dan kontraktor Jepang yang besar (misalnya Kajima, Maeda, Taisei dll) dengan cepat mengambil ide.

Kontraktor menggunakan fasilitas R & D di-rumah besar mereka untuk mengembangkan teknologi beton SCC. Setiap perusahaan mengembangkan desain campuran mereka sendiri, melatih staf mereka sendiri untuk bertindak sebagai teknisi untuk pengujian di situs. Yang penting, masing-masing kontraktor besar juga mengembangkan perangkat pengujian mereka sendiri dan cara uji.

Pada awal 1990-an hanya ada pengetahuan umum terbatas tentang SCC, terutama di Jepang, fundamental dan praktis know-how dirahasiakan oleh perusahaan-perusahaan besar untuk mempertahankan keuntungan komersial. The SCCs yang digunakan di bawah nama dagang, seperti NVC (Non-bergetar beton) dari Kajima Co, SQC (beton kualitas Super) dari *Maeda Co atau Biocrete* (Taisei Co). Bersamaan dengan perkembangan Jepang di daerah SCC, R & D terus di mix-desain dan penempatan beton bawah air di mana pencampuran baru memproduksi SCC bercampur dengan pencocokan kinerja yang dari beton SCC Jepang (misalnya *Universitas Paisley / Skotlandia, Univ. Of Sherbrooke / Kanada* dll).

Modern, kini *Self-Compacting Concrete* (SCC) dapat diklasifikasikan sebagai bahan konstruksi canggih. SCC, seperti namanya, tidak perlu bergetar untuk mencapai pemadatan penuh. Ini menawarkan banyak manfaat dan

keuntungan lebih beton konvensional. Ini termasuk peningkatan kualitas beton dan pengurangan di tempat perbaikan, waktu konstruksi lebih cepat, biaya

2.5 Perkembangan Beton SCC Di Dunia

SCC telah digunakan di beberapa negara. Di Jepang, proyek konstruksi utama termasuk penggunaan SCC di tahun 90-an. Dewasa ini, di Jepang upaya yang dilakukan untuk membebaskan SCC dari label “beton khusus” dan mengintegrasikannya ke dalam produksi industri beton sehari-hari. Namun demikian, pangsa pasar SCC masih di bawah 1% dibanding *ready mixed concrete* (RMC) serta beton pracetak (PC). Di Swedia, pangsa pasar berada di 3% pada RMC dan PC pada tahun 2000, dan diperkirakan dua kali lipat pada tahun 2001.

Perumahan dan tunneling serta pembangunan jembatan untuk Swedia Jalan Nasional Administrasi adalah wilayah utama penggunaan untuk SCC. Di Belanda dan Jerman, industri pracetak terutama mendorong pengembangan SCC, dengan diharapkan enam persen dari pangsa pasar pada tahun 2001 di Belanda.

Di Amerika Serikat, industri pracetak juga memimpin penerapan teknologi SCC. *The Precast / Pratekan Beton Institute* (PCI) sangat aktif, dengan penciptaan pada tahun 2002 dari Tim Cepat. Tugas tim ini adalah untuk menarik rekomendasi tentang penggunaan SCC di pracetak / pratekan operasi pada bulan Oktober 2002. Sementara itu, penulis memperkirakan bahwa produksi harian SCC dalam pracetak / pratekan industri di Amerika Serikat akan 5000 m³ pada kuartal pertama 2002. Selain itu, beberapa departemen negara transportasi di Amerika Serikat (23 menurut survei terbaru) sudah terlibat dalam studi SCC.

Dengan tingkat bunga yang tinggi dari industri konstruksi, serta produsen beton baru ini, penggunaan SCC harus tumbuh pada tingkat yang luar biasa dalam beberapa tahun ke depan di Amerika Serikat. Namun, bahkan jika itu terbuat dari konstituen yang sama industri telah digunakan selama bertahun-tahun, seluruh proses, dari desain campuran menempatkan praktek, termasuk prosedur pengendalian mutu, perlu ditinjau dan disesuaikan untuk membuat sebagian besar dari teknologi baru ini.

2.6 Umur Beton

Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur pada beton tersebut, dikarenakan beton ini termasuk bahan yang sangat awet (ditinjau dari pemakaiannya), maka sebagai standar kuat tekan akan ditetapkan waktu beton berumur 28 hari. Semua benda uji untuk umur uji yang ditentukan harus diuji dalam toleransi waktu yang diizinkan seperti yang ditunjukkan pada table 2.3

Tabel 2.3 Toleransi Waktu Pengujian

Umur Uji	Waktu Yang Diizinkan
12 Jam	± 15 Menit atau 2,1%
24 Jam	± 30 Menit atau 2,1%
3 Hari	± 2 Jam atau 2,8 %
7 Hari	± 6 Jam atau 3,6%
28 Hari	± 20 Jam atau 3,0%
90 Hari	± 2 Hari atau 2,2%

Sumber: SNI 1974-2011

Dalam penelitian ini ditambah dengan umur 14 dan 21 hari sebagai perbandingan selisih hasil kuat tekan perminggu dan perbulannya.

2.7 (Bahan Pengisi Beton) Filler

Filler Menurut Hardiyatmo (2007), bahan pengisi filler yang merupakan material berbutir halus yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm), dapat terdiri dari debu batu, kapur padam, semen portland, atau bahan non-plastis lainnya bahan pengisi ini mempunyai fungsi:

1. Sebagai pengisi antara partikel agregat yang lebih kasar, sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek, serta penguncian antar butiran yang tinggi.
2. Jika ditambahkan ke dalam beton, bahan pengisi akan menjadi viskositas beton guna menghindari terjadinya *bleeding* dan segregasi beton mengikat partikel agregat. Dengan penambahan pengisi beton menjadi lebih padat.

Bahan pengisi (filler) untuk campuran beton adalah:

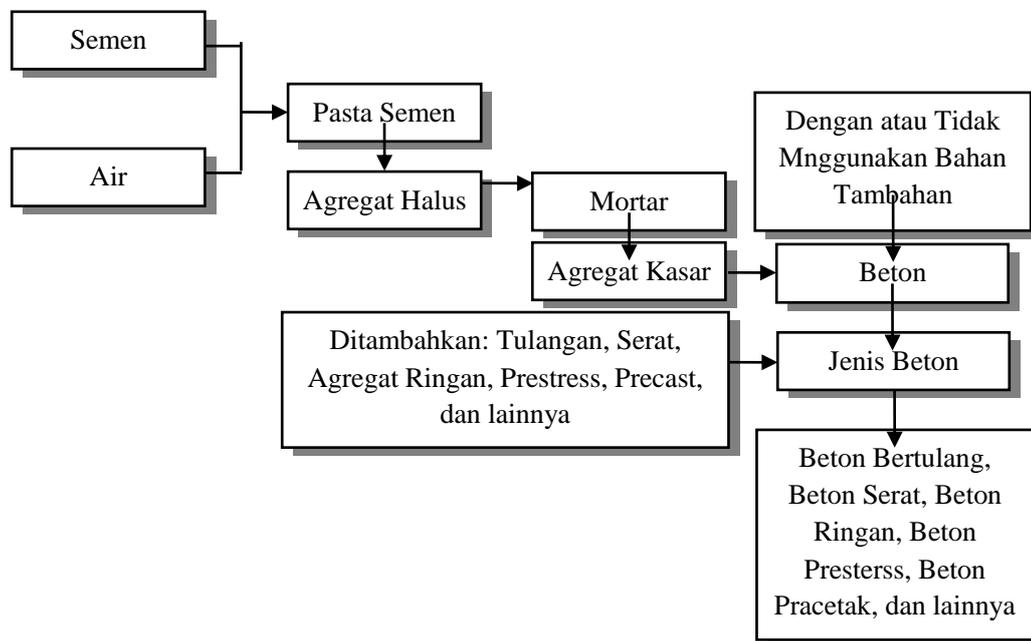
1. Bahan pengisi yang ditambahkan harus terdiri dari debu batu kapur, cement portland, abu terbang, abu tempurung, atau bahan nonplastis lainnya dari sumber manapun. Bahan tersebut harus bebas dari bahan yang tidak dikehendaki.
2. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan gumpalan dan bila diuji dengan penyaringan sesuai SNI 03-4142-1996 harus mengandung bahan yang lolos saringan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75 % dari yang lolos saringan No. 30 (600 micron) serta harus memenuhi gradasi sesuai.

Penambahan *filler* yang dimaksudkan untuk mengurangi rongga - rongga pada beton SCC perlu dicermati dalam hal spesifikasi bahan maupun harga di pasaran, dalam penelitian ini dipilih serbuk abu tempurung kelapa karena bahan ini bersifat higroskopis dan mudah didapatkan dengan harga yang murah. Dari beberapa hasil penelitian sebelumnya penulis mengambil variasi campuran filler abu tempurung kelapa yang mendapatkan hasil kuat tekan yang tinggi yaitu 2.5%, 5%, 10%, 15% dari berat semen yang digunakan dan penambahan 1% superplastilizer untuk menjaga kekentalan pada beton SCC.

2.8 Material Pembentuk Beton Self Compacting Concrete

Sama halnya dengan beton konvensional, jika komposisi agregat kasar pada beton konvensional 70% - 75% dari total volume beton, sedangkan dalam SCC agregat kasar dibatasi jumlahnya sekitar kurang lebih 55% dari total volume beton. Pembatasan agregat ini bertujuan agar beton bisa mengalir dan memadat sendiri tanpa alat pemadat (Okamura dan Ouchi, 2003).

Proses awal terjadinya beton segar adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dengan semen, selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton (Ir. Tri Mulyono, 2004). Adapun proses terbentuknya beton SCC adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Proses Terjadinya Beton

Sumber: Ir. Tri Mulyono, MT Tahun 2004

2.8.1 Semen Portland (*Portland Cement*)

Semen merupakan suatu bahan yang digunakan sebagai bahan pengikat yang dicampurkan secara bersamaan dengan agregat halus (pasir), agregat kasar (*split*), dan air akan menghasilkan suatu bahan campuran beton segar dan setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*). Menurut ASTM C-150, 1985, semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Menurut komposisi dan jenisnya, semen dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu:

1. Semen hidrolik yaitu semen yang mempunyai kemampuan mengeras dan mengikat di dalam air seperti semen portland, semen pozollan, semen alam, semen terak, semen alumina, kapur hidrolik, dan semen jenis lainnya.
2. Semen non hidrolik yaitu semen yang tidak bisa mengikat dan mengeras di air, tetapi dapat mengeras di udara seperti kapur. Kapur sendiri dihasilkan dari proses kimiawi dari pembentukan alam.

Pada umumnya, fungsi dari penggunaan semen adalah sebagai bahan pengisi rongga-rongga udara antara celah-celah yang terdapat pada agregat dan menjadi bahan pengikat agregat agar menghasilkan suatu bentuk massa yang kuat dan padat dalam beton. Selain itu, semen portland yang sering digunakan dalam pekerjaan konstruksi termasuk jenis semen hidrolik, artinya dapat menjadi keras bila terkena air dan tidak terpungkiri juga bila diletakkan dalam ruang bebas dan terpapar cahaya matahari secara langsung dapat mempercepat proses pengerasan pada semen.

Dalam proses pembuatan semen portland (*Nawy1985:9*) dilakukan dengan mengumpulkan seluruh bahan baku yang berasal dari tambang (*quarry*) yaitu berupa kapur (CaO), silika (SiO_3) dan alumina (Al_2O_3) yang kemudian digiling

secara bersama-sama dengan penambahan beberapa bahan tambahan lainnya, baik itu dalam proses basah maupun dalam proses kering. Hasil campuran tersebut dimasukkan kedalam oven berbentuk silinder (*clin*) dan kemudian dipanaskan hingga suhu 1400°C (2700°F) sampai dengan membentuk butiran-butiran yang disebut juga dengan klinker (*clincer*) dengan diameter antara 1,5 - 50 mm. Selanjutnya klinker tersebut didinginkan dan dihancurkan hingga menjadi butiran-butiran halus. Untuk bahan tambah lainnya yaitu sedikit gipsum atau *gips* sekitar 1% - 5% untuk mengontrol waktu ikat semen dan mempercepat waktu pengerasan semen saat pemakaian di lapangan. Kemudian hasil pengolahan tersebut disimpan pada sebuah *cement silo* untuk penggunaan yang kecil yaitu kebutuhan masyarakat.

Adapun unsur-unsur kimia yang terkandung dalam pada semen portland dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.4 Komposisi Kimia Semen Portland

Oksida Semen Portland	Persentase (%)
Kapur (CaO)	60,0 - 67,0
Silika (SiO ₂)	17,0 - 25,0
Aluminium (Al ₂ O ₃)	3,0 - 8,0
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 - 6,0
Magnesium (MgO)	0,1 - 4,0
Sulfur (So ₃)	1,0 - 3,0
Alkalis (Na ₂ O + K ₂ O)	0,4 - 1,3

Sumber: *Diktat Teknologi Beton ITB, 2001*

Secara umum terdapat 4 macam senyawa kimia utama dalam komposisi penyusun semen portland (*Ir.Tri Mulyono, 2004*) yaitu sebagai berikut:

1. Trikalsium Silikat (C₃S)

Senyawa C₃S merupakan senyawa yang sangat cepat bereaksi bila terkena air dengan mempercepat pengerasan sebelum umur beton mencapai 14 hari.

Kandungan dari senyawa C₃S yang terdapat pada semen dalam jumlah yang

besar dapat menghasilkan kekuatan tekan awal tinggi dan pelepasan energi panas akibat hidrasi yang tinggi.

2. Dikalsium Silikat (C_2S)

Untuk senyawa C_2S hanya menghasilkan kekuatan tekan awal yang sangat rendah dan sangat lambat bereaksi dengan air jika terdapat pada semen dalam jumlah yang besar dan hanya berpengaruh pada semen setelah umur 7 hari. Senyawa ini hanya memberi ketahanan terhadap serangan kimia dan sangat mempengaruhi susut terhadap panas akibat lingkungan.

3. Trikalsium Aluminat (C_3A)

Senyawa C_3A akan menghasilkan reaksi yang sangat cepat dengan memberikan kekuatan awal yang tinggi pada 24 jam pertama yang disertai panas hidrasi yang tinggi. Maka dari itu, senyawa C_3A sangat berpengaruh pada proses pengikatan awal antara air dan semen hingga proses pengerasan dan untuk waktu yang panjang.

4. Tertrakalsium Aluminoferrit (C_4AF)

Pada senyawa C_4AF sangat tidak begitu mempengaruhi terhadap kekukatan dan kekerasan semen atau beton, sekalipun senyawa ini terhitung dalam jumlah yang besar dalam komposisi semen.

Tabel 2.5 Senyawa Kimia Penyusun Semen Portland

Senyawa Semen Portland	Rumus Kimia	Simbol
Trikalsium Silikat	$3CaO.SiO_2$	C_3S
Dikalsium Silikat	$2CaO.SiO_2$	C_2S
Trikalsium Aluminat	$3CaO.Al_2O_3$	C_3A
Tertrakalsium Aluminoferrit	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	C_4AF

Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Beton, DPU, 1982

Dari kandungan senyawa yang terdapat pada semen portland di atas, maka dapat dikelompokkan beberapa jenis semen yang berbeda-beda sesuai dengan fungsi dan kegunaannya di lapangan. Berdasarkan SK.SNI T-15-1990-03 semen portland dapat dibedakan menjadi 5 (lima) jenis, yaitu:

1. Tipe I (Semen Portland Normal)

Semen portland normal yang digunakan untuk pembuatan beton dengan kategori konstruksi umum dan tidak berpengaruh terhadap sifat-sifat lingkungan. Dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Pada umumnya, pemakaian semen portland type 1 ini digunakan pada konstruksi gedung, jalan, jembatan, dll.

2. Tipe II (Semen Portland dengan Perubahan)

Semen portland yang dalam penggunaannya memiliki ketahanan terhadap sulfat (pada lokasi tanah yang mengandung sulfat berkisar antara 10% - 20%) dan panas hidrasi sedang. Semen tipe ini digunakan sebagai pencegahan terhadap serangan sulfat dari lingkungan seperti pada tanah daerah rawa, konstruksi tepi laut, saluran drainase dalam tanah, dll.

3. Tipe III (Semen Kekuatan Awal Tinggi)

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi dan waktu pengerasan yang sangat cepat. Digunakan pada konstruksi bangunan yang memiliki cetakan/bekisting yang bersifat cepat dibuka atau di bongkar seperti pada pekerjaan bangunan tingkat tinggi, pembuatan landasan lapangan udara, pekerjaan jalan beton, dll.

4. Tipe VI (Semen Panas Hidrasi Rendah)

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah yang digunakan pada struktur pondasi dermaga, pembuatan konstruksi tiang pancang, dll.

5. Tipe V (Semen Tahan Sulfat)

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Komposisi kimia dari kelima jenis semen tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.6 Persentase Komposisi Semen Portland

Tipe Semen	Komposisi Dalam Persen (%)							Karakteristik Umum
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaSO ₄	CaO	MgO	
Tipe I, Normal	49	25	12	8	2.9	0.8	2.4	Semen untuk semua pekerjaan
Tipe II, Modifikasi	46	29	6	12	2.8	0.6	3	Relatif sedikit pelepasan panas, digunakan untuk struktur besar
Tipe III, Kekuatan Awal Tinggi	56	15	12	8	3.9	1.4	2.6	Mencapai kekuatan awal yang tinggi pada umur 3 hari
Tipe VI, Panas Hidrasi Rendah	30	46	5	13	2.9	0.3	2.7	Dipakai pada bendungan beton
Tipe V, Tahan Sulfat	43	36	4	12	2.7	0.4	1.6	Dipakai pada saluran dan struktur yang diekspose terhadap sulfat

Sumber: Ir. Tri Mulyono, MT Tahun 2004

Pada penelitian ini, penulis menggunakan Semen Portland Tipe I yang diproduksi oleh PT. Semen Padang, Sumatera Barat dengan alasan semen tersebut

tidak memerlukan keahlian khusus dalam penggunaannya serta mudah didapatkan dan dicari di toko-toko penjualan bahan konstruksi.

2.8.2 Agregat Halus

Menurut *ASTM C 33-90*, agregat halus (pasir) merupakan agregat yang berasal dari alam berfungsi sebagai pengisi dalam campuran beton dan agregat tersebut memiliki butiran yang dapat lolos saringan 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 (ASTM C33,1982) atau 5.0 (BS.812,1976). agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alam dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu.

Dilihat dari sumbernya, agregat halus dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu (*Ir. Tri Mulyono Tahun 2004*):

1. Pasir Sungai

Pasir jenis ini dapat diperoleh langsung dari sungai. Sifat pasir ini biasanya berbutir halus, berbentuk bulat akibat gesekan, dan memiliki daya lekat yang kurang antar butiran.

2. Pasir Galian

Yaitu pasir yang digali secara langsung dari dalam tanah. Sifat dari pasir galian biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas kandungan garam. Biasanya sebelum dipakai harus dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran tanah.

3. Pasir Laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil langsung dari pantai. Sifat pasir ini adalah butirannya halus dan bulat karena gesekan antar butiran dan banyak mengandung garam. Untuk penggunaan pasir laut sangat tidak diperbolehkan karena banyak mengandung kadar garam yang dapat merusak struktur beton.

Untuk batas gradasi agregat halus biasanya diambil dari hasil pengayakan dengan lubang saringan 4.8 mm, 2.4 mm, 1.2 mm, 0.6 mm, 0.3 mm, dan 0,15 mm. Menurut peraturan dan ketentuan yang telah ditetapkan pada SK.SNI T-15-1990-

03 yang mengacu dari *British Standard* di Inggris, agregat halus dapat dikelompokkan dalam empat zona (daerah) menurut batas gradasinya yaitu pasir kasar, pasir agak kasar, pasir halus, dan pasir agak halus. Adapun batasan gradasi tersebut dapat dilihat dalam tabel dibawah ini:

Tabel 2.7 Batas Gradasi Agregat Halus (BS)

Lubang Ayakan (mm)	Persentase Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4.8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2.4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1.2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0.6	15 - 34	35 - 59	60 - 75	80 - 100
0.3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0.15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Sumber: SK.SNI T-15-1990-03

- Keterangan :
- Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
 - Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar
 - Daerah Gradasi III = Pasir Halus
 - Daerah Gradasi VI = Pasir Agak Halus

Jika kadar lumpur yang terkandung pada agregat halus melebihi dari batasan yang ditetapkan yaitu 5%, maka:

1. Berkurangnya daya penyerapan air pada agregat sehingga mengakibatkan jumlah air pengaduk beton menjadi lebih banyak dan dapat mempertinggi kadar FAS dalam pembuatan campuran beton.
2. Tidak akan bereaksi dengan semen sehingga dapat menurunkan daya lekat antara semen, air dan agregat serta agregat akan mudah lepas dan terurai dari ikatan semen akibat kadar lumpur menutupi pori-pori dari agregat.

2.8.3 Agregat Kasar

Secara umum pengertian dari agregat kasar adalah bahan/material yang berasal dari alam ataupun dari proses pemecahan batu yang memiliki ukuran lebih besar dari 5 mm dan dalam pengujian ayakan biasanya agregat kasar lolos pada saringan 40 mm, 20 mm, dan 10 mm. Pada umumnya agregat kasar yang digunakan pada beton SCC yaitu ukuran 10 mm. Beberapa jenis agregat kasar yang pernah ditemui berasal dari tempat yang berbeda-beda. Berikut ini pengelompokan agregat kasar yaitu:

1. Batu Alami (Kerikil)

Batu alami berasal dari hasil erupsi gunung berapi, dari proses sedimentasi dan dari proses metamorfosis pada bebatuan akibat suhu, temperatur, dan tekanan. Biasanya batu jenis ini dapat diperoleh dari aliran sungai dan muara yang mempertemukan sungai dan laut.

2. Batu Pecah (*Split*)

Batu pecah atau *split* biasanya dihasilkan dari proses pemecahan batu menjadi ukuran-ukuran yang telah menjadi *spek* dasar perencanaan dengan menggunakan alat pemecah batu (*stone crusher*).

3. Agregat Buatan

Agregat kasar buatan merupakan hasil dari perkembangan teknologi dalam menghasilkan suatu inovasi dalam penggunaan material kasar untuk pekerjaan di lapangan. Biasanya agregat kasar buatan ini dapat digunakan dalam proses pekerjaan tertentu.

Berdasarkan volumenya, agregat kasar dapat dikelompokkan menjadi tiga macam yaitu:

1. Agregat Normal

Agregat normal adalah agregat yang dihasilkan dari pemecahan batuan dengan *quarry* atau langsung dari sumber alam. Agregat ini biasanya berasal

dari kuarsa, basalt, granit dan sejenisnya dengan berat antara 1800 - 2500 kg/m³.

2. Agregat Ringan

Agregat ringan merupakan agregat yang sering digunakan dalam pembuatan konstruksi dengan mutu beton yang ringan dengan memperhitungkan berat sendiri. Dalam proses penggunaan material agregat ringan ini biasanya digunakan dalam pembuatan beton seperti untuk bahan-bahan isolasi atau bahan-bahan pra-tekan. Agregat jenis ini tergolong agregat yang memiliki berat antara 300 – 1800 kg m³.

3. Agregat Berat

Agregat berat merupakan agregat yang memiliki berat jenis > 2800 kg/m³ yang pada umumnya agregat jenis ini sering ditemukan seperti magnetik (Fe₃SO₄), barytes (BaSO₄) dan serbuk besi.

Pada agregat kasar, nilai gradasi yang diizinkan dapat diambil dari hasil pengujian saringan yang lolos pada saringan 40 mm, 20 mm, dan 10 mm. Untuk peraturan yang digunakan dalam penilaian gradasi berpedoman pada SK SNI T-15-1990-03 yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.8 Batas Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persentase Butir Lewat Ayakan, Besar Butir Maks	
	40 mm	20 mm
40	95 - 100	100
20	30 - 70	95 - 100
10	10 - 35	25 - 55
4.8	0 - 5	0 - 10

Sumber: SK.SNI T-15-1990-03

2.8.4 Air

Air merupakan bahan dasar dalam pembuatan beton untuk membantu proses pencampuran dengan semen dan dapat membantu dalam pekerjaan beton. Dalam pemakaian air, biasanya digunakan air yang dapat diminum dan tidak mengandung senyawa-senyawa berbahaya yang dapat merusak beton. Pada proses pencampuran beton, air merupakan salah satu faktor terpenting dalam menentukan mutu dan kekuatan beton. Jika air yang digunakan terlalu banyak, maka akan banyak menimbulkan gelembung-gelembung udara sebelum proses hidrasi selesai pada campuran beton, sedangkan jika dalam pemakaian air terlalu sedikit, maka dapat menyebabkan tidak sempurnanya proses hidrasi yang akan mengakibatkan kekuatan beton tidak tercapai sesuai rencana.

Berikut ini syarat-syarat air yang dapat digunakan dalam campuran beton (*Ir. Tri Mulyono, 2004*) antara lain:

1. Tidak mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan-bahan organik ataupun zat-zat lain yang dapat merusak beton dan baja tulangan.
2. Air yang digunakan adalah air bersih, tidak berbau, dan tidak berwarna.
3. Kandungan sulfat (SO_3) maksimum yang diizinkan dalam beton adalah 1000 mg/lit.
4. Tidak mengandung lumpur, lanau dan lempung (benda terapung lainnya) lebih dari 2000 mg/lit.
5. Air tidak boleh mengandung garam-garam dan klorida melebihi 500 mg/lit.
6. Apabila ditemukan keraguan dalam pemakaian air, maka sebaiknya diujikan terlebih dahulu di laboratorium tertentu untuk mengetahui kelayakan pada air tersebut.

2.8.5 Abu Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Pengisi Beton (Filler)

Tempurung kelapa adalah limbah dari pabrik kopra dan pasar tradisional, yang tidak termasuk dalam produk utama atau merupakan hasil ikutan dari proses pengolahan kelapa kelapa. Tempurung kelapa adalah jenis limbah padat yang pada umumnya hanya dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar untuk keperluan memasak, khususnya bagi rumah tangga yang masih menggunakan tungku dapur tradisional. Bahkan tak jarang limbah tempurung kelapa yang melimpah tersebut dibiarkan begitu saja sehingga hancur kembali ke alam tanpa memberi manfaat ekonomis.

Tempurung kelapa yang digunakan dalam penelitian ini adalah berasal dari limbah rumah makan padang. Tempurung kelapa yang dipandang sebelah mata oleh masyarakat di harapkan mampu meningkatkan kuat tekan beton, sehingga masyarakat tidak membuang sampah abu tempurung kelapa sembarangan tempat yang dapat menimbulkan polusi lingkungan.

Adapun susunan kimia yang terkandung pada abu tempurung kelapa dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.9 Kandungan Mineral Abu Tempurung Kelapa

Komponen	Unsur Mineral (%)
Lignin	29,40
Pentosan	27,70
Selulosa	26,60
Air	8,00
Solvent Ekstraktif	4,20
Uronat Anhidrat	3,50
Abu	0,60
Air	0,10
Silika	3,0

Sumber: Hasil penelitian Ibnusantoso, G., 2001

2.8.5.1 Literatur Penelitian Sebelumnya

Beberapa peneliti terdahulu juga telah melakukan penelitian tentang Penggunaan Limbah Pertanian Abu Tempurung Kelapa dalam campuran beton di antaranya :

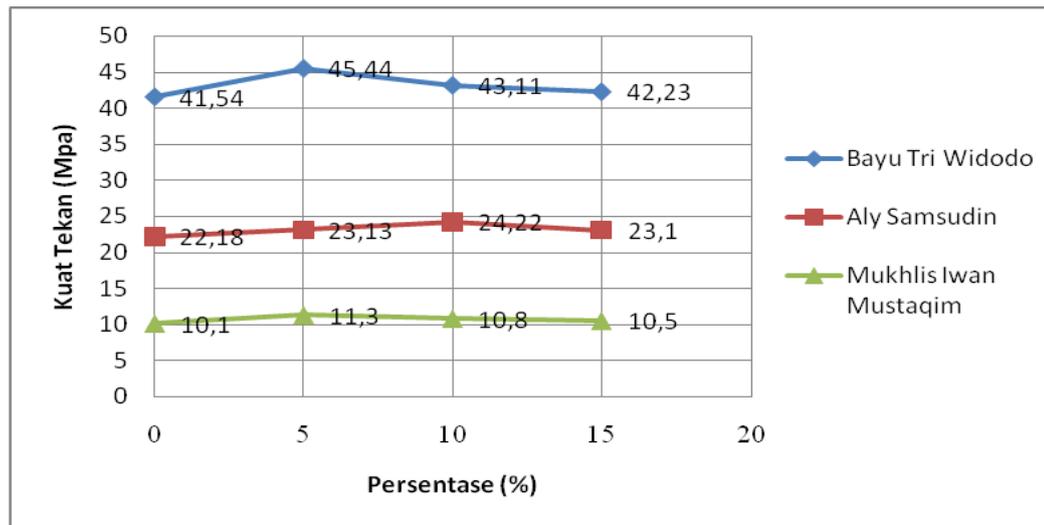
- 1. Bayu Tri Widodo (2018)** dengan judul: *“Pengaruh Penambahan Pozzolan Alami (abu tempurung kelapa muda) Terhadap Sifat Mekanik dan Durabilitas Beton Self Compacting Concrete (SCC) Mutu Tinggi”* Dari variasi campuran Abu Tempurung Kelapa sebanyak 5%, 10% dan 15%. Dan dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan Abu Tempurung Kelapa dengan kadar 5%, 10% dan 15% dari berat semen, akan dapat meningkatkan kuat tekan pada beton sebesar 41,54 Mpa dari kuat tekan beton normal. Didapatkan hasil kuat tekan tertinggi yaitu 45,44 Mpa pada campuran 5% selama 28 hari dengan mutu 45 Mpa.
- 2. Ali Samsudin (2011)** dengan judul: *“Analisa Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah”* Dari variasi campuran Abu Tempurung Kelapa sebanyak 10%, 20% dan 40%. Dan dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan Abu Tempurung Kelapa dengan kadar 10%, 20% dan 40% dari jumlah agregat halus, akan dapat meningkatkan kuat tekan pada beton sebesar 22,18 Mpa dari kuat tekan beton normal. Didapatkan hasil kuat tekan tertinggi yaitu 24,22 Mpa pada campuran 20% selama 28 hari.
- 3. Mukhlis Iwan Mustaqim (2016)** dengan judul: *“Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Paving Block”* Dari variasi campuran Abu Tempurung Kelapa sebanyak 5%, 10%, 15% dan 20%. Dan dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan Abu Tempurung Kelapa dengan kadar 5%, 10%, 15% dan

20% dari berat semen, pada mutu 10 Mpa akan dapat meningkatkan kuat tekan pada beton sebesar 10,1 Mpa dari kuat tekan beton normal. Didapatkan hasil kuat tekan tertinggi yaitu 11.3 Mpa pada campuran 5% dan campuran 10% 10,8 Mpa menurun dari hasil sebelumnya.

Dengan melihat, membaca serta meneliti dari berbagai literatur dari penelitian terdahulu diatas, penulis mengambil kesimpulan untuk penelitian abu tempurung kelapa kali ini memakai variasi campuran 2,5%, 5%, 10% dan 15% dikarenakan dari setiap penelitian diatas, penulis menyimpulkan bahwa dengan nilai campuran sebesar 5%, 10%, dan 15% pada Abu Tempurung Kelapa sebagai bahan campuran sebagian semen pada nilai kuat tekannya, masih ada beberapa yang membuat penulis penasaran terutama pada proporsi disetiap campuran abu tempurung kelapa.

Maka dari itu penulis ingin membuat rencana baru yaitu inovasi campuran yang sama tetapi dengan proporsi yang baru/berbeda pada beton campuran Abu Tempurung Kelapa, dengan mengambil nilai tengah (ganjil) disetiap pengujian terdahulu tetapi tetap dengan catatan bahwa penambahan disetiap proporsi variasi Abu Tempurung Kelapa tidak boleh terlalu tinggi karena sesuai dengan referensi yang ada, semakin tinggi campuran abu tempurung kelapa yang direncanakan maka kuat tekan bisa menjadi rendah, tetapi dalam artian lain pengambilan besar nilai proporsi sedang, seperti 2,5%, 5%, 10% dan 15%.

Dengan menjadikan beberapa rujukan diatas sebagai panduan diatas penulis mengambil keputusan untuk penambahan proporsi disetiap campuran Abu Tempurung Kelapa sebagai bahan campuran sebagian semen, maka diambil keputusan pada besar nilai proporsinya yaitu 2,5%, 5%, 10% dan 15%. Dari nilai proporsi campuran Abu Tempurung Kelapa tersebut, penulis ingin mengetahui dan memahami hasil dari penelitian yang dilakukan penulis/peneliti dengan beberapa literatur yang ada dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.2 Grafik Penelitian sebelumnya

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

2.9 Admixture

Menurut (SK SNI S-18-1990-03), bahan tambah (admixture) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya.

Salah satu kunci dalam pembuatan beton Self Compacting Concrete adalah dengan menjaga nilai water-binder ratio tetap rendah. Untuk itu, diperlukan admixture dengan sifat High Range Water Reducer sebagai superplasticizer dalam pembuatan beton SCC agar dapat mencapai kekuatan awal yang besar.

Dalam penelitian ini, superplasticizer menggunakan Sika Visconcrete 1003 adalah generasi terbaru dari Superplasticizer untuk beton dan mortar. Secara khusus dikembangkan untuk produksi beton dengan kemudahan mengalir dan sifat mengalir yang tahan lama serta mengurangi segregasi dan bleeding secara signifikan. Bebas klorin. Sesuai dengan ASTM C 494-92 produksi PT. Sika Indonesia dan digunakan sebanyak 1% dari berat semen sesuai dengan yang disyaratkan oleh Sika Indonesia di ambil dari penelitian sebelumnya. (Andika Ade Indara Saputra 2011)

2.10 Slump (Beton Segar)

Dalam penelitian ini, pengujian sifat beton segar jenis *self-compacting concrete* akan dilakukan terhadap tiga karakteristiknya, yang meliputi: *flow ability/ filling ability*, *viscosity*, dan *passing ability* dengan menggunakan beberapa alat ukur standar seperti: *Slump Flow*, *T₅₀₀ Slump Flow*, *L-Shaped Box*, *J-Ring*, dan *V-Funnel* (EFNARC, 2002 dan 2005).

Menurut *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete* syarat pengujian beton SCC menggunakan beberapa alat ukur adalah sebagai berikut:

Tabel 2.10 Syarat-syarat Pengujian Beton Segar SCC

Jenis Pengujian	Metode	Satuan	Batas-batas pengujian	
			Minimal	Maksimal
<i>Filling ability</i>	<i>Slumpflow</i>	mm	500	650
	<i>V-funnel</i>	detik	6	12
<i>Passing ability</i>	<i>L-shape box</i>	h2/h1	0.8	1
	<i>J-ring</i>	mm	0	10
<i>Viscosity</i>	<i>T₅₀₀ slumpflow</i>	detik	2	5
	<i>V-funnel</i>	detik	0	25

Pada prinsipnya tidak ada tes tunggal yang dapat digunakan untuk mengukur ketiga karakteristik workability SCC (self Consolidation Concrete) sehingga perlu dilakukan beberapa tes antara lain :

2.10.1 Slump - Flow Test

Setelah proses pengadukan campuran beton selesai dan sebelum beton dicetak, maka perlu dilakukan pengujian nilai *slump-flow* yang berguna untuk menentukan flowability (kemampuan alir) dan stabilitas SCC. Kebutuhan nilai slump flow untuk pengecoran konstruksi bidang vertikal berbeda dengan bidang horisontal. Kriteria yang umum dipakai untuk penentuan awal workabilitas beton SCC berdasarkan tipe konstruksi adalah sebagai berikut :

- Untuk konstruksi vertikal, disarankan menggunakan slump-flow antara 55 cm sampai 70 cm.
- Untuk konstruksi horisontal disarankan menggunakan slump-flow antara 50 cm sampai 65 cm.

2.10.2 J-Ring Test

Tes ini digunakan untuk menentukan passing ability SCC. Diameter ukuran baja dan jarak anatar tulangan dapat disesuaikan sesuai kondisi aktual yang ingin dimodelkan. Peralatan tes ini dapat dikombinasikan penggunaan dengan peralatan slump flow test sehingga dalam satu alat dapat digunakan untuk mengukur filling ability dan passing ability. Peralatan J-Ring test seperti pada slump flow test dimana campuran SCC dimasukkan hingga penuh dalam kerucut tanpa pemadatan dan penggetaran. Kemudian kerucut diangkat vertikal sehingga campuran akan mengalir ke luar lingkaran baja dan ada sebagian material yang tertahan di dalam lingkaran. Passing ability tes diukur dengan cara menghitung beda tinggi antara campuran di dalam lingkaran dengan di luar lingkaran. Ukur diameter akhir setelah campuran mengalir dalam 2 arah. Kriteria yang dipakai untuk nilai passing ability antara 0-10 mm

2.10.3 V-Funnel Test

V-Funnel test digunakan untuk mengukur filling ability dan stabilitas dari SCC. Peralatan terdiri dari corong berbentuk V sesuai gambar 7 dengan di bagian bawah terdapat pintu yang dapat dibuka tutup. Di bawah corong disediakan ember untuk menampung SCC yang nantinya akan dialirkan. Campuran SCC diisikan secara penuh dalam corong kemudian diamkan selama 1 menit dan pintu di bawah corong dibuka. SCC diamati ketika mengalir dan segala hambatan blocking baik tetap maupun sementara dicatat. Catat waktu total hingga seluruh campuran SCC dalam corong habis mengalir. Kemampuan beton segar untuk segera mengalir melalui mulut di ujung bawah alat ukur V-funnel diukur dengan besaran waktu antara 6 detik sampai maksimal 12 detik.

2.11 Permeability

Pengujian permeabilitas beton dapat diartikan sebagai kemampuan beton untuk mengalirkan air melalui pori-porinya (Mehta-1986). Permeabilitas dapat diukur dengan menggunakan tingkat aliran air yang melalui benda tersebut yang nilainya dinyatakan sebagai koefisien permeabilitas k_p (cm/dt). Semakin kecil koefisien permeabilitas beton maka kekuatan beton semakin tinggi. Besar kecilnya koefisien permeabilitas beton mudah tidaknya beton dilalui air. Pengujian permeabilitas beton dilakukan pada umur 28 hari. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi volume perembesan air dibawah tekanan yang tinggi ke dalam benda uji serta tinggi air yang menyerap kedalam beton setelah benda uji dicuring sehingga dapat mengetahui nilai permeabilitas dari benda uji tersebut.

Pengujian permeabilitas beton terdiri dari dua macam uji aliran (flow test) yaitu pengujian untuk mengukur permeabilitas terhadap air bila air dapat mengalir melalui sample beton, dan uji penetrasi (penetration test) yaitu pengujian permeabilitas beton tidak ada air mengalir terhadap sample. Uji penetrasi digunakan jika dalam percobaan permeabilitas tidak ada air yang mengalir melalui sample. Dari data pengujian permeabilitas ini dapat ditentukan yang menunjukkan suatu angka kecepatan rembesan.

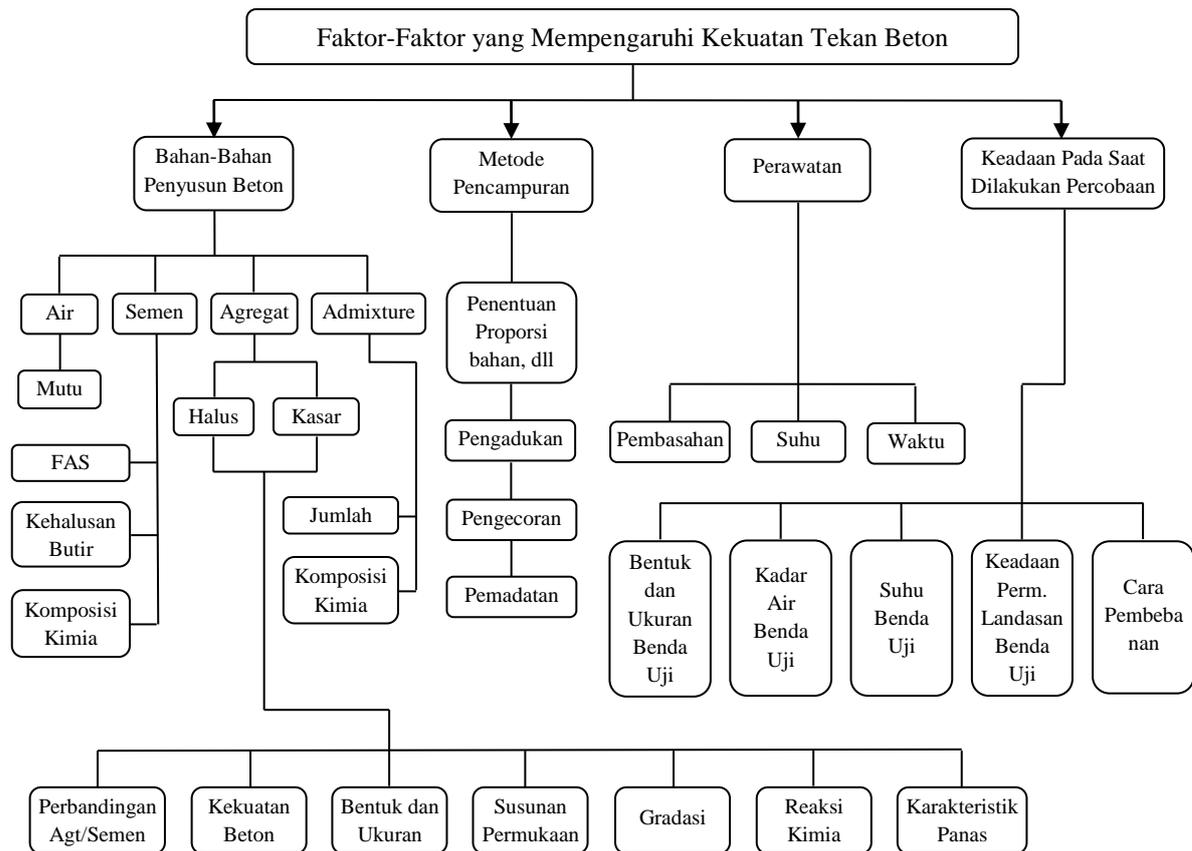
Tujuan dari pengujian permeabilitas benda uji adalah untuk mendapatkan persentase rongga udara pada beton, kecepatan air dalam menyerap, dan persentase lolos air.

2.12 Kuat Tekan Beton (*Compressive Strength Concrete*)

Pengujian kuat tekan beton merupakan salah satu pengujian untuk melihat tingkat kekuatan beton berdasarkan mutu beton dan racangan campuran beton yang telah direncanakan. Semakin tinggi tingkat kekuatan beton yang direncanakan, semakin tinggi pula mutu beton yang dapat dihasilkan. Beberapa faktor utama yang dapat mempengaruhi kekuatan beton adalah komposisi bahan-

bahan penyusun beton, langkah-langkah perancangan, perawatan beton dan keadaan pada saat pengujian.

Pengujian kuat tekan beton dilakukan terhadap benda uji silinder dengan ukuran Ø 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 1 buah sampel dengan masing-masing perbandingan dari komposisi campuran beton SCC atau dengan penambahan abu tempurung dan umur rencana benda uji. Tujuan dari pengujian kuat tekan beton adalah untuk mendapatkan hasil kuat tekan beton dari sampel benda uji sesuai dengan *mix design* yang telah direncanakan sebelumnya serta mengetahui kuat tekan karakteristik beton rencana.



Gambar 2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton

Sumber: Ir.Tri Mulyono, MT Tahun 2004

Untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton dapat dilakukan dengan cara pengujian standart yang sering dilaksanakan yaitu standart ASTM C 39-86 dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Dalam pelaksanaannya, benda uji yang akan di test akan diperiksa terlebih dahulu bentuk dan permukaan dari benda uji tersebut. Setelah itu, dapat dilakukan pengujian dengan memberikan beban vertikal pada benda uji sesuai dengan umur beton dan mutu beton yang direncanakan. Nilai kuat tekan untuk masing-masing sampel ditentukan oleh kekuatan tekan benton yang disyaratkan (f'_c) pada umur 28 hari.

Pada penelitian ini, pengujian kuat tekan beton dilaksanakan dengan variasi campuran beton yang berbeda berdasarkan komposisi abu tempurung yang digunakan dengan masing-masing sampel sebanyak 1 buah berbentuk silinder ukuran 15 cm x 30 cm.

Tabel 2.11 Daftar Konveksi Benda Uji

No	Benda Uji	Ukuran (cm)	Perbandingan Kuat Tekan
1	Kubus	15 x 15 x 15	1.00
2	Kubus	20 x 20 x 20	0.95
3	Silinder	Ø = 15, T = 30	0.83

Sumber: SNI 03-2834-2000

BAB III

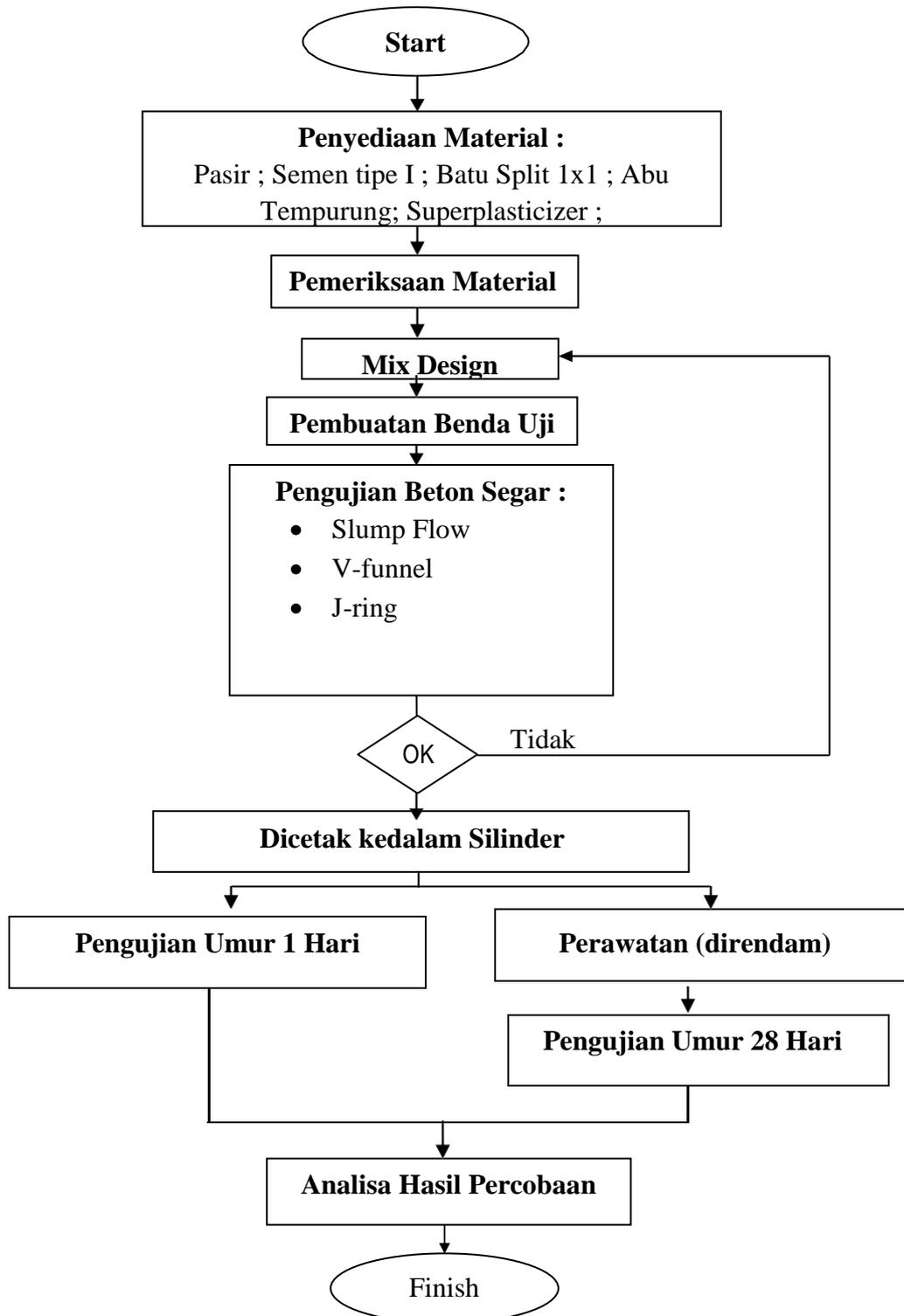
METODE PENELITIAN

3.1 Metode Pengujian Bahan

Untuk pengujian material dasar pembentuk beton *self compacting concrete*, pembuatan benda uji, serta pengujian kuat tekan beton dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta. Dalam penelitian ini terbagi menjadi dua tahapan yaitu pengujian pendahuluan dan pengujian lanjutan. Pengujian pendahuluan merupakan pengujian yang dilakukan untuk memeriksa sifat dan karakteristik material dasar pembentuk beton *self compacting concrete* dengan meliputi pengujian untuk agregat halus (pasir) dan agregat kasar (*split*) sesuai spesifikasi teknis agregat. Selanjutnya, data-data tersebut digunakan dalam perhitungan campuran beton (*mix design*) dengan kuat tekan karakteristik beton mencapai 25 MPa. Sedangkan pengujian lanjutan adalah pengujian berupa premabilitas beton dan pemeriksaan kuat tekan beton berdasarkan benda uji yang telah dibuat.

Adapun langkah-langkah dalam proses pengujian material ini dapat dilihat pada bagan alir berikut ini:

Secara umum, prosedur penelitian dijabarkan pada bagan alir (*flowchart*)



Gambar 3.1 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

3.2 Pengujian Material Dasar Beton

Pada dasarnya pengujian ini merupakan pengujian pendahuluan yang bertujuan untuk menguji sifat-sifat bahan penyusun beton serta menganalisis segala jenis bentuk material yang akan digunakan. Adapun material yang digunakan dalam penelitian ini adalah, semen, air, agregat halus, agregat kasar, dan abu tempurung.

3.2.1 Semen Portland

Pada penelitian ini, semen yang digunakan yaitu Semen Portland Tipe I yang diproduksi langsung oleh PT. Semen Padang, Sumatera Barat. Untuk semen jenis ini tidak dilakukan pengujian karena semen yang digunakan telah memenuhi persyaratan teknis sesuai dengan standar ASTM C-150-94 atau Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986 untuk semen portland normal.

3.2.2 Air

Air yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah air yang berasal dari sumur bor di Laboratorium Teknologi Beton, FTSP, Universitas Bung Hatta. Berdasarkan sumbernya, air tersebut dapat digunakan untuk campuran beton karena air tersebut bersifat bersih, jernih, tidak berwarna, dan tidak berbau serta tidak ditemukan kotoran-kotoran seperti minyak maupun zat-zat organik lainnya sesuai dengan pedoman SK-SNLS-04-1989-F tentang *Spesifikasi Air Sebagai Bahan Bangunan*.

3.2.3 Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam pengujian ini berasal dari daerah Duku, Kab. Padang Pariaman, Sumatera Barat. Sebelum digunakan dalam pembuatan benda uji, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan sesuai dengan standart ASTM C-33. Adapun tahapan-tahapan pemeriksaan yang dilaksanakan pada agregat halus adalah sebagai berikut:

3.2.3.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

1. Waktu Pelaksanaan

Hari/Tanggal : Selasa, 28 Agustus 2018

Tempat : Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

2. Tujuan Pemeriksaan

Untuk mempermudah dalam pengelompokan jumlah dan ukuran agregat halus sesuai dengan batas gradasi yang telah ditentukan. Butiran agregat yang telah dikelompokkan sesuai dengan susunan butirnya sangat mempengaruhi dalam perencanaan campuran beton, dalam proses pemadatan dan mempermudah dalam pengerjaan.

3. Peralatan

- a) Oven yang dilengkapi dengan pengatur waktu dan suhu dalam proses pemanasan benda uji hingga $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$
- b) Mesin penggetar (*splitting test*)
- c) Timbangan dengan ketelitian 0.1 gram
- d) Saringan dengan ukuran (dengan susunan ayakan dari yang terkecil hingga terbesar) 4.8 mm, 2.4 mm, 1.2 mm, 0.6 mm, 0.3 mm, 0.15 mm, dan pan
- e) Gundar kawat atau kuas
- f) Cawan

4. Bahan

Agregat halus yang lolos saringan 4,8 mm sebanyak 1500 gram

5. Prosedur Pelaksanaan

- a) Agregat halus yang akan disaring terlebih dahulu dikeringkan dengan menggunakan oven bersuhu $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ selama 24 jam sampai beratnya tetap.
- b) Saring agregat halus sebanyak 1500 gram dengan ukuran ayakan (berurutan dari terbesar hingga terkecil) 4.8 mm, 2.4 mm, 1.2 mm, 0.6 mm, 0.3 mm, 0.15 mm, dan pan selama ± 15 menit.

- c) Timbang agregat halus yang tertahan pada masing-masing saringan dan kemudian bersihkan bagian bawah saringan dari agregat yang masih menempel dengan menggunakan kuas atau gundar kawat.
- d) Hitung persentase agregat halus yang lolos dan yang tertinggal pada setiap masing-masing saringan.

6. Perhitungan

$$\% \text{ Tertahan agregat halus} = \frac{\text{Berat tertinggal agregat halus}}{\text{Total berat agregat halus}} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\% \text{ Lolos agregat halus} = 100 \% - \text{Tertahan agregat halus} \dots\dots\dots (3.2)$$



Gambar 3.2 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Sumber: Hasil Penelitian Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

3.2.3.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

1. Waktu Pelaksanaan

Hari/Tanggal : Selasa, 28 Agustus 2018

Tempat : Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

2. Tujuan Pemeriksaan

Untuk mengetahui berat jenis agregat halus dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD) dan dalam keadaan kering oven serta mengetahui penyerapan pada agregat halus.

3. Peralatan

- a) Oven yang dilengkapi dengan pengatur waktu dan suhu dalam proses pemanasan benda uji hingga $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$
- b) Timbangan/neraca dengan ketelitian 0.1 gram
- c) Gelas ukur kapasitas 500 ml
- d) Saringan ukuran 4.8 mm (No. 4)
- e) Kerucut abrasif ukuran $\varnothing 90$ mm dengan tinggi 75 mm
- f) Alat Pengering (*blower*)
- g) Batang penumbuk dengan berat 340 ± 15 gram
- h) Ember perendaman
- i) Cawan/Pan

4. Bahan:

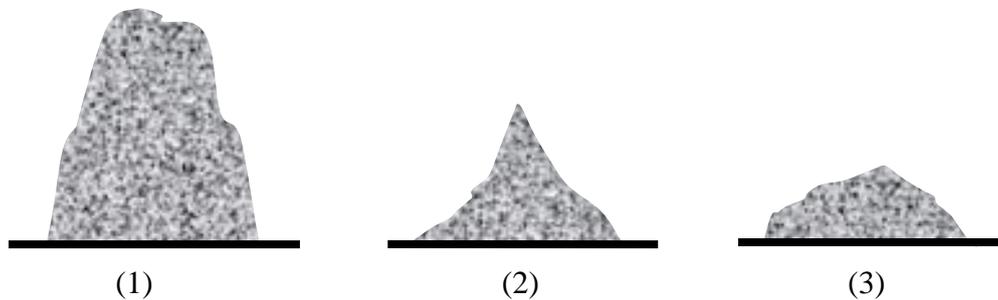
- a) Agregat halus yang lolos saringan 4.8 mm
- b) Air bersih

5. Prosedur Pelaksanaan

A. Penentuan Keadaan (SSD) Agregat Halus

- 1) Agregat halus direndam dalam air selama 24 jam sampai keadaan kondisi jenuh air.
- 2) Keringkan agregat halus tersebut menggunakan *blower* hingga agregat tersebut benar-benar kering permukaan.
- 3) Masukkan agregat halus tersebut ke dalam kerucut abrasif dengan pengisian 3 lapisan dengan masing-masing lapisan ditumbuk sebanyak 8 kali.
- 4) Agregat halus yang berserakan pada bagian bawah sisi kerucut abrasif segera dibersihkan agar pada saat pengangkatan kerucut tidak mengganggu agregat yang berada di dalam kerucut abrasif.
- 5) Kerucut abrasif diangkat secara vertikal secara perlahan-lahan dan konstan. Hindari agregat halus bersentuhan dengan kerucut abrasif pada saat diangkat.

- 6) Amati hasil dari agregat halus tersebut setelah kerucut abram di angkat. Terdapat tiga bentuk agregat halus terhadap berat jenis SSD yaitu sebagai berikut:



- Keterangan : (1) = Keadaan Basah
 (2) = Keadaan SSD
 (3) = Keadaan Kering

Gambar 3.3 Pemeriksaan Berat Jenis SSD

Sumber: Diktat Labor Beton Univ. Bung Hatta

B. Penentuan Berat Jenis Kering dan Penyerapan Agregat Halus

- 1) Timbang agregat halus terlebih dahulu yang telah berada dalam keadaan berat jenis SSD sebanyak W_1 gram.
- 2) Masukkan agregat halus tersebut kedalam gelas ukur 500 ml beserta air bersih hingga 90 % dari volume gelas ukur (450 ml).
- 3) Kemudian gelas ukur diguncang-guncang hingga tidak terlihat lagi gelembung-gelembung udara, bila volume air berkurang dari jumlah volume awal maka dapat ditambahkan kembali hingga batas 90 % (450 ml).
- 4) Lakukan penimbangan terhadap gelas ukur dan isinya (gelas ukur + agregat halus + air) sebagai W_3 gram.
- 5) Keluarkan agregat halus dan air yang terdapat pada gelas ukur dan tampung ke dalam pan, jangan sampai air dan agregat halus tersebut terbuang. Kemudian gelas ukur tersebut diisi kembali

dengan air bersih hingga 90 % dari volume gelas ukur (450 ml).
 Timbang air dan gelas ukur tersebut sebagai W_4 gram.

- 6) Agregat halus yang ditampung pada pan dimasukkan kedalam oven untuk dikeringkan dengan suhu 110 ± 5^0 C selama 24 jam hingga beratnya tetap.
- 7) Keluarkan agregat halus tersebut dari oven dan timbang beratnya sebagai W_2 gram.

8) Perhitungan

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{W_1}{W_1 - (W_3 - W_4)} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\text{Berat Jenis Kering} = \frac{W_2}{W_2 - (W_3 - W_4)} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots (3.5)$$

- Dimana :
- W_1 = Berat agregat setelah mencapai kondisi SSD
 - W_2 = Berat agregat setelah dikeringkan
 - W_3 = Berat gelas ukur + agregat + air
 - W_4 = Berat gelas ukur + air



Gambar 3.4 Pengujian Berat Jenis SSD Agregat Halus

Sumber: Hasil Penelitian Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

3.2.3.3 Penentuan Kadar Air dan Kadar Lumpur Agregat Halus Cara Labor

1. Waktu Pelaksanaan

Hari/Tanggal : Selasa, 28 Agustus 2018

Tempat : Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

2. Tujuan Pemeriksaan

Pada pemeriksaan kadar air dan kadar lumpur pada agregat halus dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jumlah persentase kadar air dan kadar lumpur yang terkandung pada agregat halus yang diuji. Kadar air merupakan perbandingan antara kadar air yang terkandung dalam agregat halus dengan keadaan berat kering oven. Untuk nilai kadar lumpur pada agregat halus tidak boleh melebihi 5% karena kadar lumpur dan partikel-partikel kecil yang berukuran kecil dari 0.074 mm dapat menyebabkan daya ikat antara material-material penyusun beton semakin berkurang dan dapat menurunkan nilai kuat tekan yang telah direncanakan.

3. Bahan

- a) Agregat halus yang lolos saringan 4.8 mm
- b) Air bersih

4. Peralatan

- a) Oven yang dilengkapi dengan pengatur waktu dan suhu dalam proses pemanasan benda uji hingga $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$
- b) Timbangan/neraca dengan ketelitian 0.1 gram
- c) Saringan ukuran No. 16 dan No. 200
- d) Cawan/Pan

5. Prosedur Pelaksanaan

- a) Timbang agregat halus dalam kondisi lapangan sebanyak W_1 gram.
- b) Masukkan agregat halus kedalam oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ selama 24 jam.

- c) Keluarkan agregat halus yang berada didalam oven dan dinginkan dengan suhu ruangan hingga beratnya tetap, kemudian timbang sebagai W_2 gram.
- d) Susun saringan dengan ukuran No. 16 dan No. 200, kemudian masukkan agregat halus tersebut kedalam saringan.
- e) Bilas agregat halus tersebut dengan air bersih hingga air pembilas bening dan tidak terlihat lagi kotoran yang mengapung maupun yang mengendap.
- e) Tampung kembali agregat halus dari setiap saringan kedalam pan dan masukkan kembali kedalam oven dengan suhu 110 ± 5^0 C selama 24 jam.
- f) Keluarkan agregat halus dari oven dan dinginkan dengan suhu ruangan hingga beratnya tetap, kemudian timbang sebagai W_3 gram.

6. Perhitungan

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.6)$$

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_2 - W_3}{W_3} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.7)$$

Dimana : W_1 = Berat agregat lapangan

W_2 = Berat agregat kering oven

W_3 = Berat agregat kering oven setelah dicuci

3.2.3.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus Cara Lapangan

1. Waktu Pelaksanaan

Hari/Tanggal : Selasa, 28 Agustus 2018

Tempat : Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

2. Tujuan Pemeriksaan

- a) Untuk mengetahui persentase dan jumlah besaran kadar lumpur yang terkandung pada agregat halus

- b) Mengetahui kelayakan agregat halus secara langsung untuk keperluan pekerjaan pembetonan atau tidak berdasarkan kadar lumpurnya.

3. Bahan

- a) Agregat halus yang lolos saringan 4.8 mm
b) Air bersih

4. Peralatan

- a) Saringan ukuran 4.8 mm (No. 4)
b) Botol Reagen Ø 75 mm dengan tutup
c) Mistar ukur
d) Stopwatch
e) Jangka sorong

5. Prosedur Pelaksanaan

- a) Isi botol Reagen dengan agregat halus (pasir) setinggi 50 mm dan dipadatkan dengan alat pemadat.
b) Masukkan air bersih kedalam botol Reagen yang telah terisi pasir sampai $\frac{3}{4}$ volume botol Reagen tersebut.
c) Tutup botol dengan rapat dan lakukan pengocokan selama ± 15 menit kemudian botol didiamkan selama 24 jam.
d) Lakukan pengukuran tebal lapisan lumpur yang mengendap dipermukaan agregat pada 4 tempat yang kemudian dirata-ratakan.

6. Perhitungan

$$\text{Kadar Air} = \frac{T1 + T2 + T3 + T4}{4} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.8)$$

Dimana : T = Tinggi endapan lumpur

a = Ketebalan agregat halus didalam botol Reagen



Gambar 3.5 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus Secara Lapangan

Sumber: Hasil Penelitian Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

3.2.3.5 Pemeriksaan Bobot Isi Agregat Halus

1. Waktu Pelaksanaan

Hari/Tanggal : Selasa, 28 Agustus 2018

Tempat : Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

2. Tujuan Pemeriksaan

Untuk menentukan perbandingan antara berat agregat halus kering dengan volume pada agregat halus tersebut.

3. Bahan

Agregat halus yang lolos saringan 4.8 mm

4. Peralatan

- a) Takaran ukuran 2.75 liter dan 6.5 liter
- b) Timbangan dengan ketelitian 1 gram
- c) Palu kayu/karet dan tongkat pemadat
- d) Sendok semen

5. Prosedur Pelaksanaan

- a) Timbang berat masing-masing takaran sebagai W_1 gram.
- b) Untuk setiap masing-masing takaran diisikan dengan pasir tanpa dipadatkan dan ratakan bagian permukaan takaran kemudian timbang sebagai W_2 gram.

- c) Masukkan pasir pada takaran 2.75 liter dan kemudian padatkan dengan tongkat pemadat dengan cara ditusuk-tusuk sebanyak 20 kali.
- d) Masukkan pasir pada takaran 6.5 liter dengan 2 lapisan. Untuk setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat dengan cara ditusuk-tusuk sebanyak 15 kali tusukan.
- e) Ketuk bagian luar takaran menggunakan palu hingga lebih padat, jika berkurang maka isikan kembali pasir sampai penuh.
- f) Ratakan kembali bagian permukaan agregat halus.
- g) Timbang masing-masing takaran tersebut sebagai W_3 gram.

6. Perhitungan

$$\text{Berat Isi Gembur} = \frac{W_2 - W_1}{V} \dots\dots\dots (3.9)$$

$$\text{Berat Isi Padat} = \frac{W_3 - W_1}{V} \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana : W_1 = Berat masing-masing takaran
 W_2 = Berat agregat sebelum dipadatkan
 W_3 = Berat agregat setelah dipadatkan
 V = Volume takaran



Gambar 3.6 Penentuan Bobot Isi Agregat Halus

Sumber: Hasil Penelitian Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

3.2.3.6 Pemeriksaan Kadar Organik Agregat Halus

1. Waktu Pelaksanaan

Hari/Tanggal : Selasa, 28 Agustus 2018

Tempat : Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

2. Tujuan Pemeriksaan

Untuk mengetahui persentase kandungan organik yang terdapat pada agregat halus. Dalam proses pencampuran semen, kadar organik pada agregat akan mempengaruhi:

- Pengerasan adukan
- Daya ikat semen
- Ketahanan terhadap karat pada tulangan beton

Untuk mengetahui agregat tersebut bersih dari kandungan organik, maka dapat dipakai larutan *Natrium Hidroksida* (NaOH) dikarenakan larutan *Natrium Hidroksida* ini dapat bereaksi langsung dengan senyawa-senyawa organik dan dapat memisahkan agregat dengan kandungan organik didalamnya. Dengan melihat besar dan kecilnya kandungan organik pada agregat halus dapat dilihat dengan membedakan cairan yang telah ditambahkan NaOH pada agregat dengan cairan pembanding standart yaitu *Potasium Pichromate* ($K_2Cr_2O_7$).

3. Bahan

- a) Agregat halus yang lolos saringan 4.8 mm
- b) Laruran NaOH 3%
- c) Air bersih

4. Peralatan

- a) Botol reagan ukuran \emptyset 75 mm dengan penutupnya
- b) Stopwatch
- c) Mistar ukur/meteran
- d) Geas Ukur 100 ml

5. Prosedur Pelaksanaan

- a) Isi botol reagen dengan agregat halus (pasir) setinggi 5 cm dan dipadatkan dengan alat pemadat.
- b) Tambahkan larutan NaOH 3% kedalam botol reagen.
- c) Masukkan air bersih kedalam botol reagen hingga $\frac{3}{4}$ volume botol reagen yang sebelumnya telah berisikan agregat halus.
- d) Tutup bagian atas botol reagen yang rapat dan lalukan guncangan selama ± 15 menit dan biarkan botol reagen tersebut selama 24 jam.
- e) Amati warna cairan yang berada diatas agregat halus pada botol reagen, lalu bandingkan dengan warna cairan pembanding.



Gambar 3.7 Pemeriksaan Kadar Organik Agregat Halus

Sumber: Hasil Penelitian Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

3.2.4 Agregat Kasar

Agregat kasar yang dipakai dalam pengujian ini berasal dari CV. Berkah, Kampung Kalawi, Kota Padang, Prov. Sumatera Barat dengan ukuran agregat kasar yang digunakan pada campuran beton berkisar antara $\varnothing 10 - 20$ mm. Adapun langkah-langkah dalam pemeriksaan agregat kasar ini adalah sebagai berikut:

3.2.4.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

1. Waktu Pelaksanaan

Hari/Tanggal : Selasa, 28 Agustus 2018

Tempat : Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

2. Tujuan Pemeriksaan

Untuk mempermudah dalam pendistribusian butiran atau gradasi sesuai dengan jumlah persentase butiran dan besaran agregat kasar tersebut.

3. Peralatan

- a) Oven yang dilengkapi dengan pengatur waktu dan suhu dalam proses pemanasan benda uji hingga $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$
- b) Mesin penggetar (*spilting test*)
- c) Timbangan dengan ketelitian 0.1 gram
- g) Saringan dengan ukuran (susunan ayakan dari yang terbesar hingga terkecil) 40 mm, 20 mm, 10 mm, 4.8 mm, 2.4 mm, 1.2 mm, 0.6 mm, 0.3 mm, 0.15 mm, dan pan
- d) Gundar kawat atau kuas
- e) Cawan

4. Bahan

Agregat kasar dengan ukuran \emptyset 10-20 sebanyak 2000 gram

5. Prosedur Pelaksanaan

- a) Agregat kasar yang akan diayak terlebih dahulu dikeringkan dengan menggunakan oven bersuhu $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ selama 24 jam sampai beratnya tetap.
- b) Saring agregat kasar sebanyak 2000 gram dengan ukuran ayakan (berurutan dari terbesar hingga terkecil) 40 mm, 20 mm, 9.6 mm, 4.8 mm, 2.4 mm, 1.2 mm, 0.6 mm, 0.3 mm, 0.15 mm, dan pan selama ± 15 menit.

- c) Timbang agregat kasar yang tertahan di masing-masing saringan dan kemudian bersihkan bagian bawah saringan dari agregat yang masih menempel dengan menggunakan kuas atau gundar kawat.
- d) Hitung persentase agregat kasar yang lolos dan yang tertinggal pada setiap masing-masing saringan.

6. Perhitungan

$$\% \text{ Tertahan agregat kasar} = \frac{\text{Berat tertinggal agregat kasar}}{\text{Total berat agregat kasar}} \dots\dots (3.11)$$

$$\% \text{ Lolos agregat kasar} = 100 \% - \text{Tertahan agregat kasar} \dots\dots (3.12)$$



Gambar 3.8 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Sumber: Hasil Penelitian Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

3.2.4.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

1. Waktu Pelaksanaan

Hari/Tanggal : Selasa, 28 Agustus 2018

Tempat : Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

2. Tujuan Pemeriksaan

Untuk menentukan berat jenis pada agregat kasar dalam keadaan SSD (*Saturated surface Dry*) dan keadaan jenuh kering oven serta dapat menentukan penyerapan pada agregat kasar tersebut.

3. Peralatan

- a) Oven yang dilengkapi dengan pengatur waktu dan suhu dalam proses pemanasan benda uji hingga $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$
- b) Gelas ukur 500 ml
- c) Timbangan dengan ketelitian 1 gram
- d) Saringan dengan ukuran 4.8 mm (No. 4)
- e) Ember perendaman
- f) Kain handuk/lap
- g) Cawan/pan

4. Bahan

- a) Agregat kasar sebanyak 500 gram
- b) Air bersih

5. Prosedur Pelaksanaan

- a) Agregat kasar direndam pada air bersih selama 24 jam sampai dengan kondisi jenuh air.
- b) Bersihkan agregat kasar menggunakan air bersih hingga kotoran seperti tanah dan debu yang menempel pada agregat hilang.
- c) Agregat kasar dikeringkan sampai kondisi SSD dengan cara mengelap agregat satu persatu menggunakan kain handuk hingga kering permukaan.
- d) Timbang agregat kasar yang telah mencapai kondisi SSD sebagai W_1 gram.
- e) Masukkan agregat kasar tersebut kedalam gelas ukur dan kemudian isi dengan air bersih hingga 90 % volume gelas ukur (450 ml).
- f) Agregat kasar dan air yang terdapat pada gelas ukur diguncang-guncang hingga tidak terlihat lagi gelembung udara yang terdapat pada sela-sela agregat. Apabila volume air berkurang maka dapat ditambahkan kembali hingga batas 90 % dari volume gelas ukur (450 ml).

- g) Lakukan penimbangan pada gelas ukur dengan isinya (gelas ukur + air + agregat kasar) sebagai W_3 gram.
- h) Keluarkan agregat kasar dari dalam gelas ukur, kemudian tampung didalam pan.
- i) Kemudian isi kembali gelas ukur dengan air bersih hingga mencapai 90 % dari volume gelas ukur (450 ml), kemudian timbang sebagai W_4 gram.
- j) Masukkan agregat kasar yang terdapat pada pan ke dalam oven untuk dikeringkan dengan suhu 110 ± 5^0 C selama 24 jam.
- k) Keluarkan agregat kasar yang berada didalam oven dan timbang sebagai W_2 gram.

6. Perhitungan

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{W_1}{W_1 - (W_3 - W_4)} \dots\dots\dots (3.13)$$

$$\text{Berat Jenis Kering} = \frac{W_1}{W_2 - (W_3 - W_4)} \dots\dots\dots (3.14)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots (3.15)$$

- Dimana :
- W_1 = Berat agregat setelah mencapai kondisi SSD
 - W_2 = Berat agregat setelah dikeringkan
 - W_3 = Berat gelas ukur + agregat + air
 - W_4 = Berat gelas ukur + air



Gambar 3.9 Proses Perendaman Agregat Kasar

Sumber: Hasil Penelitian Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

3.2.4.3 Pemeriksaan Kadar Air dan Kadar Lumpur Agregat Kasar

1. Waktu Pelaksanaan

Hari/Tanggal : Selasa, 28 Agustus 2018

Tempat : Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

2. Tujuan Pemeriksaan

Untuk mengetahui dan menganalisa kadar air dan kadar lumpur yang terkandung dalam agregat kasar.

3. Peralatan

- a) Timbangan dengan ketelitian 0.1 gram
- b) Oven yang dilengkapi dengan pengatur waktu dan suhu dalam proses pemanasan benda uji hingga $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$
- c) Saringan ukuran No. 4 dan No. 200
- d) Ember perendam
- e) Cawan/pan

4. Bahan

- a) Agregat kasar
- b) Air bersih

5. Prosedur Pelaksanaan

- a) Timbang agregat kasar dalam kondisi lapangan sebanyak W_1 gram.

- b) Masukkan agregat kasar kedalam oven dengan suhu 110 ± 5^0 C selama 24 jam.
- c) Agregat kasar yang berada didalam oven segera dikeluarkan dan didinginkan hingga beratnya tetap, kemudian timbang sebagai W_2 gram.
- d) Susun saringan dengan ukuran No. 4 dan No. 200, kemudian masukkan agregat kasar tersebut kedalam saringan.
- e) Bilas agregat kasar tersebut dengan air bersih hingga air pembilas bening dan tidak terlihat lagi kotoran yang mengapung maupun yang mengendap.
- f) Tampung kembali agregat kasar dari setiap saringan kedalam pan dan masukkan kembali kedalam oven dengan suhu 110 ± 5^0 C selama 24 jam.
- g) Keluarkan agregat kasar dari oven dan dinginkan dengan suhu ruangan hingga beratnya tetap, kemudian timbang sebagai W_3 gram.

6. Perhitungan

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.16)$$

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_2 - W_3}{W_3} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.17)$$

Dimana : W_1 = Berat agregat lapangan

W_2 = Berat agregat kering oven

W_3 = Berat agregat kering oven setelah dicuci

3.2.4.4 Pemeriksaan Bobot Isi Agregat Kasar

1. Waktu Pelaksanaan

Hari/Tanggal : Selasa, 28 Agustus 2018

Tempat : Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

2. Tujuan Pemeriksaan

Untuk mengetahui berat jenis dari agregat kasar serta menentukan perbandingan berat dengan volume agregat kasar tersebut.

3. Peralatan

- a) Alat takaran 2.75 liter dan 6.5 liter
- b) Timbangan dengan ketelitian 1 gram
- c) Tongkat pemadat
- d) Palu kayu/karet
- e) Sendok semen

4. Bahan

Agregat kasar ukuran \emptyset 10-20 mm sesuai dengan takaran yang dibutuhkan

5. Prosedur Pelaksanaan

- a) Timbang berat masing-masing takaran sebagai W_1 gram.
- b) Untuk setiap masing-masing takaran diisi dengan agregat kasar tanpa dipadatkan dan ratakan bagian permukaan takaran kemudian timbang sebagai W_2 gram.
- c) Masukkan agregat kasar pada takaran 2.75 liter dan kemudian padatkan dengan tongkat pemadat dengan cara ditusuk-tusuk sebanyak 20 kali.
- d) Masukkan agregat kasar pada takaran 6.5 liter dengan 2 lapisan. Untuk setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat dengan cara ditusuk-tusuk sebanyak 15 kali tusukan.
- e) Ketuk bagian luar takaran menggunakan palu hingga lebih padat, jika berkurang maka isikan kembali agregat kasar sampai penuh.
- f) Ratakan kembali bagian permukaan agregat kasar.
- g) Timbang masing-masing takaran tersebut sebagai W_3 gram.

6. Perhitungan

$$\text{Berat Isi Gembur} = \frac{W_2 - W_1}{V} \dots\dots\dots (3.18)$$

$$\text{Berat Isi Padat} = \frac{W_3 - W_1}{V} \dots\dots\dots (3.19)$$

Dimana : W_1 = Berat masing-masing takaran
 W_2 = Berat agregat sebelum dipadatkan
 W_3 = Berat agregat setelah dipadatkan
 V = Volume takaran



Gambar 3.10 Penentuan Bobot Isi Agregat Kasar

Sumber: Hasil Penelitian Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

3.2.5 Abu Tempurung

3.2.5.1 Pemeriksaan Berat Jenis Abu

1. Waktu Pelaksanaan

Hari/Tanggal : Selasa, 28 Agustus 2018

Tempat : Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

2. Tujuan Pemeriksaan

Untuk mengetahui berat jenis yang terkandung dari abu tempurung dengan membandingkan dari berat jenis semen. Menurut Standart Industri Indonesia (SII) 0013-81, BJ semen berkisar antara 3.12 s/d 3.3 gr/ml.

3. Peralatan

- a) *Lie Chaterlier Glass*
- b) Timbangan dengan ketelitian 0.1 gram
- c) *Water bath/ember*

- d) Saringan No. 200
- e) Corong kaca
- f) *Wash Bottle*

4. Bahan

- a) Abu tempurung sebanyak 64 gram
- b) Minyak tanah

5. Prosedur Pelaksanaan

- a) Persiapkan botol *Lie Chaterlier* yang kering dan bersih dan lakukan pengisian dengan minyak tanah sampai skala 0 dan 1 yang telah disaring sebelumnya. Bagian dalam botol diatas permukaan cairan minyak tanah harus kering.
- b) Masukkan botol *Lie Chaterlier* ke ember perendaman dengan suhu kira-kira $20^0 - 30^0$ C (suhu kamar) yang bertujuan untuk menyamakan suhu cairan yang terdapat pada botol *Lie Chaterlier* dengan suhu lingkungan sekitar dengan lama perendaman ± 20 menit.
- c) Timbang abu tempurung sebanyak 64 gram yang telah dilakukan penyaringan terlebih dahulu menggunakan saringan 0.075 mm (No. 200).
- d) Setelah ± 20 menit, keluarkan botol *Lie Chaterlier* dari ember perendaman dimana diharapkan suhu pada botol *Lie Chaterlier* telah sama dengan suhu kamar. Amati skala pada botol *Lie Chaterlier* dan catat sebagai V_1 ml.
- e) Masukkan abu tempurung sebanyak 64 gram kedalam botol *Lie Chaterlier* sedikit demi sedikit. Gunakan corong kaca agar abu tempurung tidak menempel pada dinding dalam botol *Lie Chaterlier*.
- f) Setelah abu tempurung dimasukkan, tutup bagian atas botol *Lie Chaterlier* dan putar-putar dengan posisi miring secara perlahan agar gelembung udara yang berada di dalam botol *Lie Chaterlier* hilang.

- g) Masukkan kembali botol *Lie Chaterlier* kedalam bak perendaman yang berisi air bersih selama ± 20 menit.
- h) Keluarkan botol *Lie Chaterlier* dari bak perendaman dan amati skala dalam botol, catat sebagai V_2 ml.

6. Perhitungan

$$\text{Berat Jenis Abu} = \frac{W}{W_2 - W_1} \times \text{Berat Jenis Air} \dots\dots\dots (3.20)$$



Gambar 3.11 Botol *Lie Chaterlier* yang Telah Diisi Dengan Abu

Sumber: Hasil Penelitian Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

3.3 Prosedur Pembuatan Benda Uji

3.3.1 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Dalam proses perencanaan campuran beton, data–data yang digunakan merupakan data dari hasil pengujian material dasar penyusun beton yang telah dihitung sebelumnya terutama sekali dari hasil data-data pengujian pada agregat halus dan agregat kasar sesuai dengan standar persyaratan spesifikasi teknis pada suatu rancangan beton. Pada tahap perencanaan campuran bahan pembuat beton atau mix design menggunakan SNI 03-2834-2000 untuk mengetahui proporsi semen, agregat halus, agregat kasar dan air agar diperoleh kuat tekan beton, adapun langkah – langkah perencanaan campuran beton sebgai berikut :

1. Menentukan kuat tekan beton pada usia 3 hari, 7 hari, 14 hari, 28 hari, 50 hari dan 90 hari.
2. Menghitung presentase agregat gabungan
3. Mencari jumlah agregat yang dipakai
4. Menguji Beton segar
5. Rencana sampel untuk penelitian analisa kuat tekan beton dengan penambahan Abu Tempurung Kelapa sebagai berikut :

Tabel 3.1. Rencana Sampel

Jenis Sampel	Ukran	Jumlah
Silinder	Ø = 150 mm : t = 300 mm	35 Sampel

Proporsi penggunaan Abu Sekam Padi sebagai bahan tambah adalah sebagai berikut :

$$\text{Volume Abu Sekam Padi} = \frac{\text{Berat Semen} \times \text{Jumlah persen Abu Sekam Padi}}{100}$$

Dengan keterangan :

- a) Perbandingan campuran 0% merupakan beton normal tanpa ada penambahan.
- b) Perbandingan campuran 2,5% merupakan beton pada saat pengadukannya ditambahkan dengan Abu Tempurung Kelapa sebesar 2,5% dari berat semen.
- c) Perbandingan campuran 5% merupakan beton pada saat pengadukannya ditambahkan dengan Abu Tempurung Kelapa sebesar 5% dari berat semen.
- d) Perbandingan campuran 10% merupakan beton pada saat pengadukannya ditambahkan dengan Abu Tempurung Kelapa sebesar 10% dari berat semen.
- e) Perbandingan campuran 15% merupakan beton pada saat pengadukannya ditambahkan dengan Abu Tempurung Kelapa sebesar 15% dari berat semen.

3.3.2 Proses Pengadukan Campuran Beton

Sebelum proses pengadukan material dasar beton dilakukan, perlu diketahui bahwa dalam pelaksanaannya harus berdasarkan dengan hasil pengujian pendahuluan berupa pengujian material penyusun beton sesuai dengan syarat-

syarat spesifikasi teknis pelaksanaan yang kemudian data-data hasil pengujian tersebut menjadi dasar dan pedoman dalam pembuatan campuran beton sesuai dengan perencanaan. Pada tahapan ini dikerjakan sesuai dengan SNI-03-2834-2000 tentang *Tata Cara Pengadukan dan Pengecoran Beton*.

1. Peralatan

Alat-alat yang digunakan pada pelaksanaan pengadukan beton seperti:

- a) Mesin Pengaduk (molen) dengan kapasitas 0.5 m^3
- b) Sendok semen
- c) Kuas/gundar

2. Bahan

- a) Agregat Halus

Dilakukan pengecekan ulang kebutuhan pasir dan limbah pertanian abu sekam padi dalam 1 kali pengadukan, sehingga hasil rencana campuran tercapai.

- b) Agregat Kasar

Dilakukan pengecekan ulang untuk mengetahui takaran kebutuhan agregat kasar dalam satu kali pengadukan dan menyamakan kondisi agregat dengan hasil analisa agregat. Agar hasil rencana campuran tercapai.

- c) Semen

Dilakukan pengecekan takaran berat semen dan kondisi fisik semen, sudah terjadi pengerasan atau belum. Seandainya sudah terjadi pengerasan pada sebagian semen, semen tersebut tidak bisa digunakan dan harus diganti dengan kondisi semen yang bagus.

- d) Air

Persiapan air dilakukan pada saat melakukan pengecoran, jumlah air yang akan digunakan harus sesuai dengan jumlah air yang telah direncanakan.

- e) Limbah Pertanian (Abu Tempurung Kelapa)

Abu Tempurung Kelapa sebagai bahan campuran sebagian semen ditimbang sesuai kebutuhan rencana, campuran rencana abu tempurung kelapa sebagai berikut :

- ✓ 2,5% Abu Tempurung Kelapa dari jumlah semen rencana
- ✓ 5 % Abu Tempurung Kelapa dari jumlah semen rencana
- ✓ 10 % Abu Tempurung Kelapa dari jumlah semen rencana
- ✓ 15 % Abu Tempurung Kelapa dari jumlah semen rencana

3. Prosedur Pelaksanaan

Adapun langkah-langkah dalam proses pencampuran agregat pembentuk beton adalah sebagai berikut:

1. Lakukan penimbangan pada material-material dasar pembentuk beton seperti semen, pasir, kerikil (*split*), dan air sesuai dengan hasil perhitungan *mix design*.
2. Sediakan peralatan yang akan digunakan seperti mesin pengaduk (*concrete mixer*) yang berkapasitas 0,5 m³ dimana mesin dan peralatan yang akan digunakan harus dalam keadaan baik dan bersih.
3. Masukkan kerikil dan pasir kedalam mesin pengaduk (*concrete mixer*) dengan penambahan air sepertiga dari jumlah air yang didapat pada campuran beton, lalu hidupkan mesin pengaduk dan aduk selama ± 5 menit.
4. Masukkan semen dan abu tempurung kedalam mesin pengaduk (*concrete mixer*) yang telah terdapat kerikil dan pasir, kemudian tambahkan air + superplastilizer sepertiga lagi dan aduk selama ± 5 menit.
5. Tuangkan sisa air yang telah dihitung dalam *mix design* sedikit demi sedikit hingga adukan beton mencapai kekentalannya.
6. Setelah campuran beton bersifat homogen atau tercampur secara merata, maka mesin pengaduk (*concrete mixer*) dapat dimatikan dan kemudian lakukan pemeriksaan nilai *slump flow* beton.



Gambar 3.12 Proses Pengadukan Beton

Sumber: Hasil Penelitian Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

1.3.3 Pengujian Beton Segar

Dalam penelitian ini, pengujian sifat beton segar jenis *self-compacting concrete* akan dilakukan terhadap tiga karakteristiknya, yang meliputi: *flow ability/ filling ability*, *viscosity*, dan *passing ability* dengan menggunakan beberapa alat ukur standar seperti:

1.3.3.1 Slump - Flow Test

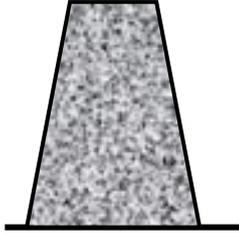
Pada pelaksanaan pengujian nilai *slump-flow*, ada beberapa jenis peralatan yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:

- a) Kerucut abras yang terbuat dari logam dengan diameter bagian bawah 20 cm dan diameter atas 10 cm, serta memiliki tinggi kerucut 30 cm dengan bagian atas dan bawah kerucut terbuka
- b) Pelat baja sebagai dudukan kerucut abras dengan ukuran 50 cm x 50 cm
- c) Mistar ukur/meteran
- d) Sendok semen

Adapun langkah-langkah dalam pelaksanaan pengujian nilai *slump flow* adalah sebagai berikut:

1. Membasahi kerucut abras dan pelat baja dengan kain handuk yang basah.
2. Letakkan kerucut abras diatas pelat baja yang digunakan sebagai landasan/kedudukan.

- Memasukkan adukan beton segar kedalam kerucut abram dengan langsung penuh.

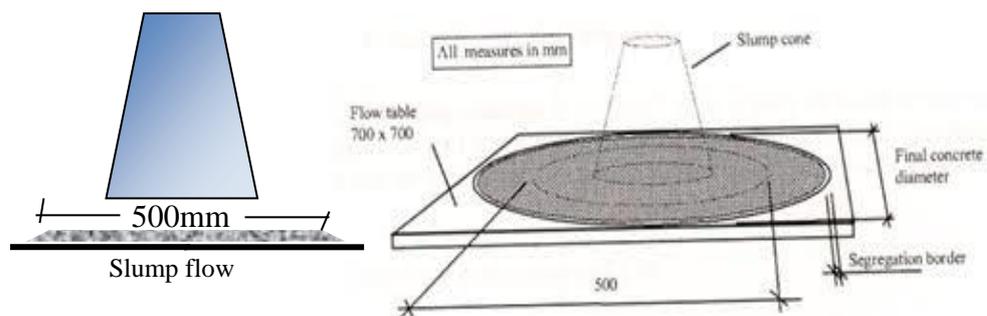


Diisi hingga penuh

Gambar 3.13 Proses Beton Pada Kerucut Abram

Sumber: Diktat Labor Beton Univ. Bung Hatta

- Ratakan permukaan adukan beton dan biarkan selama 30 detik. Bagian luar kerucut abram dan alat slump dibersihkan dari jatuhnya beton.
- Kerucut abram diangkat secara konstan ke arah vertikal dan hindari kerucut abram menyentuh beton.
- Ukur diameter lebar aliran beton mencapai akhirnya dan amati segegasi pada ujung yang terjadi



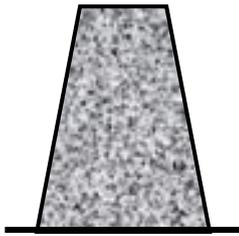
Gambar 3.14 Pengujian Nilai Slump

Sumber: Diktat Labor Beton Univ. Bung Hatta

1.3.3.2 Pengujian J-Ring Test

Pada pelaksanaan pengujian nilai *j-ring test*, ada beberapa jenis peralatan yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:

- a) Kerucut abras yang terbuat dari logam dengan diameter bagian bawah 20 cm dan diameter atas 10 cm, serta memiliki tinggi kerucut 30 cm dengan bagian atas dan bawah kerucut terbuka
- b) Pelat baja sebagai dudukan kerucut abras dengan ukuran 50 cm x 50 cm
- c) Lingkaran tulangan baja terbuka dengan tulangan baja vertikal. Model ini dapat dianggap sebagai model tulangan baja sesungguhnya.
- d) Mistar ukur/meteran
- e) Sendok semen



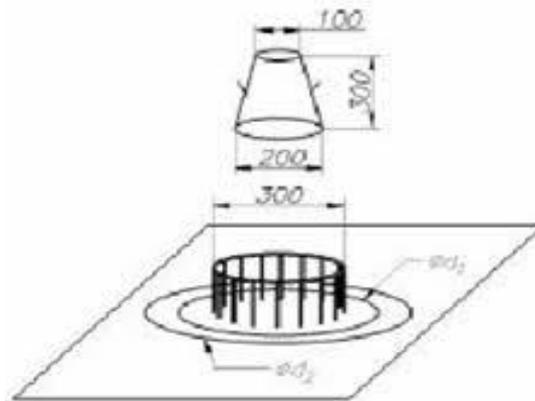
Diisi hingga penuh

Gambar 3.15 Proses Beton Pada Kerucut Abras

Sumber: Diktat Labor Beton Univ. Bung Hatta

Adapun langkah-langkah dalam pelaksanaan pengujian nilai *j-ring* adalah sebagai berikut:

1. Membasahi kerucut abras dan pelat baja dengan kain handuk yang basah.
2. Letakkan kerucut abras diatas pelat baja yang digunakan sebagai landasan/kedudukan.
3. Memasukkan adukan beton segar kedalam kerucut abras dengan lansung penuh.



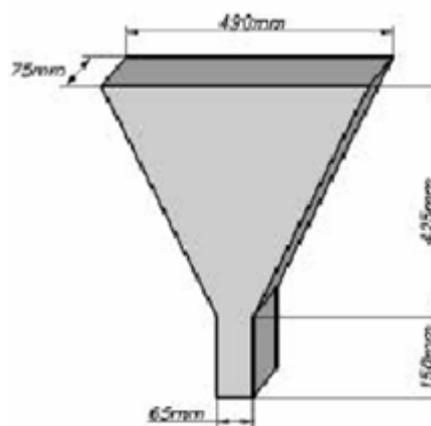
Gambar 3.16 Pengujian Nilai J-Ring

Sumber: Diktat Labor Beton Univ. Bung Hatta

1.3.3.3 Pengujian V-Funnel Test

Pada pelaksanaan pengujian nilai *j-ring test*, ada beberapa jenis peralatan yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:

- Kerucut Corong berbentuk V yang berukuran panjang 49 cm, lebar 7,5cm dan tinggi 55 cm yang mempunyai corong dibawah alat tersebut
- Stopwacth
- Sendok semen



Gambar 3.17 Pengujian V-Vannel

Sumber: Diktat Labor Beton Univ. Bung Hatta

Adapun langkah-langkah dalam pelaksanaan pengujian nilai *v-vannel* adalah sebagai berikut:

- Membasahi kerucut V dan pelat baja dengan kain handuk yang basah.

2. Letakkan kerucut V diatas pelat baja yang digunakan sebagai landasan/kedudukan.
3. Memasukkan adukan beton segar kedalam kerucut v dengan langsung penuh.
4. Bukak tutup pada bagian bawah alat v-vannel dan ukur kecepatan aliran beton.

3.3.4 Pembuatan Benda Uji

Proses pencetakan benda uji dilakukan setelah pencampuran material-material dasar pembentuk beton dan setelah pemeriksaan nilai *slump flow* pada beton. Tujuan dari pembuatan benda uji adalah untuk menilai agregat-agregat yang terkandung dalam campuran beton saling mengikat dan saling bekerja sama agar dalam pengujian kuat tekan dapat tercapai kuat tekan rencana. Cetakan yang digunakan dalam pembuatan benda uji terdiri dari dua macam yaitu berbentuk silinder (\varnothing 15 cm dan tinggi 30 cm) dan berbentuk kubus (15 cm x 15 cm x 15 cm).

Adapun peralatan yang digunakan pada pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

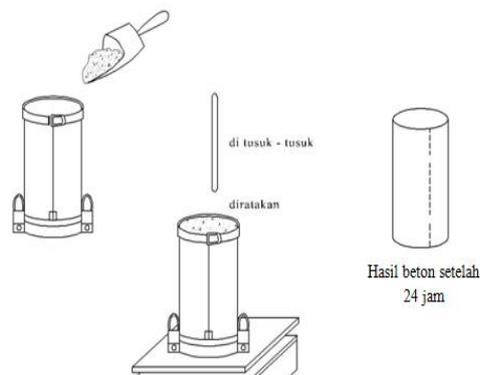
- a) Cetakan silinder dengan ukuran \varnothing 15 cm dan tinggi 30 cm Sendok semen
- b) Palu kayu/karet
- c) Kuas dan oli
- d) Bak perendaman

Untuk bahan pembuatan benda uji yaitu beton segar yang diambil langsung dari mesin pengaduk/molen dengan menggunakan sendok semen.

Langkah-langkah pelaksanaan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Seluruh peralatan yang akan digunakan dalam proses pembuatan benda uji harus dalam keadaan baik dan bersih dari segala jenis kotoran.
2. Pada bagian dalam cetakan diolesi dengan oli hingga rata.

3. Isi cetakan dengan adukan beton dengan penuh hingga beton memadat sendiri.
4. Ratakan bagian permukaan cetakan dari adukan semen menggunakan sendok semen dan beri tanda/identitas yang jelas seperti nomor sampel, tanggal pembuatan, dan tipe sampel.
5. Biarkan benda uji selama ± 24 jam dengan meletakkan pada tempat yang lembab dan bebas dari pengaruh getaran.
6. Setelah beton mengalami perubahan menjadi keras selama 24 jam, maka cetakan telah dapat dibuka dan lakukan perawatan terhadap beton dengan meletakkan beton pada bak yang berisi air atau ditempat yang lembab.



Gambar 3.18 Pencetakan Benda Uji

Sumber: Diktat Labor Beton

3.4 Pengujian Permeabilitas Beton

Tujuan dari pengujian permeabilitas benda uji adalah untuk mendapatkan persentase rongga udara pada beton, kecepatan air dalam menyerap, dan persentase lolos air.

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

- a) Timbangan dengan ketelitian 1 gram
- b) Wadah Air

- c) Gelas ukur 1000 ml
- d) Stopwatch

Langkah-langkah pelaksanaan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Persiapkan air sebanyak 1000 ml.
2. Timbang berat sampel benda uji (kg).
3. Kemudian pegang benda uji sampai dengan jarak ± 25 cm dari wadah air.
4. Menyiram air diatas permukaan benda uji sampai air keluar dari permukaan bawah sampel ke wadah, dicatat waktunya (det).
5. Dan hitung berat air yang keluar dari benda uji (ml).

Perhitungan :

1. Analisa Persentase Rongga Udara

Perhitungan persentase rongga udara dilakukan dengan rumus

$$\% \text{Rongga Udara} = \frac{12,5 - \text{Berat sample (kg)}}{12,5} \times 100\%$$

Dengan asumsi bahwa berat beton normal adalah 12,5 Kg

2. Analisa Kecepatan Air

Perhitungan kecepatan air dilakukan secara manual yaitu benda uji dialiri air lalu dihitung waktu air berada diatas permukaan atas benda uji sampai air keluar di permukaan bawah benda uji.

Rumus Perhitungan kecepatan air :

$$V = \frac{H \text{ (m)}}{T \text{ (det)}}$$

Keterangan :

- V = Kecepatan air (cm/det)
- H = Tinggi Benda uji (m)
- T = Waktu air mengalir sampai dibawah permukaan (det)

3. Analisa Persentasi lolos air

Perhitungan lolos air dilakukan secara manual yaitu benda uji dialiri air lalu diukur jumlah air yang dihasilkan atau lolos dari benda uji.

Rumus Perhitungan persentase lolos air :

$$\% \text{Lolos Air} = \frac{(\text{Jumlah Air Lolos (ml)})}{1000} \times 100\%$$



Gambar 3.19 Permeabilitas Beton

Sumber: Hasil Penelitian Lab. Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

3.5 Pengujian Kuat Tekan Beton

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

- a) Mesin kuat tekan (*Compressive Strength Machine*)
- b) Timbangan dengan ketelitian 1 gram
- c) Mistar ukur/meteran

Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada saat pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

1. Ambil benda uji silinder dari tempat penyimpanan dan kemudian bersihkan benda uji menggunakan kain handuk hingga permukaan benda uji menjadi kering.

2. Timbang berat benda uji dan ukur dimensi benda uji dengan menggunakan mistar/meteran. Ratakan bagian atas dan bawah benda uji sebelum diletakkan pada mesin kuat tekan.
3. Letakkan benda uji secara simetris dengan posisi bagian yang rata terletak di atas dan di bawah. Hidupkan mesin kuat tekan dan amati jarum pengujian hingga bergerak mencapai kuat tekan maksimum yang dicapai.
4. Lakukan pengujian sampai benda uji retak atau hancur dan catat angka yang ditunjuk oleh jarum mesin tekan pada saat beban maksimum.
5. Selanjutnya hitung nilai kuat tekan dari benda uji tersebut dengan persamaan dibawah ini :

$$f'_c = \frac{(P/A)}{\text{Koof. hari}} \times 101.97 \dots\dots\dots (3.21)$$

$$f_{cr} = \frac{\sum f'_c}{N} \dots\dots\dots (3.22)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f'_c - f_{cr})^2}{(N - 1)}} \dots\dots\dots (3.23)$$

Dimana :

- f'_c = Kuat tekan beton benda uji (MPa)
- f_{cr} = Kuat tekan beton rata-rata benda uji (MPa)
- S = Standart deviasi (MPa)
- P = Beban maksimum dari mesin tekan (KN)
- A = Luas penampang benda uji (cm²)
- N = Jumlah benda uji

BAB IV

ANALISA DATA HASIL PENELITIAN

4.1 Pengujian Material dan Bahan

Pada bab-bab sebelumnya telah dijelaskan bahwa mutu beton yang telah direncanakan akan sangat bergantung pada ukuran atau gradasi agregat, jenis semen yang digunakan, faktor air semen, proses dan *timing* pada saat pencampuran dan pemadatan, serta jenis bahan tambahan yang dipakai. Sebelum pembuatan benda uji silinder dilaksanakan, maka perlu dilakukan terlebih dahulu pengujian terhadap material dan bahan dasar pembentuk beton. Adapun hasil yang diperoleh dalam pengujian agregat penyusun beton SCC adalah sebagai berikut:

4.1.1 Agregat Halus

4.1.1.1 Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan bertujuan untuk mengetahui susunan bentuk gradasi dan besarnya bentuk ukuran dari agregat halus atau agregat kasar. Pengelompokan agregat berdasarkan bentuk atau ukuran sangat mempengaruhi pada saat perencanaan *mix design*, pada saat pelaksanaan pemadatan dan pengolahan campuran beton.

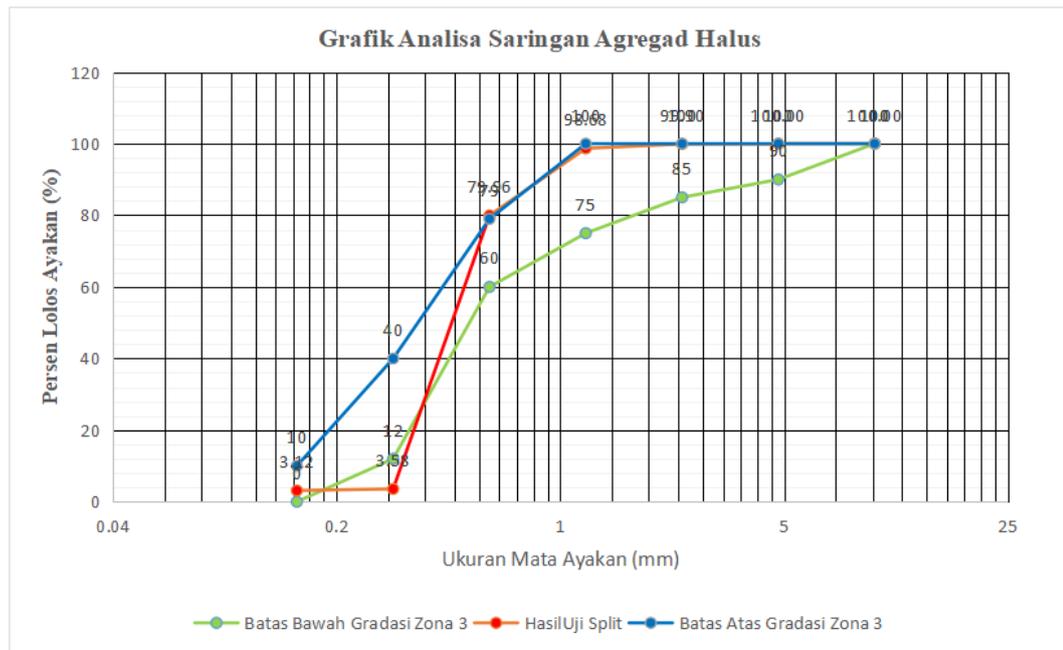
Untuk pemeriksaan saringan dengan menggunakan saringan dari yang ukuran terbesar hingga ke bentuk saringan terkecil berdasarkan bentuk butiran dari agregat. Adapun hasil dari pengujian analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Ukuran Saringan		Berat Tertinggal		% Kumulatif	
ASTM	mm	Gram	Kombinasi	Tertahan	Lolos
No. 4	4.8	-	-	-	100
No. 8	2.4	1,5	1,5	0,10	99,9
No. 16	1.2	17,5	19	1,32	98,68
No. 30	0.6	268,8	287,8	20,04	79,96
No. 50	0.3	1096,5	1384,3	96,42	3,58
No. 100	0.15	6,7	1391	96,88	3,12
Pan		44,7	1435,7	100.00	0.00

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

Dari tabel 4.1 maka dapat dikelompokkan nilai susunan butiran pasir masuk kedalam daerah gradasi pasir (sedang) No. 3 sesuai dengan SNI 03-2834-2000.



Gambar4 .1 Batas Gradasi Pasir

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

Analisa:

Dari grafik diatas dapat dilihat hasil analisa pada saringan 0,3 terjadi pengeeluaran dari batas bawah yang ditentukan pada grafik agregad halus terjadi karena agregad halus butirannya lebih kecil, sehingga butiran agrgad banyaktertahan pada saringan no.0,3. agregad halus tetap dapat dipakai untuk campuran beton dikarenakan grafik yang melalui garis batas bawah hanya pada satu saringan tetapi sebaiknya analisa saringan harus masuk pada bagian grafik atas dan grafik bawah untuk mendapatkan hasil beton yang maksimal.

4.1.1.2 Kadar Air dan Kadar Lumpur

Berikut ini data hasil pengujian kadar air dan kadar lumpur yang dilakukan di laboratorium dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.2 Data Pemeriksaan Kadar Air dan Kadar Lumpur Agregat Halus

Uraian Pekerjaan	Berat (gram)
Berat agregat lapangan (W_1)	500
Berat agregat saat keadaan kering oven (W_2)	490,3
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W_3)	476,0

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

Analisa Data:

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Air} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 \% \\
 &= \frac{500 - 490,3}{500} \times 100 \% \\
 &= 1,94 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Lumpur} &= \frac{W_2 - W_3}{W_3} \times 100 \% \\
 &= \frac{490,3 - 476,0}{490,3} \times 100 \% \\
 &= 2,9\%
 \end{aligned}$$

Tujuan dari penentuan kadar lumpur dan kadar air agregat halus adalah untuk menentukan persentase dari kadar lumpur dan kadar air dari agregat tersebut. Untuk agregat halus diisyaratkan bahwa kadar lumpurnya tidak boleh lebih dari 5% dan jika lebih dari yang diisyaratkan, agregat harus dicuci dahulu sebelum digunakan untuk pekerjaan konstruksi. Dari hasil analalisa data maka diperoleh kadar lumpur 2,9 % < 5% jadi agregat bisa langsung digunakan untuk campuran beton.

4.1.1.3 Kadar Lumpur Agregat Halus Cara Lapangan

Pengujian kadar lumpu bertujuan untuk mengetahui besaran dan persentase kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus yang dilakukan dengan pengamatan secara langsung. Adapun pengujian kadar lumpur yang dilakukan secara lapangan dapat dilihat pada uraian berikut ini:

Tabel 4.3 Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus Cara Lapangan

Bagian	Tinggi (mm)
Sisi I (T ₁)	1
Sisi II (T ₂)	3
Sisi III (T ₃)	2
Sisi IV (T ₄)	1
Rata-Rata (T)	1,75

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Lumpur} &= \frac{T}{a} \times 100 \% \\
 &= \frac{1,75}{50} \times 100 \% \\
 &= 3,5\%
 \end{aligned}$$

Lumpur dalam beton adalah partikel yang lolos ayakan mesh 200 (0,075 mm). Apabila agregat halus dan kasar mengandung kadar lumpur yang tinggi maka dapat menyebabkan terhambatnya pengerasan semen, bertambahnya Faktor Air Seman (FAS), mampu mengurangi daya ikatan pasta semen dengan agregat sehingga dapat mengurangi kekuatan dan ketahanan beton dan lebih lanjut lagi beton akan menjadi retak ketika kering akibat dari tingginya bagian yang halus. Oleh Karena itu kadar lumpur pada agregat harus dibatasi, yaitu tidak boleh lebih besar dari 5 % untuk agregat halus. Jika kadar lumpur yang dikandungnya melebihi standard yang telah ditentukan maka agregat harus

dicuci kembali sampai kadar lumpurnya rendah atau dengan cara mengganti agregatnya.

Hasil pengujian cara lapangan agregat halus setelah dirata – ratakan didapat kadar lumpur sebesar 3,5 % artinya agregat tersebut dapat digunakan karena tidak melebihi standar yang telah ditetapkan yaitu 5 %

4.1.1.4 Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian berat jenis bertujuan untuk mengetahui berat jenis jenuh kering permukaan (SSD), berat jenis kering oven serta penyerapan air pada agregat halus. Data pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.4 Data Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Uraian Pemeriksaan	Berat (gram)
Berat agregat halus saat keadaan SSD (W_1)	391,9
Berat agregat halus saat keadaan kering oven (W_2)	367,5
Berat gelas ukur + air + agregat (W_3)	976,2
Berat gelas ukur + air (W_4)	764,4

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

Analisa Data:

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis SSD} &= \frac{W_1}{W_1 - (W_3 - W_4)} \\ &= \frac{391,9}{391,9 - (976,2 - 764,4)} \\ &= 2.17 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Kering} &= \frac{W_1}{W_2 - (W_3 - W_4)} \\ &= \frac{391,9}{367,5 - (976,2 - 764,4)} \\ &= 2.51 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \\
 &= \frac{391,9 - 367,5}{391,9} \times 100\% \\
 &= 6\%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Uraian Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan
Berat Jenis SSD	2.17
Berat Jenis Kering	2.51
Penyerapan	6 %

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

Berat jenis agregat adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama. Sedangkan penyerapan adalah kemampuan agregat untuk menyerap air dalam kondisi kering sampai dengan kondisi jenuh permukaan kering (*SSD = Saturated Surface Dry*)

Berat Jenis dan Penyerapan agregat sangat mempengaruhi campuran beton terutama dalam melakukan perancangan beton (mix design). Semen tara itu BJ SSD dan penyerapan juga menentukan komposisi campuran beton.

4.1.1.5 Bobot Isi Agregat

Pengujian bobot isi bertujuan untuk mengetahui perbandingan berat agregat halus kering dengan volume pada agregat halus tersebut. Data pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.6Data Pemeriksaan Bobot Isi Agregat Halus

Volume Takaran (liter)	Berat Takaran W ₁ (gram)	Berat Gembur W ₂ (gram)	Berat Padat W ₃ (gram)
2.75	3250	6300	7400
6.5	4950	12950	13940

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

Analisa Data:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Isi Gembur 2.75 lt} &= \frac{W_2 - W_1}{Volume} \\
 &= \frac{6300 - 3250}{2.75} \\
 &= 1109,1 \text{ gr/ltr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Isi Gembur 6.5 lt} &= \frac{W_2 - W_1}{Volume} \\
 &= \frac{12950 - 4950}{6.5} \\
 &= 1230,7 \text{ gr/ltr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Isi Padat 2.75 lt} &= \frac{W_3 - W_1}{Volume} \\
 &= \frac{7400 - 3250}{2.75} \\
 &= 1509,1 \text{ gr/ltr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Isi Padat 6.5 lt} &= \frac{W_3 - W_1}{Volume} \\
 &= \frac{13940 - 4950}{6.5} \\
 &= 1383,07 \text{ gr/ltr}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.7 Hasil Pemeriksaan Bobot Isi Agregat Halus

Volume Takaran (liter)	Berat Isi Gembur (gr/ltr)	Berat Isi Padat(gr/ltr)
2.75	1109,1	1509,1
6.5	1230,7	1383,07
Rata-Rata	1169,93	1446,08
Rata-Rata Berat Akhir	1308,01	

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

Pada pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan bobot isi agregat halus yang telah dirata-ratakan sebelumnya sebesar 1308.01gr/ltr, sehingga dapat dimasukkan kedalam kategori agregat ringan karena berada diantara kisaran 300-1800 kg/m³.

4.1.1.6 Kadar Organik Agregat Halus

Setelah dilakukan pemeriksaan kadar organik terhadap agregat halus, maka didapatkan hasil berupa larutan NaOH yang dicampurkan dengan agregat halus yang berasal dari Lubuk Alung, Kab. Padang Pariaman, Sumatera Barat berwarna lebih jernih dan lebih bersih. Dengan artian agregat halus tersebut hanya sedikit mengandung bahan organik dan dapat digunakan dalam pembuatan benda uji.

Tabel 4.8 Hasil Pemeriksaan Kadar Organik Agregat Halus

Warna Larutan Pasir	Hasil Pengujian Terhadap Pasir	Keterangan
Dengan NaOH	Lebih Jernih	Memenuhi Syarat
Tanpa NaOH	Lebih Jernih	Memenuhi Syarat

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

4.1.2 Agregat Kasar

4.1.2.1 Analisa Saringan Agregat Kasar

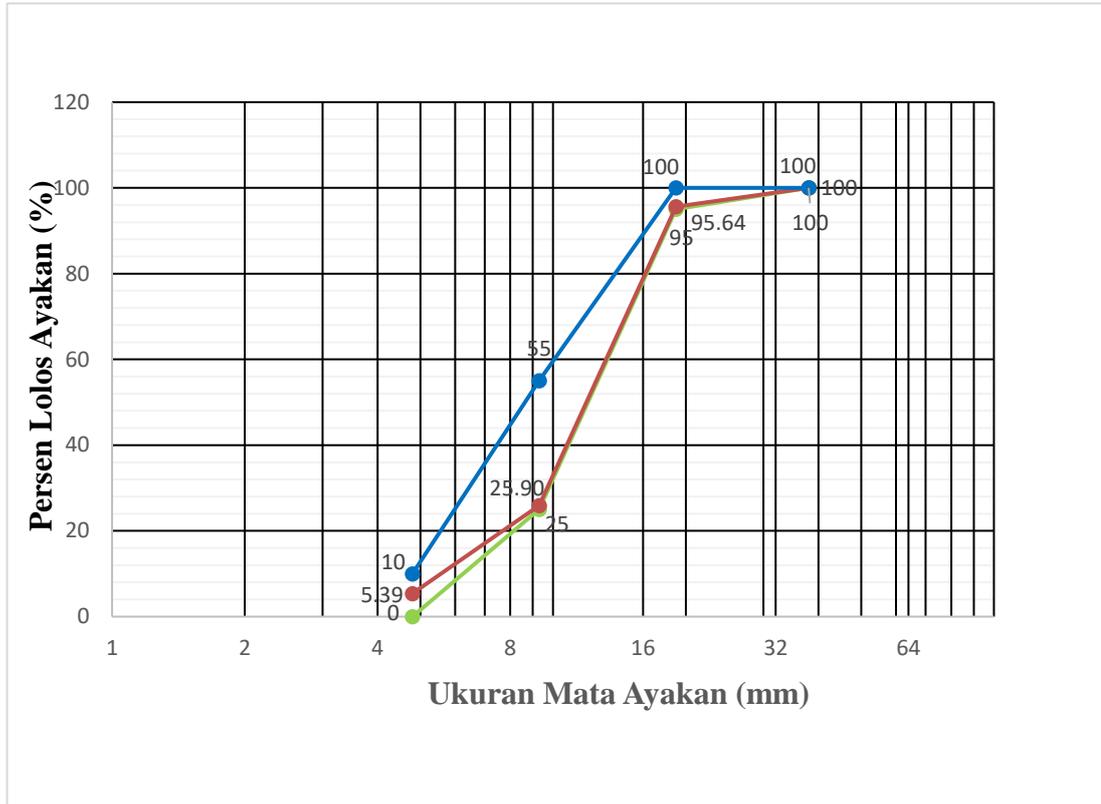
Adapun hasil dari pengujian analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.9 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Ukuran Saringan		Berat Tertinggal		% Kumulatif	
ASTM	mm	Gram	Kombinasi	Tertahan	Lolos
1 1/2 in	40	-	-	-	100
3/4in	20	86,3	86,3	4,36	95.64
3/8 in	9.6	1431,7	1517	76,73	25,9
No. 4	4.8	438,8	1870,5	94,61	5,39
No. 8	2.4	0,2	1957	100.00	0.00
No. 16	1.2	-	-	-	-
No. 30	0.6	-	-	-	-
No. 50	0.3	-	-	-	-
No. 100	0.15	-	-	-	-
Pan		-	-	-	-

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

Dari tabel diatas maka dapat diperoleh hasil batas susunan butiran agregat kasar termasuk kedalam daerah bergradasi butir ukuran maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000) yang dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar4.2Batas Gradasi Split

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

4.1.2.2 Kadar Air dan Kadar Lumpur

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui jumlah persentase kadar air dan kadar lumpur yang terkandung pada agregat kasar. Data-data pemeriksaan kadar air dan kadar lumpur agregat kasar dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.10 Data Pemeriksaan Kadar Air dan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Uraian Pemeriksaan	Berat (gram)
Berat agregat lapangan (W_1)	500
Berat agregat saat keadaan kering oven (W_2)	492,1
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W_3)	483,1

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

Analisa Data:

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Air} &= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \% \\
 &= \frac{500 - 492,1}{500} \times 100 \% \\
 &= 1,6\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Lumpur} &= \frac{W_2 - W_3}{W_2} \times 100 \% \\
 &= \frac{492,1 - 483,1}{492,1} \times 100 \% \\
 &= 1 \%
 \end{aligned}$$

4.1.2.3 Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian berat jenis bertujuan untuk mengetahui berat jenis jenuh kering permukaan (SSD), berat jenis kering oven serta penyerapan air pada agregat kasar. Data pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.11 Data Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Uraian Pemeriksaan	Berat (gram)
Berat agregat kasar saat keadaan SSD (W_1)	491,9
Berat agregat kasar saat keadaan kering oven (W_2)	473,2
Berat gelas ukur + air + agregat (W_3)	1021,5
Berat gelas ukur + air (W_4)	764,4

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

Analisa Data:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis SSD} &= \frac{W_1}{W_1 - (W_3 - W_4)} \\
 &= \frac{491,9}{491,9 - (1021,5 - 764,4)} \\
 &= 2,09
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Kering} &= \frac{W_1}{W_2 - (W_3 - W_4)} \\
 &= \frac{491,1}{473,2 - (1021,5 - 764,4)} \\
 &= 2,27
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan} &= x \frac{W_1 - W_2}{W_1} \\
 &= x \frac{491,9 - 473,2}{491,9} \\
 &= 3,8\%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.12 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Uraian Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan
Berat Jenis SSD	2,09
Berat Jenis Kering	2,27
Penyerapan	3,8%

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

4.1.2.4 Bobot Isi Agregat

Pengujian bobot isi bertujuan untuk mengetahui perbandingan berat agregat kasar kering dengan volume pada agregat kasar tersebut. Data-data pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4.13 Data Pemeriksaan Bobot Isi Agregat Kasar

Volume Takaran (liter)	Berat Takaran W ₁ (gram)	Berat Gembur W ₂ (gram)	Berat Padat W ₃ (gram)
2.75	3250	6825	7600
6.5	4950	13890	14510

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

Analisa Data:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Isi Gembur 2.75 lt} &= \frac{W_2 - W_1}{\text{Volume}} \\
 &= \frac{6825 - 3250}{2.75} \\
 &= 1300\text{gr/ltr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Isi Gembur 6.5 lt} &= \frac{W_2 - W_1}{\text{Volume}} \\
 &= \frac{13890 - 4950}{6.5} \\
 &= 1375,38\text{gr/ltr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Isi Padat 2.75 lt} &= \frac{W_3 - W_1}{\text{Volume}} \\
 &= \frac{7600 - 3250}{2.75} \\
 &= 1581,81 \text{ gr/ltr} \\
 \\
 \text{Berat Isi Padat 6.5 lt} &= \frac{W_3 - W_1}{\text{Volume}} \\
 &= \frac{14510 - 4950}{6.5} \\
 &= 1470,77 \text{ gr/ltr}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.14 Hasil Pemeriksaan Bobot Isi Agregat Kasar

Volume Takaran (liter)	Berat Isi Gembur (gr/ltr)	Berat Isi Padat (gr/ltr)
2.75	1300	1581,81
6.5	1375,38	1470,77
Rata-Rata	1337,7	1526,29
Rata-Rata Berat Akhir	1432	

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

Dari hasil pengujian dan perhitungan didapatkan bobot isi agregat kasar sebesar 1432 gr/ltr yang membuktikan bahwa agregat kasar ini termasuk pada jenis agregat ringan.

4.1.2.5 Berat jenis Abu Tempurung

Pengujian berat jenis abu bertujuan penting untuk perbandingan dengan berat jenis semen, berat jenisnya akan terlihat lebih rendah dari berat jenis semen. Data-data pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.15 Hasil Pemeriksaan Berat jenis Abu

Pengamatan	W (gr)	V1 (ml)	V2 (ml)
Laboratorium	64 gr	0,67	25

Analisa Data:

$$\begin{aligned}
 \text{BJ Abu Tempurung} &= \frac{\text{Berat Abu}}{V2-V1} \times \text{BJ air} \\
 &= \frac{64 \text{ gr}}{25 - 0,67} \times 1 \text{ gr/ml} \\
 &= \frac{64 \text{ gr}}{24,33} \\
 &= 2,63 \text{ gr/ml}
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian dan perhitungan didapatkan berat jenis abu sebesar 2,63 gr/ml yang membuktikan bahwa berat jenis ini lebih kecil dari berat jenis semen 3,1 gr/ml.

Tabel 4.16 Hasil Pemeriksaan Material dan Bahan Pembentuk Beton

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	
		Agregat Halus	Agregat Kasar
1	Berat Jenis SSD	2.17gr/lt	2.09gr/lt
2	Berat Jenis Kering	2.51gr/lt	2.27gr/lt
3	Penyerapan	6%	3,8%
4	Kadar Air	1,94 %	1,6%
5	Kadar Lumpur	2,9 %	1.8 %
6	Berat Isi Gembur 2.75	1109,1gr/ltr	1300gr/ltr
7	Berat Isi Gembur 6.5	1230,7gr/ltr	1375,38 gr/ltr
8	Berat Isi Padat 2.75	1509,1gr/ltr	1 gr/ltr
9	Berat Isi Padat 6.5	1383,07gr/ltr	1571.77 gr/ltr
10	Kadar Organik	Oke	Oke
11	Berat Jenis Abu	2,63 gr/ml	

4.2 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap agregat dan material penyusun beton dan menginput hasil pemeriksaan tersebut ke dalam "*Formulir Perencanaan Campuran Beton*", maka dapat dilakukan proses perancangan suatu komposisi campuran beton untuk kekuatan beton rencana sebesar 25 MPa.

Pada perencanaan campuran beton yang dilakukan oleh penulis yaitu berdasarkan peraturan SNI 03-2834-2000 tentang "*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*". Adapun penjelasannya dapat dilihat sebagai berikut

1. Kuat tekan karakteristik beton yang akan dicapai adalah 25 MPa pada umur 28 hari.
2. Nilai deviasi standar (S) :

Tabel 4.17 Faktor pengalihan untuk Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengalihan Deviasi Standar
Kurang dari 15	Lihat butir (4.2.3.1.1) (5)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

Sumber: SNI 03-2834-2000

Jadi, nilai deviasi standar yang dipakai yaitu $7 \text{ MPa} \times 1,00 = 7 \text{ MPa}$.

3. Nilai tambah (*Margin*) = $1.64 \times S$
 $= 1.64 \times 7 \text{ MPa}$
 $= 11,48 \text{ MPa}$
4. Kekuatan tekan rata-rata yang hendak dicapai (f_{cr})
 $f_{cr} = K + \text{Margin}$
 $= 25 + 11,48$
 $= 36,48 \text{ MPa}$
5. Jenis semen yang digunakan yaitu Semen Portland Tipe I
6. Jenis agregat yang digunakan:
 - Agregat halus : alami
 - Agregat kasar : batu pecah
7. Faktor Air Semen (FAS) yang direncanakan (Grafik 1 SNI 03-2834-2000) adalah 0.52
8. Faktor Air Semen Maksimum (Tabel 4 SNI 03-2834-2000) adalah 0.60
Dari kedua faktor air semen diatas, maka yang dipakai nilai terkecil yaitu 0.52
9. Nilai *slump* rencana (tabel 3) adalah 60 mm s/d 180 mm
10. Ukuran agregat maksimum adalah 20 mm
11. Jumlah Air Pengaduk Bebas (JAPB) dari tabel 3 SNI 03-2834-2000 adalah:

- Pasir (alami) : 195
- Split (*split*) : 225

Karena jenis agregat berbeda yaitu alami dan batu pecah, maka dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{JAPB} &= 0.60 (\text{alami}) + 0.30 (\text{batu pecah}) \\ &= 0.60 \times (195) + 0.30 \times (225) \\ &= 205 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, Jumlah Air Pengaduk Bebas yang diperlukan adalah 205 kg/m^3

12. Jumlah semen minimum:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{JAPB}}{\text{FAS}} \\ &= \frac{205 \text{ kg/m}^3}{0.52} \\ &= 394,23 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

13. Jumlah semen maksimal yang akan digunakan adalah:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{JAPB}}{\text{FAS}} \\ &= \frac{205 \text{ kg/m}^3}{0.6} \\ &= 341,6 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

14. Jumlah semen minimum dari tabel 4 SNI 03-2834-1993 adalah 275 kg/m^3

Dari kedua jumlah semen di atas, maka dipakai jumlah semen terbesar yaitu $341,6 \text{ kg/m}^3$

15. Faktor Air Semen (FAS) yang disesuaikan:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{JAPB}}{\text{Jumlah Semen}} \\ &= \frac{205 \text{ kg/m}^3}{394.23 \text{ kg/m}^3} \\ &= 0.52 \end{aligned}$$

16. Klasifikasi jenis pasir termasuk ke dalam Zona III (pasir sedang)
17. Persentase agregat halus dari grafik 13 SNI 03-2834-1993 adalah 42 %
18. Persentase agregat kasar adalah 58 %
19. Berat jenis agregat gabungan adalah:
- $$\begin{aligned}
 &= (\% \text{ pasir} \times \text{BJ pasir}) + (\% \text{ split} \times \text{BJ split}) \\
 &= (0.42 \times 2.17) + (0.58 \times 2.09) \\
 &= 2.12
 \end{aligned}$$
20. Berat Volume Beton Segar (BVBS) dari grafik 16 SNI 03-2834-1993 adalah 2170 kg/m^3
21. Berat agregat gabungan = BVBS – PC – Air pengaduk
- $$\begin{aligned}
 &= 2170 - 341,6 - 205 \\
 &= 1623,4 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$
22. Kadar agregat halus = Berat agregat gabungan x % agregat halus
- $$\begin{aligned}
 &= 1623,4 \times 0.42 \\
 &= 681,828 \text{ kg}
 \end{aligned}$$
23. Kadar agregat kasar = Berat agregat gabungan x % agregat kasar
- $$\begin{aligned}
 &= 1623,4 \times 0.58 \\
 &= 941,572 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, maka dapat ditemukan jumlah komposisi bahan untuk 1 m^3 campuran beton sebagai berikut:

- Jumlah semen : $341,6 \text{ kg/m}^3$
- Jumlah pasir : $681,828 \text{ kg/m}^3$
- Jumlah *split* : $941,572 \text{ kg/m}^3$
- Jumlah air : 205 kg/m^3

Kontrol I :

$$\begin{aligned}
 \text{BVBS} - \text{PC} - \text{Pasir} - \text{Split} - \text{Air} &= 0 \\
 2170 - 341,6 - 681,828 - 941,572 - 205 &= 0 \\
 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{Oke!!}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Koreksi :

Dari pengujian material dan bahan penyusun beton di Laboratorium, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- Jumlah Air (B) : 205 kg/m³
- Jumlah Agregat Halus (C) : 681,828 kg/m³
- Jumlah Agregat Kasar (D) : 941,572 kg/m³
- Kadar air pasir (Cm) : 1,94 %
- Penyerapan pasir (Ca) : 6 %
- Kadar air *split* (Dm) : 1,6 %
- Penyerapan *split* (Da) : 3,8 %

Maka dapat dikoreksi untuk 1 m³ beton adalah sebagai berikut:

- Semen = 341,6 kg/m³ (tetap)
- Air = $B - \{(Cm - Ca) \times C/100\} - \{(Dm - Da) \times D/100\}$
 $= 205 - \left\{ (1,94 - 6) \times \frac{681,82}{100} \right\} - \left\{ (1,6 - 3,8) \times \frac{941,57}{100} \right\}$
 $= 253,39 \text{ kg/m}^3$
- Pasir = $C + \{(Cm - Ca) \times C/100\}$
 $= 681,82 + \left\{ (1,94 - 6) \times \frac{681,82}{100} \right\}$
 $= 654,13 \text{ kg/m}^3$
- Split = $D + \{(Dm - Da) \times D/100\}$
 $= 941,572 + \left\{ (1,6 - 3,8) \times \frac{941,57}{100} \right\}$
 $= 920,871 \text{ kg/m}^3$

Kontrol II :

$$\begin{aligned} BVBS - PC - \text{Pasir} - \text{Split} - \text{Air} &= 0 \\ 2170 - 341,6 - 654,13 - 920,871 - 253,39 &= 0 \\ 0 &= 0 \dots\dots \text{Oke!!} \end{aligned}$$

Untuk faktor penyusutan atau kehilangan saat pekerjaan dengan penambahan 20% dengan masing – masing bahan:

$$\text{Semen} : 341,6 \times 20\% = 68,32 \text{ kg}$$

$$\text{Split} : 920,87 \times 20\% = 184,174 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} : 654,13 \times 20\% = 134,826 \text{ kg}$$

$$\text{Air} : 253,39 \times 20\% = 50,66 \text{ kg}$$

Untuk pencampuran superplastilizer Visconcrete 1003 Sesuai dengan ASTM produksi PT. Sika Indonesia dan digunakan sebanyak 0,6% dari berat semen yang dipakai.

Laporan Hasil *Mix Design* :

Maka komposisi bahan untuk 1 m³ beton untuk pembuatan benda uji tercantum pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.18 Kebutuhan 1 m³ Beton

Volume Abu Tempurung (%)	Berat (Kg/m ³)						Keterangan
	Air	PCC	Pasir	Batu Pecah	Limbah Abu	Aditif	
0	205	341,6	654,13	920,87	0	2.04	Untuk Sampel Cetakan Silinder
2,5	205	341,6	654,13	920,87	8,54	2.04	
5	205	341,6	654,13	920,87	17,08	2.04	
10	205	341,6	654,13	920,87	34,16	2.04	
15	205	341,6	654,13	920,87	51,24	2.04	

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

Pencampuran limbah pertanian Abu Tempurung Kelapa dilakukan pada saat proses pencampuran semen dan pasir yang kemudian ditambahkan Abu Tempurung Kelapa sesuai dengan variasi yang telah ditentukan yaitu 2,5%, 5%, 10% dan 15% agar proses pencampuran tersebut hasilnya akan baik dan merata.

Perhitungan pada limbah pertanian Abu Tempurung Kelapa sebagai bahan tambah untuk percobaan benda uji kali ini ditentukan dari berat semen per benda uji, kebutuhan abu tempurung kelapa untuk pembuatan benda uji/sampel

diperlukan cetakan berbentuk silinder dengan ukuran \varnothing 15 cm dan tinggi 30 cm.

Maka volume untuk 1 buah benda uji silinder adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Volume 1 buah silinder} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 15^2 \times 30 \\ &= 0.53 \text{ cm}^3 \\ &= 0.0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tabel 4.19 Komposisi Mix Design Untuk Satu Benda Uji (0.0053 m³)

Volume Abu Tempurung (%)	Berat (Kg/m ³)						Keterangan
	Air	PCC	Pasir	Batu Pecah	Limbah Abu	Aditif	
0	1,35	2,20	4,18	5,85	0	0,013	Untuk Sampel Cetakan Silinder
2,5	1,35	2,20	4,18	5,85	0,054	0,013	
5	1,35	2,20	4,18	5,85	0,108	0,013	
10	1,35	2,20	4,18	5,85	0,216	0,013	
15	1,35	2,20	4,18	5,85	0,324	0,013	

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

Tabel 4.20 Komposisi Mix Design Untuk 3 Buah Benda Uji (0.0159 m³)

Volume Abu Tempurung (%)	Berat (Kg/m ³)						Keterangan
	Air	PCC	Pasir	Batu Pecah	Limbah Abu	Aditif	
0	4,05	6,60	12,54	17,57	0	0,039	Untuk Sampel Cetakan Silinder
2,5	4,05	6,60	12,54	17,57	0,162	0,039	
5	4,05	6,60	12,54	17,57	0,325	0,039	
10	4,05	6,60	12,54	17,57	0,650	0,039	
15	4,05	6,60	12,54	17,57	0,975	0,039	

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

Tabel 4.21 Komposisi Mix Design Untuk 9 Buah Benda Uji (0.0549 m³)

Volume Abu Tempurung (%)	Berat (Kg/m ³)						Keterangan
	Air	PCC	Pasir	Batu Pecah	Limbah Abu	Aditif	
0	12,15	19,8	37,62	52,71	0	0,118	Untuk Sampel Cetakan Silinder
2,5	12,15	19,8	37,62	52,71	0,487	0,118	
5	12,15	19,8	37,62	52,71	0,975	0,118	
10	12,15	19,8	37,62	52,71	1,950	0,118	
15	12,15	19,8	37,62	52,71	2,925	0,118	

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

4.3 Pengujian Nilai Slump

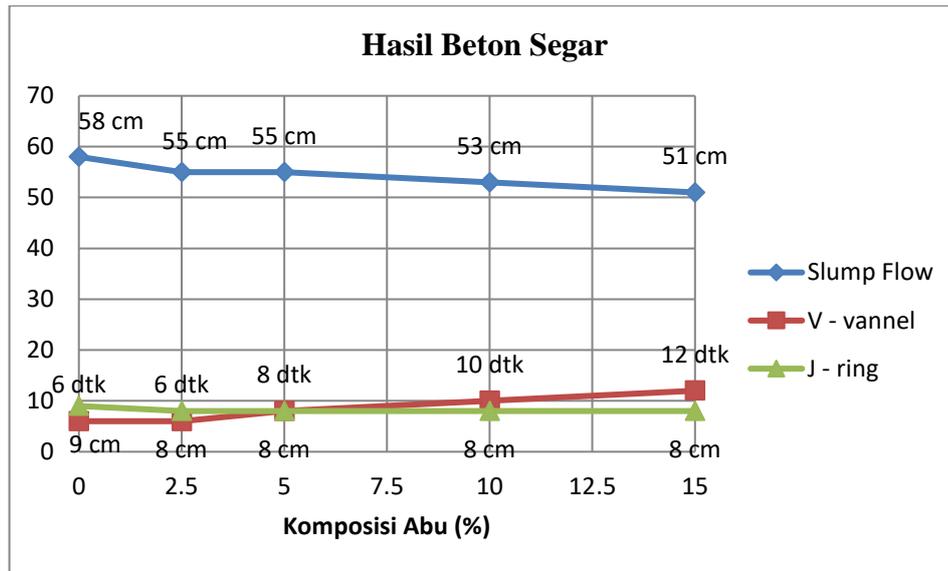
Nilai *slump flow* beton merupakan hal yang sangat mempengaruhi dalam memberikan kemudahan dan kecepatan (*workability*) dalam setiap pekerjaan di lapangan. Pada penelitian ini, diambil nilai *slump flow* sesuai dengan syarat beton scc yaitu 500 mm dan *v - vannel test* yaitu 6 dtk - 12 dtk serta uji *j-ring test* yaitu 0 - 10 cm.

Hasil pemeriksaan nilai *slump flow*, *v-vannel* dan *j-ring test* yang telah dilakukan di laboratorium terhadap benda uji dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.22 Hasil Pemeriksaan Nilai Slump Flow

Komposisi Abu (%)	Slump Flow	V-vannel	J-ring
0	580 mm	6 dtk	9 cm
2,5	550 mm	6 dtk	8 cm
5	550 mm	8 dtk	8 cm
10	530 mm	10 dtk	8 cm
15	510 mm	12 dtk	8 cm

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta



Gambar 4.3 Grafik Hasil Beton Segar

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

4.4 Pengujian Permeabilitas Beton

Setelah dilakukan analisa dan pengujian permeabilitas terhadap benda uji, data-data yang di cari tinggi (cm), berat (kg) benda uji, jumlah air yang menyerap (ml), waktu lolos air (detik), dan jumlah air yang digunakan 1000 ml. maka didapat hasil permeabilitas beton dari beberapa persentasi penambahan abu

Analisa Data :

1. Perhitungan persentase rongga udara dilakukan dengan rumus

$$\% \text{Rongga Udara} = \frac{B_n - \text{Berat sample (kg)}}{B_n} \times 100\%$$

Keterangan:

B_n = Asumsi bahwa berat beton normal adalah 12,5 Kg

Contoh Perhitungan :

$$\begin{aligned} \% \text{Rongga Udara} &= \frac{12,5 - 11,88}{11,5} \times 100\% \\ &= 4.9 \% \end{aligned}$$

Tabel 4.23 Hasil Persentase Rongga Udara

No.	Kode	Kombinasi campuran	Berat Normal	Berat	Rongga Udara
		(%)	(kg)	(kg)	(%)
1	SC-1-18	0	12.5	11.88	4.9
2	SC-2-18	2.5	12.5	11.89	4.8
3	SC-3-18	5	12.5	11.94	4.4
4	SC-4-18	10	12.5	11.96	4.3
5	SC-5-18	15	12.5	11.99	4.08

Analisa

Persentase rongga udara yang didapat dari komposisi tanpa penambahan abu tempurung didapat 4,9% semakin besar penambahan campuran abu tempurung nilai rongga udara semakin kecil, sesuai dengan jenis beton *self compacting concrete* yang memiliki rongga udara lebih kecil dari beton konvensional dapat dilihat pada tabel 4.23

2. Perhitungan kecepatan air dilakukan dengan rumus :

$$V = \frac{H (cm)}{T (det)}$$

Keterangan :

- V= Kecepatan air (cm/det)
- H = Tinggi Benda uji(m)
- T = Waktu air mengalir sampai dibawah permukaan (det)

$$V = \frac{30 \text{ cm}}{42.5 \text{ det}} = 0.706 \text{ cm/det}$$

Tabel 4.24 Hasil Kecepatan Air

No.	Kode	Kombinasi campuran	Tinggi	Waktu	Kecepatan Air
		(%)	(cm)	(Detik)	(cm/det)
1	SC-1-18	0	30	47.5	0.631
2	SC-2-18	2.5	30	46.3	0.648
3	SC-3-18	5	30	43.2	0.694
4	SC-4-18	10	30	44.7	0.671
5	SC-5-18	15	30	40.9	0.735

Analisa

Pengaruh penambahan variasi abu tempurung kelapa terhadap beton *self compacting concrete* mempunyai kecepatan menyerap air masing-masing 0,631 dan 0,735 cm/det. Sedangkan kriteria kecepatan menyerap air yang disyaratkan untuk beton lulus air adalah antara 0,558 cm/det sampai 0,750 cm/det. Dari hasil pengujian, benda uji memasuki kriteria. (Granjuantomo, FT UI, 2008)

3. Perhitungan persentase lolos air dilakukan dengan rumus :

$$\% \text{Lolos Air} = \frac{984.8 \text{ ml}}{1000} \times 100\% = 98\%$$

Tabel 4.25 Hasil Persentasi Lolos Air

No.	Kode	Kombinasi campuran	Jumlah Air	Jumlah Lolos Air	Persentasi Lolos Air
		(%)	(ml)	(ml)	(%)
1	SC-1-18	0	1000	975	97
2	SC-2-18	2.5	1000	982	98
3	SC-3-18	5	1000	986	98
4	SC-4-18	10	1000	981	98
5	SC-5-18	15	1000	980	98

Analisa

Dari hasil pengujian pada benda uji dengan campuran abu tempurung kelapa didapat persentase lolos air rata - rata 98%, seperti pada tabel 4.25. Disebabkan beton *self compacting concrete* dengan campuran abu tempurung dapat saling mengisi rongga udara beton sehingga persentase lolos air menjadi lebih kecil

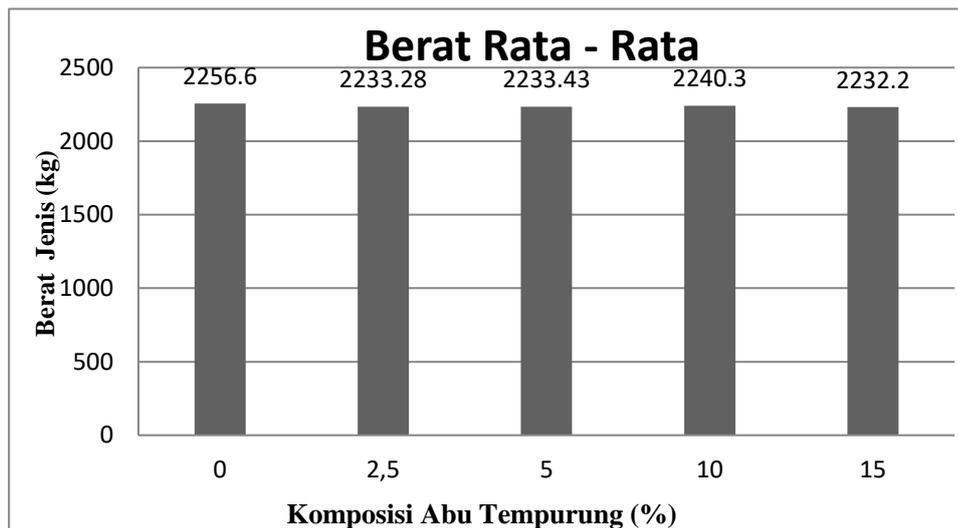
4.5 Pengukuran Berat Beton SCC dengan Penambahan Abu Tempurung

Setelah dilakukannya analisa dan penimbangan terhadap benda uji, maka didapatkan hasil berat rata-rata sampel sesuai dengan persentase penambahan Limbah Abu Tempurung yang terkandung didalamnya. Adapun hasil berat beton rata-rata dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.26 Hasil Berat Beton

Persentase Limbah Abu (%)	Berat Sampel Rata-Rata Berdasarkan Umur Rencana (Kg/m ³)							Berat Rata-Rata (Kg/m ³)
	3 Hari	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari	50 Hari	90 Hari	
0	2241.51	2245.30	2226.41	2254.71	2264.15	2281.13	2283.02	2256.60
2,5	2234.90	2216.98	2201.88	2237.73	2252.83	2243.39	2245.28	2233.28
5	2212.20	2224.52	2224.53	2202.01	2245.28	2262.26	2263.20	2233.43
10	2218.86	2207.54	2222.64	2283.02	2257.54	2216.98	2275.47	2240.30
15	2231.13	2224.53	2209.43	2242.45	2244.34	2228.30	2245.28	2232.20

Dari penimbangan benda uji beton yang telah dilakukan, maka berat benda uji setelah dirata-ratakan dapat diperoleh untuk beton normal sebesar 2281,13 Kg/m³, beton variasi campuran 2,5% sebesar 2243,39 Kg/m³, beton variasi campuran 5% sebesar 2262,26 Kg/m³, beton variasi campuran 10% sebesar 2216,98 Kg/m³ dan beton variasi campuran 15% sebesar 2228,30 Kg/m³. Dengan demikian disimpulkan bahwa berat benda uji masuk ke dalam kategori berat beton normal dengan berada di antara (2200-2400)Kg/m³.



Gambar 4.4 Grafik Berat Rata – Rata Sampel

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta

4.6 Pengujian Kuat Tekan Beton SCC

Pengujian kuat tekan beton merupakan salah satu cara untuk menganalisa dan mengidentifikasi suatu besaran mutu dari suatu campuran beton. Semakin besar tingkat kekuatan beton yang akan dicapai, maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Dalam pengujian kuat tekan beton, setiap masing-masing benda uji ditentukan dari tegangan yang dicapai pada umur maksimal 28 hari.

Setiap benda uji yang telah diuji pasti memiliki kekuatan tekan yang berbeda-beda dikarenakan beton merupakan material yang heterogen atau bisa dikatakan penggunaan material beton yang terdiri dari beberapa jenis material tetapi antara satu material dengan material penyusun beton lainnya sangat terikat

agar menghasilkan suatu beton dengan kualitas yang baik. Dari segi kekuatan beton dapat melihat dari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kuat tekannya seperti proporsi campuran, bentuk dan ukuran agregat, serta kondisi lingkungan dan suhu di sekitar pada saat pengujian.

Untuk benda uji yang telah dibuat, maka tahap selanjutnya yaitu pengujian dengan mesin pengukur kuat tekan dengan pengukuran yang diamati yaitu pergerakan jarum yang bergerak naik setelah beban pada mesin diberikan pada benda uji, dan jarum akan mencapai angka maksimal setelah beban yang diberikan pada benda uji telah mencapai batas maksimal. Untuk pengujian kuat tekan terhadap benda uji yang telah dibuat sebelumnya dapat dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bung Hatta Padang.

Adapun langkah-langkah dalam perhitungan kuat tekan beton menurut (SNI 03-2834-2000) dapat dihitung dengan rumus:

$$f'_c = \frac{(P/A)}{\text{Luas Penampang}} \times 101.971$$

$$f'_{c\text{Estimasi}} = \frac{f'_c}{\text{Koef. Hari} : \text{Koef alat}}$$

Berikut ini data dan hasil pengujian kuat tekan beton normal dan beton dengan penambahan variasi limbah abu tempurung kelapa terhadap benda uji dengan umur rencana 28 hari.

.

4.7 Analisa Hasil Pengujian

Berdasarkan penambahan persentase abu tempurung kelapa 2,5% didapat nilai kuat tekan 25.402 Mpa, penambahan 5% didapat nilai kuat tekan 25.113 Mpa, penambahan 10% didapat nilai kuat tekan 24.825 Mpa, dan penambahan 15% didapat nilai kuat tekan 24.536 Mpa, meningkat dari nilai kuat tekan beton normal 24.247 Mpa dapat dilihat pada gambar 4.10.

Namun, pada campuran *abu tempurung kelapa* pengujian permeability pada beton SCC mempengaruhi penggunaan *abu tempurung kelapa* yang berfungsi sebagai mengurangi rongga pori pada beton, sehingga beton mudah untuk dapat dilalui air nilai rongga udara 4,5% dan nilai rata rata kecepatan 0,7 cm/det lebih kecil dari hasil nilai rongga beton konvensional dapat dilihat pada table 4.23.

Dari hasil analisa hasil kuat tekan, persentase campuran ideal *abu tempurung kelapa* untuk beton SCC adalah 2,5%, karna kuat tekan pada campuran ini lebih besar dari kuat tekan beton normal yaitu 24.247 MPa > 25.402 MPa dapat dilihat pada table 4.28. dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Jurnal Samsudin Ali. 2011) dengan variasi campuran 20%, 40%, 60% didapat nilai kuat tekan maksimum 24,22 Mpa dan variasi 20% lebih tinggi dari beton normal.

Beton *Self Compacting Concrete* yang telah diteliti dengan tambahan abu tempurung kelapa mendapatkan hasil slump flow 550 mm, hasil J – ringa 8 cm dan hasil V-vannel 9 detik. Sesuai dengan syarat beton SCC untuk mencapai kemudahan pekerjaan (*workability*) dan *filling ability* beton segar. Beton memadat sendiri *Self Compacting Concrete* yang diteliti memudahkan proses pekerjaan tanpa harus dipadatkan seperti beton konvensional dan dapat menghemat pekeja serta memiliki rongga lebih kecil dari beton biasanya.

Dari hasil pengujian slump flow terlihat bahwa penambahan abu tempurung kelapa dalam campuran beton SCC mempengaruhi diameter sebaran dalam keadaan biasa dan tanpa dengan penghalang tulangan. Semua hasil menunjukkan penurunan diameter semakin bertambahnya abu tempurung kelapa pada campuran beton SCC, sekalipun pengaruh tersebut relative kecil. Campuran beton yang ditambah dengan persentasi tertinggi abu tempurung kelapa 510 mm

pada *slump flow* dan 515 mm pada *j-ring flow* yang berarti masih memenuhi syarat diameter sebaran SCC.

Hasil pengujian beton segar menggunakan alat uji *V-vannel* terlihat hasil yang sama dengan pengujian beton segar sebelumnya, perlambatan aliran dengan peningkatan abu tempurung kelapa di dalam campuran beton SCC. Perlambatan aliran beton SCC dengan adanya penambahan abu tempurung, sangat mungkin disebabkan pengaruh abu yang bersifat menyerap air sehingga beton mengalami pengentalan yang memperlambat aliran beton SCC.

Dari pengujian beton *Self Compacting Concrete* penelitian ini didapatkan hasil pengujian *slump flow*, *j-ring* dan *v-vannel* yang sesuai pada standar pengujian beton *Self Compacting Concrete*. Semakin bertambahnya persentasi campuran abu tempurung kelapa pada beton SCC nilai beton segar menjadi lebih kecil di akibatkan sifat abu yang menyerap air mengakibatkan daya alir menjadi kecil.

Tabel 4.27 Hasil Kuat Tekan Beton Normal

Kode Benda Uji	Tanggal		Umur (Hari)	Berat Sampel (gram)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Berat isi (gr/cm ³)	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan Estimasi 28 Hari (MPa)	Kuat Tekan (f' _c)(MPa)	Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian										
SC1-28	30/08/2018	27/09/2018	28	11.900	15.00	30.00	176.625	2.25	420	29.213	29.213	29.390
SC1-28	30/08/2018	28/09/2018	28	12.090	15.00	30.00	176.625	2.28	425	29.355	29.355	
SC1-28	30/08/2018	29/09/2018	28	12.100	15.00	30.00	176.625	2.28	430	29.613	29.613	

Tabel 4.28 Hasil Kuat Tekan Beton Persentase Campuran 2,5%

Kode Benda Uji	Tanggal		Umur (Hari)	Berat Sampel (gram)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Berat isi (gr/cm ³)	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan Estimasi 28 Hari (MPa)	Kuat Tekan (f' _c)(MPa)	Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian										
SC2-28	30/08/2018	27/09/2018	28	11.940	15.00	30.00	176.625	2.25	440	30.604	30.604	30.746
SC2-28	30/08/2018	27/09/2018	28	11.890	15.00	30.00	176.625	2.24	445	30.646	30.646	
SC2-28	30/08/2018	27/09/2018	28	11.900	15.00	30.00	176.625	2.28	450	30.990	30.990	

Tabel 4.29 Hasil Kuat Tekan Beton Persentase Campuran 5%

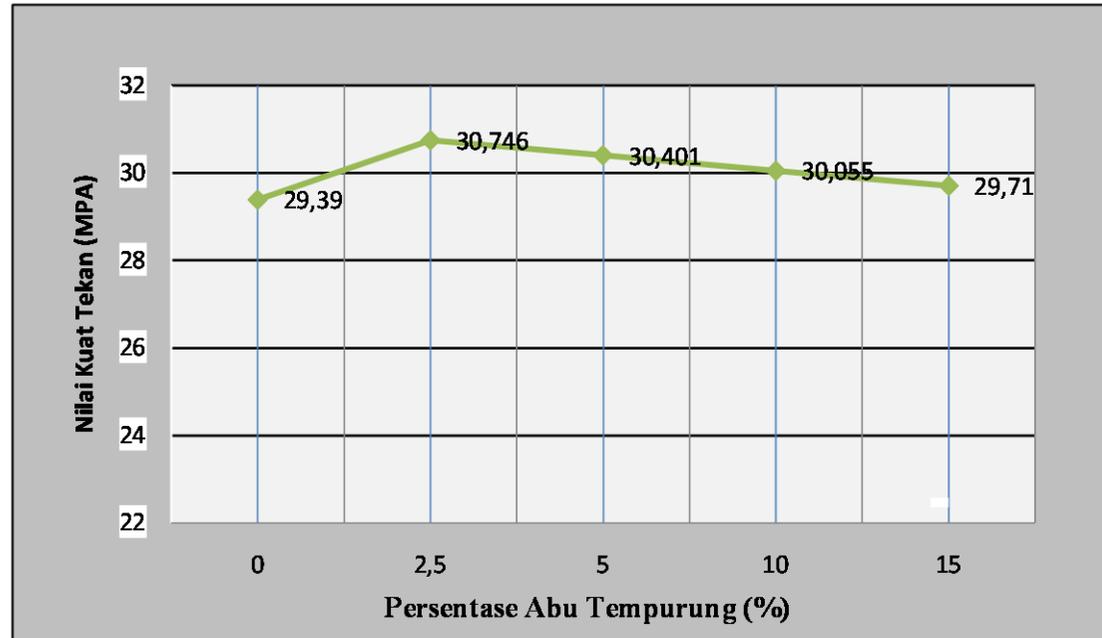
Kode Benda Uji	Tanggal		Umur (Hari)	Berat Sampel (gram)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Berat isi (gr/cm ³)	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan Estimasi 28 Hari (MPa)	Kuat Tekan (f' _c)(MPa)	Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian										
SC3-28	30/08/2018	27/09/2018	28	11.900	15.00	30.00	176.625	2.25	435	30.256	30.256	30.401
SC3-28	30/08/2018	28/09/2018	28	11.990	15.00	30.00	176.625	2.26	440	30.301	30.301	
SC3-28	30/08/2018	29/09/2018	28	11.995	15.00	30.00	176.625	2.28	445	30.646	30.646	

Tabel 4.30 Hasil Kuat Tekan Beton Persentase Campuran 10%

Kode Benda Uji	Tanggal		Umur (Hari)	Berat Sampel (gram)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Berat isi (gr/cm ³)	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan Estimasi 28 Hari (MPa)	Kuat Tekan (f' _c)(MPa)	Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian										
SC4-28	31/08/2018	28/09/2018	28	11.965	15.00	30.00	176.625	2.26	430	29.909	29.909	30.055
SC4-28	31/08/2018	28/09/2018	28	12.050	15.00	30.00	176.625	2.27	435	29.957	29.957	
SC4-28	31/08/2018	28/09/2018	28	12.060	15.00	30.00	176.625	2.28	440	30.301	30.301	

Tabel 4.31 Hasil Kuat Tekan Beton Persentase Campuran 15%

Kode Benda Uji	Tanggal		Umur (Hari)	Berat Sampel (gram)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Berat isi (gr/cm ³)	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan Estimasi 28 Hari (MPa)	Kuat Tekan (f' _c)(MPa)	Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian										
SC5-28	31/08/2018	28/09/2018	28	11.895	15.00	30.00	176.625	2.24	425	29.561	29.561	29.710
SC5-28	31/08/2018	28/09/2018	28	11.810	15.00	30.00	176.625	2.23	430	29.613	29.613	
SC5-28	31/08/2018	28/09/2018	28	11.900	15.00	30.00	176.625	2.28	435	29.957	29.957	



Gambar 4.5 Grafik Kuat Tekan 28 Hari

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknologi Beton FTSP Universitas Bung Hatta